نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 3، شماره 1، بهار 1390، ص. 64-50

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 1, Spring 2011, p. 50-64

بررسی روابط رگرسیونی و همبستگی بین صفات ذرت دانه‌ای تحت تیمارهای مختلف کودی و شرایط تنش خشکی

مهدی ضرابی[1*]، ایرج اله دادی[2]، غلامعباس اکبری[2]، حمید ایران نژاد[2] و غلامعلی اکبری[3]

تاریخ دریافت: 1389/04/10
تاریخ پذیرش: 1389/09/03

چکیده

به منظور بررسی اثرات جداگانه و ترکیبی کودهای فسفاته، باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ مایکوریزا بر تعدیل و کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی در مرحله رشد رویشی ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس 704 آزمایشی در سال زراعی 1388-1387 در مزرعه تحقیقات شماره سه پردیس ابوریحان دانشگاه تهران بصورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور به اجرا در آمد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی (به عنوان فاکتور اصلی) و ترکیبات مختلف کودی (به عنوان فاکتور فرعی) بودند. تیمارهای آبیاری در سه سطح به عنوان عامل اصلی براساس 50، 100 و 150 میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A و تیمارهای کودی در پنج سطح شامل b_1 (باکتری‌های حل کننده فسفر + قارچ مایکوریزا)، b_2 (باکتری‌های حل کننده فسفر+ قارچ مایکوریزا + 50 درصد سوپرفسفات تریپل)، b_3 (باکتری‌های حل کننده فسفر + 50 درصد سوپر فسفات تریپل)، b_4 (قارچ مایکوریزا + 50 درصد سوپرفسفات تریپل) و b_5 (کود شیمیایی فسفره) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر اصلی خشکی بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، قطر ساقه، ارتفاع تشکیل بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن 300 دانه، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، درصد چوب و عملکرد کل دانه بسیار معنی‌دار بود. همچنین تأثیر تیمارهای مختلف کود بر صفات تعداد برگ در گیاه، قطر ساقه و ارتفاع بلال غیرمعنی‌دار و بر سایر صفات ارزیابی شده معنی‌دار بود. تمام صفات اندازه گیری شده در تیمارهای تلقیح با ترکیب باکتری‌های حل کننده فسفر، قارچ مایکوریزا و 50 درصد سوپرفسفات تریپل تحت شرایط کم آبیاری بالاتر از سایر تیمارها بودند. همبستگی ساده بین صفات و تجزیه رگرسیون گام به گام در هریک از شرایط بدون تنش، تنش خفیف و شدید خشکی محاسبه شد. رگرسیون گام به گام نشان داد صفات تعداد دانه در ردیف، وزن 300 دانه، تعداد ردیف دانه در بلال و ارتفاع بوته تحت شرایط تنش شدید خشکی بیش از 90 درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می کنند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار بذور با ترکیب باکتری‌های حل کننده فسفر، قارچ مایکوریزا و 50 درصد سوپرفسفات تریپل تحت شرایط تنش رطوبتی تأثیری مثبت (12/03- درصد) بر کاهش خسارات وارده به گیاه و بالتبع افزایش اجزاء عملکرد وارد نمود که در نتیجه منجر به کاهش شدت تنش رطوبتی و افزایش عملکرد دانه شد.

واژه‌های کلیدی: باکتری حل کننده فسفات، قارچ مایکوریزا، سوپرفسفات تریپل

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن 0/25 میلیون هکتار می‌باشد که تولید 2/8 درصد از کل غلات را به خود اختصاص داده است (Alahdadi et al., 2009). ذرت پر محصول ترین گیاه خانواده غلات به شمار می‌رود که از نظر میزان محصول بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oriza sativa* L.) سومین محصول غله‌ای جهان می‌باشد. یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک، تنش کمبود آب می‌باشد (Brown, 1979). فسفر به عنوان یکی از سه عنصر اصلی مورد نیاز گیاه سبب افزایش عملکرد می‌گردد چرا که فسفر با تنظیم هورمون های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد. از طرفی نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و سبب تولید انرژی در گیاه می شود (Nesmith, 1991).

کودهای زیستی فسفاته حاوی باکتری‌ها و قارچ های مفید حل کننده فسفات هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و ترشح

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار و استادیار گروه امور زراعی و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: zarabi@ut.ac.ir)

آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات آن می‌گردند که این یون‌ها توسط گیاه قابل جذب می‌باشد (Sharma, 2002). بررسی‌های مختلف نشان داده اند که استفاده از باکتری‌های حل کنندهٔ فسفات باعث افزایش حلالیت فسفر از منبع خاک فسفات و ارتقاء شاخص‌های عملکرد ذرت می‌گردد (Iranipor, 2003; Norgholipor, 2003). مایکوریزا بیانگر رابطه همزیستی ایجاد شده بین قارچ و ریشه گیاه می باشد. مطالعات نشان می‌دهد که با همزیستی مایکوریزایی طول ریشه، فرم هندسی ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی تغییر پیدا کرده و همچنین نسبت طول ریشه به مساحت برگ که یک واکنش گیاه به تنش خشکی است در گیاهان میکوریزائی و غیر میکوریزائی متفاوت بوده است (Espelta, 1999).

باکتری‌های حل کننده فسفر نامحلول نیز می‌توانند از طریق بهبود تغذیه فسفر گیاه روی عملکرد نهایی گیاه مؤثر باشند. در آزمایشی که به منظور بررسی تأثیر کاربرد قارچ میکوریزی و مقادیر فسفر در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی خصوصیات مرفولوژیکی ذرت پاپ کورن نشان داده شد که کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، طول بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد (Ebdai, 2003).

مطالعات زیادی در مورد اثرات متقابل این دو ریزجاندار (باکتری حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا) در شرایط مختلف روی رشد گیاه انجام شده است (Gaur, 2002; Lucey, 2004; Zarei, 2006). محققین نشان دادند که اگرچه کود شیمیائی فسفاته، باکتری‌های حل کنندهٔ فسفات هر یک به تنهائی بر رشد و عملکرد ذرت مؤثر بوده‌اند، ولی هنگامی که کودهای زیستی همراه با کود شیمیائی فسفاته استفاده شدند، نتایج مطلوب تری داشتند (Mosavi Jangali, 2004). مطالعات فراوان بر روی اثرات این ریز جانداران در گیاهان مختلف از جمله سویا (*Glycine max* L.)، برنج، ذرت، عدس (*Lens culinaris* Medic.)، گندم و خردل (*Sinapis arvensis* L.) انجام شده که همگی گویای نقش مثبت این موجودات زنده بر رشد و عملکرد گیاه بوده است (Asea, 1998; Subba Rao, 1988; Leinhos, 1994).

در تحقیقی بر روی ذرت بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری کامل بدست آمده و تنش آبی موجب 40 درصد کاهش محصول شده است (Caker, 2004). در آزمایش دیگری که برای بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای انجام دادند به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، طول بلال و تعداد دانه هر بلال از نظر آماری اختلاف معنی‌داری داشتند، ولی صفات تعداد ردیف هر بلال، وزن هزار دانه و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری نداشتند (Ghahfarrokhi, 2004). علاوه بر این آنها بیان کردند که تنش در مرحله رویشی و گلدهی، صفات مورد بررسی را بیشتر تحت تأثیر قرار داد و در بین اجزای عملکرد ذرت، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و قطر بلال بیشترین همبستگی را با عملکرد نشان دادند. محققین دیگری نیز در بررسی اثر تنش خشکی در سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پرشدن دانه ذرت به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در هر یک از مراحل فوق باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ذرت می‌شود. تنش در مرحله گل دهی بیشترین خسارت را بر عملکرد دانه داشت و باعث کاهش 42 درصدی عملکرد گیاه شد. تنش در مرحله پرشدن دانه 15/8 درصد و در مرحله قبل از گلدهی نیز 12/5 درصد کاهش عملکرد را به همراه داشت (Jaafari, 2004). احمدزاده (Ahmadzade, 1990) در بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر میزان همبستگی بین عملکرد و اجزای آن به این نتیجه رسیدند که بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال 1 درصد و نیز بین عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد وجود دارد. سایر محققین بیان کردند که شدت خسارت خشکی بر عملکرد بسته به طول مدت و شدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است، بطوریکه تنش خشکی پیش از گلدهی، هنگام گلدهی و پس از آن عملکرد ذرت را به ترتیب 25، 50 و 21 درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش داد (Osborne, 2002). پانتوان و همکاران با مطالعه روی 128 ژنوتیپ برنج و بررسی عکس العمل آنها به تنش های متفاوت خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه، مشاهده کردند که عملکرد دانه و اجزای عملکرد در شرایط تنش به نسبت‌های مختلفی کاهش می‌یابند (Pantuwan, 2002). مارتین و همکاران (Martin et al., 2001) با بررسی اثر زمان و شدت خشکی روی عملکرد یولاف (*Avena sativa* L.) بیان کردند که تنش خشکی از طریق کم شدن تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه در خوشه و کمی هم از طریق وزن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. استفاده از رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت می تواند صفات مؤثر بر عملکرد را از نظر اهمیت رتبه بندی نماید و اثرات مستقیم و غیر مستقیم آنها را بر عملکرد روشن سازد (Shoae Hosseini, 2008).

با توجه به واردات 500 هزار تنی کودهای شیمیایی فسفره در سال و همچنین واقع شدن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان و خطر بروز خشکسالی و کمبود آب در کشور تحقیق حاضر بر روی گیاه پر مصرف ذرت و با هدف بررسی اثرات تنش خشکی و تعدیل خسارات ناشی از آن با استفاده از ترکیبات کودی مختلف و تعیین روابط بین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در شرایط تنش‌های خفیف و شدید خشکی و بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف بر عملکرد دانه انجام شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical properties of the soil

کلاس بافتی خاک Texture class of soil	پتاسیم (میلی-گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی-گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (%) Total N (%)	شن(%) Sand (%)	سیلت (%) Silt (%)	رس (%) Clay (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم رسی Clay loam	224	13	0.071	35	37	28	2.62	8

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت (هیبرید سینگل کراس 704) تحت شرایط تنش خشکی، تحقیقی در سال زراعی 1387- 1388 در مزرعه تحقیقاتی شماره سه پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در دشت ورامین با طول جغرافیایی 51.46 شرق و عرض جغرافیایی 33.28 شمالی و ارتفاع 1180 متر از سطح دریا، به صورت کرت‌های خرد شده برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. پیش از انجام هر یک از مراحل آماده سازی زمین از سطح مزرعه جهت انجام آزمایش خاک نمونه‌ای تهیه گردید که نتیجه آن در جدول 1 مشاهده می‌گردد.

فاکتورهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل تنش خشکی در کرت‌های اصلی و ترکیبات کود زیستی به همراه فسفر در کرت‌های فرعی بوده است. فاکتور آبیاری در سه سطح و عبارت بودند از: a_1= 50 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان تیمار شاهد (بدون تنش)، a_2= 100 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان شرایط تنش خفیف، a_3= 150 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان شرایط تنش شدید.

فاکتور کودزیستی نیز با پنج سطح عبارت بودند از: b_1= باکتری‌های حل کننده فسفر + قارچ مایکوریزا، b_2= باکتری‌های حل کننده فسفر + قارچ مایکوریزا +50 درصد سوپرفسفات تریپل، b_3= باکتری‌های حل کننده فسفر +50 درصد سوپرفسفات تریپل، b_4= قارچ مایکوریزا +50 درصد سوپرفسفات تریپل و b_5= کود شیمیایی فسفره (سوپر فسفات تریپل)

ریز جانداران به کار رفته در این تحقیق شامل ماده تلقیح قارچ *Glomus mosseae* تهیه شده از پارک علم و فن آوری شاهرود که مخلوطی از اسپور، هیف، ریشه‌های کلونیزه شده گیاه شبدر و خاک همراه با آن بود. مقدار کلونیزاسیون این بستره 65-70 درصد و به طور میانگین دارای 20 اسپور در هر گرم بستره بوده است. مایه تلقیح باکتری حل کننده فسفات، کود بیولوژیک بیوفسفر بود که حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات از جنس‌های مختلف *Bacillus* و *Pseudomonas* با 10^7 =CFU^1 بود. عملیات آماده سازی مزرعه به شکل متعارف صورت پذیرفت. سپس واحدهای آزمایشی مشخص شده و آنگاه بذور با مایه تلقیح ریزجانداران آغشته گردید. تلقیح بذور با ماده تلقیح باکتری به گونه ای بود که پس از تعیین میزان بذر برای هریک از تیمارها، بذرها در ظروف درب دار مشکی رنگ پیش از کاشت به مقدار 1 لیتر در هکتار با محلول باکتری‌های مورد نظر آغشته گردید. در تیمار های تلقیح بذر با قارچ میکوریزا ماده تلقیح هم زمان با کاشت، به مقدار 20 گرم، داخل هریک از سوراخ‌های کاشت و در تماس مستقیم با بذر قرار گرفت. اعمال تیمار کود فسفره نیز براساس نتایج آزمون خاک و میزان فسفر قابل جذب در خاک بود. به هنگام کاشت، کود سوپر فسفات تریپل به صورت نواری و سایر کودهای نیتروژن‌دار و پتاسیم‌دار نیز بر مبنای آزمون خاک و مطابق با توصیه کودی برای ذرت به واحد های آزمایشی داده شد و پس از کاشت بذرها، اقدام به آبیاری گردید. در هر واحد آزمایشی پنج خط کاشت با فاصله 75 سانتی‌متری و به طول پنج متر ایجاد شده بود. فاصله بوته‌ها در روی خطوط کاشت 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اعمال تیمار تنش در مزرعه پس از استقرار کامل بوته (مرحله 40 سانتی‌متری بوته) صورت گرفت (تراکم 66000 بوته در هکتار) بطوریکه روزانه میزان تبخیر تجمعی به وسیله تشتک تبخیرکلاس A مستقر در مزرعه اندازه گیری و بعد از انجام گرفتن تبخیر به میزان هر یک از تیمارهای تعریف شده، آبیاری برای تیمار مورد نظر صورت می‌گرفت.

صفات مورفولوژیکی مورد بررسی در این آزمایش شامل ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، قطر ساقه، تعداد کل برگ و وزن خشک برگ و ساقه بودند که بر روی 10 بوته رقابت کننده در هر کرت اندازه گیری و میانگین‌گیری شد. سپس در مرحله برداشت ابتدا بوته‌های هر کرت آزمایشی پس از حذف اثر حاشیه شمارش و برداشت بلال‌ها به صورت جداگانه انجام شد. سپس اجزای عملکرد شامل طول بلال، قطربلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه در بلال و وزن 300 دانه بر روی 10 بلال تصادفی در

1- Colony forming unit(CFU)

هر کرت اندازه گیری شد و پس از جدا کردن دانه و تعیین درصد رطوبت دانه، میزان عملکرد نهایی دانه در هر کرت آزمایشی بر اساس 14 درصد رطوبت تصحیح و بر حسب تن در هکتار محاسبه شد. اطلاعات حاصل، از طریق نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال 5 درصد) مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی خشکی بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، قطر ساقه، ارتفاع بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن 300 دانه، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، درصد چوب و عملکرد کل دانه بسیار معنی دار می باشد (جدول 2).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین شرایط بدون تنش و تنش خفیف خشکی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول 3). همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بدنبال افزایش شدت تنش خشکی از 100 میلی‌متر به 150 میلیمتر تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A، کاهش معنی‌داری در اکثر صفات مورد ارزیابی صورت گرفته است. به عبارت دیگر هیبرید 704 ذرت دانه‌ای تنها قادر است تا صدمات ناشی از تنش خشکی تا سطح 100 میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر را جبران نماید، در حالیکه با افزایش شدت تنش به بیش از این مقدار (150 میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با آن بطور معنی‌داری تحت تأثیر قرارگرفته و کاهش چشمگیری نشان می‌دهند (جدول3). علاوه بر این مشاهده گردید که کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خفیف 21 درصد و در شرایط تنش شدید 60 درصد نسبت به شرایط آبیاری نرمال (50 میلیمتر تبخیر از تشتک) می باشد.

بررسی همبستگی ساده بین صفات در شرایط آبیاری نرمال نشان داد که همبستگی عملکرد دانه با کلیه صفات ارزیابی شده مثبت می‌باشد (جدول 4). همانگونه که در جدول 4 مشاهده می‌گردد، صفت وزن بلال (0/74) و قطر بلال (0/72) به ترتیب دارای بالاترین همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه می‌باشند. نتایج نشان داد که همبستگی عملکرد دانه با صفات قطر ساقه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال و همچنین درصد چوب بلال معنی‌دار می‌باشد (جدول 4). بررسی همبستگی بین سایر صفات نشان داد که بیشترین همبستگی های مثبت و معنی‌دار به ترتیب مربوط به صفات تعداد دانه در ردیف بلال با وزن بلال و سپس طول بلال با وزن بلال می‌باشد. بیشترین همبستگی منفی بین صفات وزن خشک ساقه و وزن 300 دانه مشاهده شد (جدول 4). تعداد ردیف دانه در بلال بطور مثبت و معنی‌داری با صفات وزن خشک ساقه، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال و قطر چوب بلال همبسته بود. همچنین نتایج بررسی همبستگی بین اجزاء عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال نیز نشان داد که تنها وزن 300 دانه با تعداد ردیف دانه در بلال دارای همبستگی منفی می‌باشد. در جدول 4 مشاهده می گردد که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین اجزاء عملکرد دانه مربوط به تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه دررديف می‌باشد (0/73).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف کود بیولوژیک تنها در مورد صفات وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن 300 دانه، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، درصد چوب و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری ازنظر آماری وجود دارد. تأثیر تیمارهای مختلف کود بر صفات تعداد برگ در گیاه، قطر ساقه و ارتفاع بلال معنی‌دار نبود (جدول 2).

مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تلقیح بذر با استفاده از b_2، b_1 و b_4 وجود نداشته و کمترین مقدار در شرایطی مشاهده شد که بذور به تنهایی با فسفر و یا در ترکیب باکتری با فسفر تلقیح شده بودند. محققین دیگر بیان نموده‌اند که قارچ مایکوریزا و باکتری حل کننده فسفات قادرند جذب فسفر را در گیاهان از طریق افزایش فعالیت فسفاتاز ارتقاء داده و درنتیجه باعث جذب بهتر فسفر از خاک توسط هیف‌ها شوند (Brown, 1979). هرچند که نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از عدم وجود اثرمتقابل معنی‌دار در مورد عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با آن بود، ولی مقایسه میانگین با روش چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال بیشترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب کودی b_1 می‌باشد (جدول 4). بطوریکه فاقد تفاوت معنی‌دار با سایر ترکیبات کودی در این شرایط و همچنین تیمارهای b_1 و b_2 و b_4 در شرایط تنش خفیف و تیمار b_2 در شرایط تنش شدید بود. سایر محققین اظهار داشته‌اند که حفظ عملکرد دانه و تحمل به خشکی گیاه میزبان ممکن است بوسیله جذب بیشتر سطح ریشه، افزایش ترکم رشد ریشه و یا اختلاف هیدرولیکی بین سیستم‌های ریشه‌ای توجیه پذیر باشد (Zarei, 2006). با توجه به نتایج حاصله اینگونه استنباط می‌شود که تلقیح بذور با استفاده از ترکیب کودی b_2 ضمن تعدیل اثرات تنش خشکی، موجب جلوگیری از کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود که دلیل آن را می توان به اثرات متقابل مثبت باکتری‌های حل کننده فسفات، قارچ مایکوریزا و کود فسفات دانست.

جدول 2- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده ذرت دانه‌ای تحت تیمارهای مختلف کودی و شرایط تنش خشکی

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of investigated traits of corn under different fertilizer treatments, and drought stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد ردیف در بلال Row No./ear	تعداد دانه در ردیف Kernel No./row	وزن 300 دانه 300-kernel weight	وزن بلال Ear weight	طول بلال Ear length
تکرار Replication	2	6.229ns	214.60ns	247.83ns	5999.65ns	27.751ns
تنش Stress	2	18.526ns	2473.51**	2679.04*	71018.89**	193.86*
خطای اصلی Main error	4	4.256	79.459	157.70	1661.07	15.026
کود Fertilizer	4	8.184**	158.2**	164.58**	6698.88**	14.118**
تنش×کود Stress×fertilizer	8	0.551ns	15.76ns	67.12ns	804.49ns	1.524ns
خطای فرعی Sub error	24	1.237	23.201	31.112	883.38	1.998

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

*, ** and ns are non significant and significant at 5 and 1% level, respectively.

ادامه جدول2-

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع تشکیل بلال Ear height	قطر بلال Ear diameter	قطر چوب بلال Cob diameter	عمق دانه Kernel depth	چوب (%) Cob (%)	عملکرد کل Total yield
تکرار Replication	2	323.05ns	131.77ns	131.77ns	9.548ns	0.1828ns	10.062ns
تنش Stress	2	13040.96*	457.917*	457.917*	53.253*	0.4943*	296.427**
خطای اصلی Main error	4	1156.49	53.77	53.77	5.972	0.0383	3.278
کود Fertilizer	4	175.52ns	35.85**	35.85**	2.624**	0.0704*	20.49**
تنش×کود Stress×fertilizer	8	117.95ns	5.13ns	5.13ns	0.746ns	0.017ns	1.003ns
خطای فرعی Sub error	24	139.30	3.176	3.176	0.477	0.0201	0.827

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

*, **, ns are significant at 5 and 1% level and not significant, respectively.

ادامه جدول2-

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leaf No.	قطر ساقه Stem diameter
تکرار Replication	2	0.87ns	43.89ns	463.37ns	1.40ns	17.92ns
تنش Stress	2	26.79ns	1141.05*	22792.22*	0.387ns	251.30**
خطای اصلی Main error	4	5.33	128.83	1472.57	0.88ns	12.12
کود Fertilizer	4	147.83**	2236.92**	2547.90*	1.83ns	9.75ns
تنش×کود Stress×fertilizer	8	58.13*	381.27ns	923.85ns	1.87ns	8.29ns
خطای فرعی Sub error	24	21.92	317.50	779.85	1.155	7.67

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

*, **, ns are significant at 5 and 1% level and not significant, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده ذرت دانه ای تحت تیمارهای مختلف کودی و شرایط تنش خشکی

Table 3- Mean comparison of investigated traits of corn under different fertilizer treatments and drought stress conditions

ارتفاع بلال (mm) Ear height (mm)	قطر ساقه (mm) Stem diameter (mm)	تعداد برگ Leaf No.	ارتفاع بوته (cm) Plant height (cm)	وزن خشک ساقه (g) Stem dry weight (g)	وزن خشک برگ (g) Leaf dry weight (g)	تیمارها Treatments
						آبیاری Irrigation
111.91a	26.55a	12.75a	249.7a	84.4a	34.98a*	نرمال Normal Irrigation
100.93a	25.6a	12.5a	230.98a	78.88a	33.08ab	تنش خفیف Low Drought stress
56.24b	19.03b	12.45a	174.8b	67.31b	32.4b	تنش شدید High Drought stress
						کود Fertilizer
95a	23.47a	12.88a	229.69ab	76.85b	33.597b	b_1
90.29a	25.41a	12.5a	242.19a	103.87a	40.15a	b_2
92.14a	22.97a	12.83a	211.33b	67.38b	33.106b	b_3
87.59a	22.83a	11.80a	202.47b	71.35b	30.914b	b_4
83.44a	23.94a	12.80a	206.78b	64.85b	29.675b	b_5

* میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد

* Means with same letters in each column are not significant at 5% probability.

ادامه جدول 3-

طول بلال (cm) Ear length (cm)	وزن بلال (g) Ear weight (g)	وزن 300 دانه (g) 300-kernel weight (g)	تعداد دانه در ردیف Kernel No./ row	تعداد ردیف در بلال Row No./ ear	تیمارها Treatments
					آبیاری Irrigation
26.55a	199.08a	78.004a	49.22a	14.456a*	نرمال Normal Irrigation
25.6a	170.58a	70.712a	45.82a	14.26a	تنش خفیف Low Drought stress
19.03b	68.24b	52.089b	25.479b	12.444a	تنش شدید High Drought stress
					کود Fertilizer
23.47a	164.83ab	69.858ab	42.95ab	14.445a	b_1
25.41a	178.54a	72.44a	45.25a	14.6303a	b_2
22.97a	135.33bc	65.239bc	39.39b	13.746a	b_3
22.83a	143.1b	65.644bc	39.013b	13.574a	b_4
23.94a	108.03c	61.487c	34.27c	12.21b	b_5

* میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد

* Means with same letters in each column are not significant at 5% probability.

ادامه جدول 3-

عملکرد ($t.ha^{-1}$) Yield ($t.ha^{-1}$)	چوب (%) Cob (%)	عمق دانه (mm) Kernel depth (mm)	قطر چوب بلال (mm) Cob diameter (mm)	قطر بلال (mm) Ear diameter (mm)	تیمارها Treatments
					آبیاری Irrigation
12.087a	1.094a	10.2397a	22.8311a	43.311a*	نرمال Normal Irrigation
9.9712b	1.0223a	9.8867a	22.1233a	41.897a	تنش خفیف Low Drought stress
3.5507c	0.7499b	6.814b	19.4843b	33.112b	تنش شدید High Drought stress
					کود Fertilizer
9.3667b	1.01438ab	9.4602a	22.2865a	41.2069a	b_1
10.352a	1.06737a	9.622a	22.4925a	41.7365a	b_2
7.815c	0.909bc	8.7217b	20.7016bc	38.145bc	b_3
8.7463b	0.9452abc	8.7535b	21.5549ab	39.0619b	b_4
6.4014d	0.8411c	8.3433b	20.3624c	37.0489c	b_5

* میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد

* Means with same letters in each column are not significant at 5% probability.

به عبارت دیگر، براساس نتایج بدست آمده اینگونه استنباط می شود که در شرایط بدون تنش بدنبال افزایش تعداد ردیف دانه در بلال، ضمن کاهش وزن 300 دانه، تعداد دانه در ردیف بلال افزایش می یابد که در نتیجه منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد کل می‌شود. این در حالی است که در مورد شرایط خفیف و شدید تنش خشکی نیز مشاهده گردید که افزایش در صفات تعداد ردیف دانه در بلال، وزن 300 دانه و تعداد دانه در ردیف بلال باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (جدول 7 و 9).

به منظور حذف اثر صفات غیرمؤثر یا کم تأثیر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه، از رگرسیون گام به گام استفاده شد. پس از بررسی هم راستایی[1] بر روی متغیرهای اندازه گیری شده، صفات مزاحم از ادامه محاسبات حذف (انتخاب بر اساس شاخص‌های تحمل[2] و عامل تورم واریانس[3] صورت گرفت) و پس از آن تجزیه رگرسیون گام به گام در هر سه شرایط بدون تنش، تنش خفیف و شدید خشکی (به ترتیب آبیاری پس از 50، 100 و 150 میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) بر روی سایر صفات مورد مطالعه انجام پذیرفت. خلاصه نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط بدون تنش با در نظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعنوان متغیرهای مستقل در جدول 5 ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد اولین صفت وارد شده به مدل طول بلال می‌باشد که به تنهایی 50 درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کند، در مرحله بعدی صفت قطر چوب بلال به مدل وارد و همراه با طول بلال بیش از 74 درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. در گام آخر صفت قطر ساقه به مدل اضافه و کل صفات وارد شده روی هم رفته بیش از 80 درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. نتایج حاصله با نتایج تجزیه همبستگی سادهٔ صفات کاملاً توافق دارد. در جدول 4 مشاهده می‌گردد که همبستگی طول بلال بعنوان اولین صفت مؤثر بر عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته و تعداد برگ در گیاه منفی می باشد. بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار طول بلال با صفت وزن بلال مشاهده شد. به عبارتی دیگر، با افزایش طول بلال، وزن بلال و بالتبع عملکرد دانه افزایش خواهد یافت که این موضوع امری بدیهی بنظر می‌رسد. همچنین نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که قطر چوب بلال بطور معنی‌داری با صفات تعداد ردیف دانه در بلال، قطر بلال و عملکرد دانه همبستگی دارد که بیشترین همبستگی آن با قطر بلال (0/84) مشاهده شد. قطر ساقه نیز تنها با صفات وزن خشک برگ و درصد چوب بلال بصورت منفی همبسته بود.

بررسی ضرائب رگرسیونی مدل برازش داده شده نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر پذیری عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب مربوط به صفات طول بلال (0/88)، قطر چوب بلال (0/59) و قطر ساقه (0/31) می‌باشد (جدول 6).

1- Collinearity
2- Tolerabce index
3- Variance inflation factor

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات ارزیابی شده در ذرت دانه‌ای تحت شرایط بدون تنش و ترکیبات مختلف کودی

Table 4- Correlation coefficients between investigated traits of grain corn under non-stress condition and different fertilizer combinations

وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leaf No.	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بلال Ear height	تعداد ردیف در بلال Row No./ear	تعداد دانه در ردیف Kernel No./ row	وزن ۳۰۰ دانه 300-kernel weight	وزن بلال Ear weight	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	عمق دانه Kernel depth	عملکرد کل Total yield
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.00	0.66**	0.27 ns	0.43 ns	-0.17 ns	0.05 ns	0.48 ns	0.50 ns	-0.11 ns	0.36 ns	0.26 ns	0.31 ns	0.45 ns	0.08ns
	1.00	0.42 ns	0.49 ns	0.27 ns	0.34 ns	0.59*	0.42 ns	-0.28 ns	0.18 ns	0.19 ns	0.21 ns	0.14 ns	0.34ns
		1.00	0.72 **	0.07 ns	0.41 ns	0.43 ns	0.09 ns	-0.14 ns	0.03 ns	0.00 ns	0.28 ns	-0.01 ns	0.25ns
			1.00	0.16 ns	0.06 ns	0.31 ns	0.15 ns	-0.08 ns	0.05 ns	-0.05 ns	0.29 ns	0.22 ns	0.28ns
				1.00	0.01 ns	0.28 ns	0.24 ns	0.12 ns	0.25 ns	0.22 ns	0.42 ns	0.10 ns	0.57*
					1.00	0.41 ns	0.18 ns	0.33 ns	0.13 ns	0.33 ns	0.12 ns	-0.14 ns	0.22ns
						1.00	0.74**	-0.08 ns	0.62**	0.55*	0.68**	0.22 ns	0.57**
							1.00	0.06 ns	0.93**	0.77**	0.75**	0.69**	0.69**
								1.00	0.29 ns	0.34 ns	0.30 ns	0.26 ns	0.25ns
									1.00	0.87**	0.79**	0.76**	0.74**
										1.00	0.50 ns	0.47 ns	0.25**
											1.00	0.65**	0.72**
												1.00	0.37ns
													1.00

ns, * , ** به ترتیب نشاندهنده غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** are singnificanI at...

جدول 5- رگرسیون گام به گام با درنظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعنوان متغیر مستقل در ذرت دانه‌ای و تحت شرایط بدون تنش خشکی و ترکیبات مختلف کودی

Table 5- Stepwise regression with yield as dependent and other traits as independent variables in grain corn under non-stress condition and different fertilizer combinations

گام سوم Third step	گام دوم Second step	گام اول First step	صفت وارد شده Entered Trait
قطر ساقه Stem diameter	قطر چوب بلال Cob diameter	طول بلال Ear length	
14.66	17.13	13.22	مقدار F F-value
0.8	0.74	0.5	ضریب تشخیص r-Square

جدول 6- ضرائب معادله رگرسیون بین صفات مختلف و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، تنش خفیف و شدید خشکی

Table 6- Regression equation coefficient between different traits and yield in no-stress, low stress and high stress conditions

معادله رگرسیون (ضرائب استاندارد نشده) Regression equation (standardized coefficient)			
محیط تنش شدید High stress condition	محیط تنش خفیف Low stress condition	محیط بدون تنش Normal condition	
-2.71	-9.54	-28.7	عرض از مبدأ Intercept
-	-	0.88	طول بلال Ear length
-	-	0.59	قطر چوب بلال Cob diameter
-	-0.18	0.31	قطر ساقه Stem diameter
-	0.15	-	وزن خشک برگ Leaf dry weight
-	1.93	-	عمق دانه Kernel depth
0.07	-	-	تعداد دانه در ردیف Row No./Ear
0.08	-	-	وزن 300 دانه 300-kernel weight
0.19	-	-	تعداد ردیف دانه Row No./Ear
-0.01	-	-	ارتفاع بوته Plant height
0.98	0.96	0.91	ضریب تشخیص R-square

نتیجه همبستگی ساده بین صفات در شرایط تنش خفیف نشان داد که عملکرد دانه بطور مثبت و معنی‌داری با صفات وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع بوته، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن 300 دانه، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، عمق دانه و درصد چوب بلال همبسته می‌باشد (جدول 7). قهفرخی و همکاران (Ghahfarrokhi et al., 2004) بیان کردند که تنش در مرحله رویشی و گل‌دهی، صفات مورد بررسی را بیشتر تحت تأثیر قرار داد و در بین اجزا عملکرد ذرت، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و قطر بلال بیشترین همبستگی را با عملکرد نشان دادند. همانگونه که در جدول 7 مشاهده می‌گردد تحت شرایط تنش خفیف خشکی (آبیاری پس از 100 میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A)، عملکرد دانه دارای بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفت وزن بلال می‌باشد. بیشترین همبستگی عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (آبیاری پس از 50 میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر

کلاس A) نیز با صفت وزن بلال مشاهده شد (جدول 5). بررسی همبستگی ساده بین سایر صفات نشان داد که طول بلال و وزن بلال دارای بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار می‌باشند. همچنین مشاهده شد که بیشترین همبستگی منفی و معنی دار بین صفات وزن خشک برگ و ارتفاع تشکیل بلال وجود دارد. از آنجا که همبستگی قوی، مثبت و معنی‌داری (0/90) بین ارتفاع تشکیل بلال و وزن خشک ساقه وجود دارد، لذا می‌توان اینگونه استنباط نمود که با افزایش ارتفاع تشکیل بلال از سطح زمین از وزن خشک برگ‌ها کاسته شده و افزایش چشمگیری در وزن خشک ساقه‌ها صورت می‌گیرد که دلیل آن را می‌توان به واکنش پیشگیرانه گیاه برای جلوگیری از ورس ساقه و در نتیجه اختصاص مواد فتوسنتزی تولید شده به سایر قسمت‌های رویشی ازجمله ساقه دانست. شعاع حسینی و همکاران (Shoa Hosseini et al., 2009) نیز در مطالعه خود بیان نمودند که تحت شرایط تنش خشکی، بدنبال افزایش ارتفاع بوته و ارتفاع تشکیل بلال، مکانیسم مقاومت گیاه به ورس و خوابیدگی از طریق اختصاص مواد فتوسنتزی به ساقه و در نتیجه افزایش در قطر و وزن خشک ساقه را موجب شد. همانگونه که در جدول 7 مشاهده می گردد طول بلال دارای همبستگی معنی‌داری با صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن 300 دانه، وزن بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه و درصد چوب بلال می‌باشد. همچنین بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار طول بلال با وزن بلال (0/97) و سپس با تعداد دانه در ردیف بلال (0/96) مشاهده شد (جدول 7).

بر اساس نتایج گزارش شده در جدول 7 تعداد دانه در ردیف با کلیه صفات مورد مطالعه در این پژوهش بجز وزن خشک برگ و ساقه، تعداد برگ در گیاه، قطر ساقه، ارتفاع تشکیل بلال و تعداد ردیف دانه در بلال دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار می‌باشد. بیشترین همبستگی تعداد دانه در ردیف بلال با طول بلال (0/96) و سپس با وزن بلال (0/95) مشاهده شد. تعداد ردیف دانه در بلال نیز تنها با صفات وزن بلال، قطر بلال، عمق دانه و عملکرد دانه بصورت مثبت و معنی‌داری همبسته بود (جدول 7). با توجه به نتایج حاصله اینگونه استنباط می‌شود که تحت شرایط تنش خفیف خشکی بدنبال افزایش طول بلال، تعداد دانه در ردیف بلال زیاد شده که در نتیجه منجر به افزایش وزن بلال و بالتبع عملکرد دانه می‌شود که این موضوع امری بدیهی به نظر می‌رسد. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تابعی از تغییرات صفات مختلف دیگر است که اصطلاحاً به اجزای عملکرد موسوم‌اند. تاکنون مدل‌های مختلفی برای توجیه روابط این صفات با عملکرد دانه ارائه شده است (Agrama, 1996).

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط تنش خفیف خشکی با در نظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعنوان متغیرهای مستقل نشان داد که سه صفت عمق دانه ذرت، وزن خشک برگ و قطر ساقه یکی پس از دیگری وارد مدل شده و در مجموع بیش از 92 درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند (جدول 8).

همانگونه که در جدول 8 مشاهده می‌گردد تحت شرایط تنش خفیف خشکی، صفت عمق دانه قادر است بعنوان مؤثرترین صفت در توجیه عملکرد کل دانه بیش از 70 درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کند درحالیکه تحت شرایط بدون تنش (آبیاری معمول) مؤثرترین صفت در توجیه عملکرد دانه طول بلال می‌باشد (جدول 5). نتایج این پژوهش نشان داد که صفت قطر ساقه در هر دو محیط بدون تنش و تنش خفیف خشکی، بطور معنی داری عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد با این تفاوت که با توجه به ضرائب رگرسیونی برازش داده شده (جدول 6) اینگونه استنباط می‌شود در شرایطی که گیاه با تنش خفیف خشکی مواجه است، هرگونه افزایش در قطر ساقه، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیونی با نتایج همبستگی ساده بین صفات مطابقت دارد (جدول‌های 3 و 6).

بررسی همبستگی بین صفات در شرایط تنش شدید خشکی نشان داد که عملکرد دانه بطور معنی‌داری با صفات تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن 300 دانه، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه و درصد چوب بلال همبسته می‌باشد (جدول 9). کاکر (Caker, 2004) در بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر میزان همبستگی بین عملکرد و اجزا آن به این نتیجه رسیدند که بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال 1 درصد و نیز بین عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد وجود دارد. پینهیرو و همکاران (Pinheiro et al., 2004) بیان نمودند که بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه، بعنوان حاصل نهایی رشد و نمو، می‌تواند بیانگر عکس العمل کلی گیاه به تنش خشکی باشد. همچنین نتایج نشان داد که عملکرد دانه بصورت منفی با تعداد برگ در گیاه همبستگی دارد. همانگونه که در جدول 9 مشاهده می‌گردد بیشترین همبستگی عملکرد دانه با صفات طول بلال (0/928) می‌باشد. بررسی همبستگی بین سایر صفات نشان داد که کلیه صفات ارزیابی شده در این مطالعه بجز وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع بوته، تعداد برگ در گیاه و قطر ساقه دارای همبستگی معنی‌داری با طول بلال می‌باشند (جدول 9).

نتایج این تحقیق نشان داد هر چند که عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بیشترین همبستگی را با وزن بلال دارا بود (جدول‌های 3 و 6)، ولیکن با افزایش شدت تنش وارده به گیاه (آبیاری پس از 150 میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A)، طول بلال نیز نقش مؤثری در جبران خسارات وارده خواهد داشت. همانگونه که در جدول 9 مشاهده می‌گردد تعداد کل برگ در بوته با تمامی صفات ارزیابی شده دارای همبستگی منفی می‌باشد.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات ارزیابی شده در ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش خفیف خشکی و ترکیبات مختلف کودی

Table 7- Correlation coefficients between investigated traits of grain corn under low stress condition and different fertilizer combinations

عملکرد کل Total yield	عمق دانه Kernel depth	قطر بلال Ear diameter	طول بلال Ear length	وزن بلال Ear weight	وزن ۳۰۰ دانه 300-kernel weight	تعداد دانه در ردیف Kernel No./ row	تعداد ردیف در بلال Row No./ ear	ارتفاع بلال Ear height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leaves No.	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	
14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
0.55 *	0.25 ns	0.30 ns	0.44 ns	0.42 ns	0.32 ns	0.41 ns	0.16 ns	-0.21 ns	0.62**	0.15 ns	0.48 ns	0.90ns	1.00	1
0.60*	0.36 ns	0.40 ns	0.41 ns	0.46 ns	0.32 ns	0.41 ns	0.28 ns	-0.17 ns	0.73**	0.23 ns	0.58*	1.00		2
0.56*	0.60*	0.65**	0.68**	0.70**	0.68**	0.73**	0.22 ns	0.28 ns	0.75**	0.77**	1.00			3
0.19 ns	0.41 ns	0.53*	0.49 ns	0.46 ns	0.50 ns	0.48 ns	0.15 ns	-0.04 ns	0.72**	1.00				4
0.42 ns	0.50 ns	0.63*	0.54*	0.57*	0.53*	0.51 ns	0.27 ns	-0.09 ns	1.00					5
0.25 ns	0.37 ns	0.27 ns	0.28 ns	0.33 ns	0.39 ns	0.30 ns	0.03 ns	1.00						6
0.57*	0.57*	0.57*	0.44 ns	0.56*	0.32 ns	0.40 ns	1.00							7
0.86**	0.90**	0.87**	0.97**	0.96**	0.92**	1.00								8
0.72**	0.90**	0.91**	0.94**	0.93**	1.00									9
0.87**	0.95**	0.95**	0.97**	1.00										10
0.83**	0.89**	0.89**	1.00											11
0.76**	0.95**	1.00												12
0.86**	1.00													13
1.00														14

ns, * , ** به ترتیب نشاندهنده غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** are singnificanI at...

جدول 8- رگرسیون گام به گام با درنظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعنوان متغیر مستقل در ذرت دانه‌ای و تحت شرایط تنش خفیف خشکی و ترکیبات مختلف کودی

Table 8- Stepwise regression with yield as dependent and other traits as independent variables in grain corn under low stress condition and different fertilizer combinations

گام سوم Third step	گام دوم Second step	گام اول First step	
قطر ساقه Stem diameter	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عمق دانه Kernel depth	صفت وارد شده Entered Trait
47.89	36.38	35.94	مقدار F F-value
0.92	0.85	0.73	ضریب تشخیص r-square

با توجه به همبستگی بالا و معنی دار این صفت با وزن خشک ساقه چنین استنباط می‌شود که به دنبال افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه کاهش می‌یابد که این موضوع امری بدیهی بنظر می‌رسد. همچنین مشاهده شد که تعداد ردیف دانه در بلال دارای همبستگی معنی‌داری با صفات تعداد دانه در ردیف، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه و درصد چوب بلال می‌باشد (جدول 9). بیشترین همبستگی تعداد ردیف دانه در بلال با قطر بلال مشاهده شد.

بعبارت دیگر، تحت شرایط تنش شدید خشکی، به دنبال افزایش قطر بلال تعداد ردیف دانه در بلال نیز افزایش می‌یابد که این موضوع با گزارش گلباشی و همکاران (Golbashy et al., 2009) مطابقت دارد. براساس نتایج بدست آمده، تعداد دانه در ردیف نیز از همبستگی معنی‌داری با صفات تعداد ردیف دانه در بلال، وزن 300 دانه، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه و درصد چوب بلال برخوردار می‌باشد (جدول 9). وزن 300 دانه نیز بطور منفی و معنی‌داری با تعداد برگ در گیاه همبسته بود. همبستگی بین این صفت با صفات ارتفاع تشکیل بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن بلال، طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه و درصد چوب بلال مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. در بین اجزاء عملکرد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف دارای بالاترین همبستگی معنی‌دار بودند (0/75). واسون و همکاران (Wasson et al., 2000) اثر حجم آبیاری را در سه مرحله از رشد و توسعه ذرت، بررسی و ملاحظه کردند که گیاه ذرت حساسیت بالایی نسبت به کمبود آب در مرحله گل دهی دارد تنش جزئی رطوبت در این مرحله از تشکیل آغازین‌های گل جلوگیری نموده و تعداد دانه‌ها را کاهش می دهد. کمبود آب در مرحله گل دهی باعث تأخیر در ظهور گل تاجی و ابریشم شده و منجر به افزایش فاصله بین 50 درصد گرده افشانی و 50 درصد ظهور کاکل می گردد و در نهایت موجب می شود انتشار و دریافت دانه گرده تقریباً و یا کلاً انجام نشود. ابریشم‌های ظاهر شده، ممکن است در اثر کمبود آب و درجه حرارت بالا خشکیده و در نتیجه پذیرش دانه گرده و بدنبال آن جوانه زدن و رشد لوله گرده در کلاله و داخل تخمک ها تحت تأثیر قرار گرفته، باروری به خوبی صورت نگیرد و در نهایت تعداد دانه در بلال کاهش یابد (Shirinzade et al., 2009).

نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام با درنظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعناون متغیر مستقل در شرایط تنش شدید خشکی در جدول 10 ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود اولین صفت وارد شده به مدل تعداد دانه در ردیف می‌باشد که به تنهایی بیش از 80 درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کند. در گام بعد صفت وزن 300 دانه به مدل اضافه و مجموعاً همراه با تعداد دانه در ردیف حدود 90 درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند (جدول 10). در مراحل بعد صفات تعداد ردیف دانه در بلال و ارتفاع بوته به ترتیب یکی پس از دیگری به مدل وارد و مجموعاً کل صفات وارد شده بیش از 95 در صد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

بررسی ضرائب معادله رگرسیونی برازش داده شده تحت شرایط تنش شدید خشکی (آبیاری پس از 150 میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) نشان می‌دهد هر چند که تأثیر ارتفاع بوته بر عملکرد دانه اندک می‌باشد، اما به دنبال افزایش ارتفاع بوته، عملکرد دانه بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول 6). همانگونه که در جدول 6 مشاهده می‌گردد بزرگترین ضرائب مدل رگرسیونی برازش داده شده به ترتیب مربوط به صفات تعداد ردیف دانه در بلال، وزن 300 دانه، تعداد دانه در ردیف و ارتفاع بوته می‌باشد. همچنین مشاهده شد که در بین صفات توجیه کننده عملکرد دانه تنها صفات قطر ساقه و ارتفاع بوته به ترتیب در شرایط تنش خفیف و شدید خشکی دارای ضرائب منفی می‌باشند (جدول 6).

با توجه به نتایج حاصله اینگونه استنباط می‌گردد که در شرایطی که گیاه با تنش شدید خشکی مواجه است، حفظ تعداد دانه در ردیف بلال بیشترین تأثیر را بر کاهش خسارات ناشی از تنش بر عملکرد خواهد داشت، درحالیکه این موضوع در مورد شرایط تنش خفیف صادق نمی‌باشد.

جدول ۹ – ضرایب همبستگی بین صفات ارزیابی شده در ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش شدید خشکی و ترکیبات مختلف کودی

Table 9- Correlation coefficients between investigated traits of grain corn under high stress condition and different fertilizer combinations

عملکرد کل Total yield	عمق دانه Kernel depth	قطر بلال Ear diameter	طول بلال Ear length	وزن بلال Ear weight	وزن ۳۰۰ دانه 300-kernel weight	تعداد دانه در ردیف Kernel No./ row	تعداد ردیف در بلال Row No./ ear	ارتفاع بلال Ear height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leaves No.	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	
14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
0.25 ns	0.17 ns	0.27 ns	0.22 ns	0.25 ns	0.30 ns	0.23 ns	0.46 ns	0.04 ns	-0.27 ns	-0.26 ns	0.38 ns	0.60*	1.00	1
0.36 ns	0.27 ns	0.35 ns	0.24 ns	0.46 ns	0.45 ns	0.34 ns	0.37 ns	0.11 ns	0.02 ns	-0.83**	0.25 ns	1.00		2
0.07 ns	0.19 ns	0.09 ns	0.08 ns	0.18 ns	0.26 ns	0.19 ns	0.09 ns	0.26 ns	-0.01 ns	-0.33 ns	1.00			3
-0.30 ns	-0.28 ns	-0.30 ns	-0.26 ns	-0.49 ns	-0.54*	-0.32 ns	-0.11 ns	-0.20 ns	-0.07 ns	1.00				4
0.24 ns	0.25 ns	0.26 ns	0.27 ns	0.29 ns	0.14 ns	0.28 ns	0.18 ns	0.10 ns	1.00					5
0.46 ns	0.56*	0.59*	0.53*	0.46 ns	0.53 *	0.48 ns	0.36 ns	1.00						6
0.75**	0.78**	0.81**	0.74**	0.64*	0.47 ns	0.75**	1.00							7
0.90**	0.87**	0.87**	0.90**	0.95**	0.72**	1.00								8
0.86**	0.73**	0.78**	0.82**	0.86**	1.00									9
0.93**	0.80**	0.84**	0.88**	1.00										10
0.93**	0.95**	0.96**	1.00											11
0.89**	0.97**	1.00												12
0.84**	1.00													13
1.00														14

ns, * , ** به ترتیب نشاندهنده غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمالل ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** are singnificanI at...

جدول 10- رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعنوان متغیر مستقل در ذرت دانه‌ای و تحت شرایط تنش شدید خشکی و ترکیبات مختلف کودی

Table 10- Stepwise regression with yield as dependent and other traits as independent variables in grain corn under high stress condition and different fertilizer combinations

گام چهارم Fourth step	گام سوم Third step	گام دوم Second step	گام اول First step	
ارتفاع بوته Plant height	تعداد ردیف دانه در بلال Row No./ear	وزن 300 دانه 300-kernel weight	تعداد دانه در ردیف Kernel No./ row	صفت وارد شده Entered trait
53.04	53.04	59.71	56	مقدار F F-value
0/95	0.93	0.90	0.81	ضریب تشخیص r-square

بعبارت دیگر، نتایج این تحقیق نشان داد که به دنبال افزایش شدت تنش وارده به گیاه از خفیف به شدید (به ترتیب آبیاری پس از 100 و 150 میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A)، عکس العمل گیاه در تعدیل خسارات وارده متفاوت خواهد بود؛ بطوریکه در شرایط تنش خفیف صفت عمق دانه و در شرایط تنش شدید خشکی تعداد دانه در ردیف بلال به عنوان مهمترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه شناخته شدند (جدول 6 و 10).

منابع

1- Agrama, H.A.S. 1996. Sequential Path analysis of grain Yield and its components in maize. Plant Breeding 115: 343-346

2- Ahmadzade, A. 1990. Determination of the best drought stress indices in selective corn lines. Msc Thesis, Agricultural faculty of University of Tehran (In Persian with English Summary)

3- Alahdadi, I., Zarabi, M., and Golbashy, M. 2009. Study to reduction effects of drought stress on growth stage of seed corn (S.C 704), using phosphorus solubilizing bacteria, phosphorus chemical fertilizer and Mycorrhiza, fungus AM. 1st Regional Conference on Tropical Crops Production under Environmental Stresses Conditions. 19 Nov 2009. Islamic Azad University, Sciences and Research Branch. p:41. (In Persian)

4- Asea, P.E.A., Kucey, R.M.N., and Stewart, J.W.R. 1988. Inorganic phosphate solubilization by two *Penicillium* species in solution culture and soil. Soil Biology and Biochemistry 20(4): 459-464

5- Brown, J.S. 1979. Water transport in plant: mechanism of apparent changes in resistance during absorbtion. Plant Phytologist 117: 182-207.

6- Caker, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89(1): 1-16

7- Ebdai, R. 2003. study effect of applying mycorrhizae and phosphorous levels in different irrigation condition on yield and yield component and some morphological characters of pop corn. Msc Thesis. Islamic Azad University of Karaj. (In Persian with English Summary)

8- Espelta, J.F., Eissenstat, D.M., and Graham, J.H. 1999. Citrus root responses to localization drying soil: a new approach to studing mycorrhizal effects on the roots of trees. Plant Science 206:1-10.

9- Gaur, R., Shani., N., Kawaljeet, B.N., Rossi., P., Aragno, M. 2002. Diacetyl phloroglucinol-producing *Pseudomonas* do not influence am Fungi in wheat rhizosphere. Current Science 86: 453-457.

10- Ghahfarrokhi, A.R., Khodabandeh, N., Ahmadi, A., and Bankehsaz, A. 2004. Study on effect of drought stress in different growth stages on yield, yield components and quality of grain maize. Abstracts of the 8th Iranian Congress of Crop Sciences. College of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran. 239 pp. (In Persian)

11- Golbashy, M., Shoa Hosseini, M., Khavari Khorasani, S., Farsi, M., and Zarabi, M. 2009. Effect of drought stress on yield, yield components, morphological traits of single cross and three way cross of corn. Abstract Book of the National Conferences on Consumption Pattern Reforms in Agriculture and Natural Resources, 225 pp.

12- Iranipor, R., Malakouti, M.J., Abedi, M.J., Sajadi, A., and Ghaforian, J. 2003. Study effect of brimstone, organic matter, thiobacilus and phosphate solubilization bacteria on phpsphor absorb ability. Abstract Book of 3th National Congress of Develop in Appling Biological Material and Optimum Use of Fertilizer and Poison in Agriculture., Tehran, Iran. (In Persian)

13- Jaafari, P., and Imani, M.R. 2004. Study of drought stress and plant density on yield and some agronomical traits of maize KSC 301. Abstracts of the 8th. Iranian Congress of Crop Sciences. College of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran. 235 pp. (In Persian)

14- Leinhos,V. 1994. Effects pf pH and glucose on auxin production by phosphate-solubilizing rhizobacteria *in vitro*. Research in Microbiology 149:135-138.
15- Lucey, R., Reed, E., Glick, R.B. 2004. Application of free living plant growth–promoting rhizobacteria. Antonie Van Leeuwenhoek 86: 1-25.
16- Martin, R.J., Jamieson, P.D., Gillespie, R.N., and Maley, S. 2001. Effect of timing and intensity of drought on the yield of oats (*Avena sativa* L.). Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference. New Zealand Institute for Crop and Food Research Limited, Christchurch, New Zealand.
17- Mosavi Jangali, S.A., Sni, B., Sharifi, M., and Hosseyni Nejad, Z. 2004. Effect of phosphorus solubilizing bacteria and Mycorrhiza on quantitative trait of corn (S.C 704). 8th Congress Agronomi and Plant Breeding, Gilan Agriculture University. 184 pp. (In Persian)
18- Nesmith, D.S. 1991. Growth resposes of corn (*Zea mays* L.) to intermittent soil water deficits. Field Crops Abstracts Nov. 1991. 7924.
19- Norgholipor, F., Khavazi, K., and Khoshkam, T. 2003. Effect of apply phosphate soil with thiobacilus bacteris and phosphorus solubilizing bacteria on yield. 3th National Congress of Develop in Appling Biological Material and Optimum Use of Fertilizer and poison in Agriculture. Tehran, Iran. (In Persian)
20- Osborne, S.L., Scheppers, J.S., Francis, D.D., and Schlemmer, M.R. 2002. Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen and water – stressed corn. Crop Science 42: 165-171.
21- Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereeku, S., and O'Toole, J.C. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part I. Grain yield and yield components. Field Crops Research 73: 153-168.
22- Pinheiro, C., Passarinhoa, J.A., and Ricardo, C.P. 2004. Effect of drought and rewatering on the metabolism of *Lupinus albus* organs. Journal Plant Physiology 161: 1203-1210
23- Sharma, A.K. 2002. Biofertilizer for Sustainable Agriculture. 1nd Edition. Jodhpur: Agrobios, India. 45 pp.
24- Shirinzade, E., Zarghami, R., and Shiri, M.R. 2009. Evaluation of drought tolerant in corn hybrids using drought tolerance indices. Iranian Journal of Crop Sciences, 10(4): 416-427. (In Persian with English Summary)
25- Shoa Hosseini, M., Golbashy, M., Farsi, M., Khavari Khorasani, S., and Ashofte Beiragi, M. 2009. Evaluation of correlation between yield and its dependent trait in single cross corn hybrids under drought stress. Abstract Book of 1st Regional Conference on Tropical Crops Production under Environmental Stresses Condition. Islamic Azad University, Khozestan, P :72 (In Persion)
26- Shoae Hosseini, S.M., Farsi, M., and Khavari Khorasani, S. 2008. Investigation of water deficit stress effects on yield and yield components using path analysis in some corn hybrids. Agricultural Science 18(1): 71-85 (In Persian with English Summary)
27- Subba Rao, N.S. 1988. Biofertilizers in agriculture. 1nd Edition. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co., India.
28- Wasson, J., Schumacher, J.R., and Wicks, T.E. 2000. Maize water content and solute potential at three stages of development. University of Illinois. Department of Crop Sciences, Maydica 45(1): 67-72.
29- Zarei, M., Saleh-Rastin, N., Alikhani, H.A., and Aliasgharzadeh, N. 2006. Responses of lentil to co-inoculation with phosphate-solubilizing *Rhizobial* strains and Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Journal of Plant Nutrition 29: 1509–1522.