مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ششم، شماره ۳(۲۳)، ۱۳۹۱، صفحه ۳۵۲-۳۳۹

اثر تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای با استفاده از تجزیه علیت

یاسر مومنی قزلعاشق[۱] و حسن منیری‌فر[۲]

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد ذرت و صفات وابسته به آن، آزمایشی در قالب طرح کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل چهار رژیم آبیاری (بدون تنش، تنش در مرحله ۶ تا ۷ برگی، تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله پر شدن دانه) و کرت‌های فرعی شامل چهار رقم هیبرید ذرت (سینگل‌کراس ۷۰۴، ۶۰۴، ۵۰۰ و دابل کراس ۳۷۰) بودند. نتایج همبستگی ساده نشان داد که اکثر صفات مورد بررسی همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند. رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت در متوسط شرایط تنش نشان داد که صفت وزن بلال دارای بالاترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه و دارای اثرات غیرمستقیم و مثبت از طریق صفات قطر بلال، ارتفاع گیاه، میانگین قطر ساقه و وزن چوب بلال بر عملکرد دانه است. با اعمال تنش در مرحله ۶ تا ۷ برگی، وزن بلال دارای بالاترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه و دارای اثرات غیرمستقیم از طریق صفات ارتفاع گیاه، طول گل آذین نر و طول بلال بر عملکرد دانه بود. همچنین، در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه، صفت وزن ۳۰۰ دانه دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه و دارای اثرات غیرمستقیم و مثبت از طریق تعداد دانه و عمق دانه بر عملکرد دانه بود.

واژگان کلیدی: تجزیه علیت، تنش خشکی، ذرت، عملکرد.

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی تبریز (نگارنده‌ی مسئول) momeni.yaser@yahoo.com
۲-استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی
تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۳۱

مقدمه

نزدیک به ۶۹ درصد از سطح زیر کشت مناطق آبی را غلات به خود اختصاص داده‌اند و این مناطق ۵۸ درصد از تولید غلات جهان را شامل می‌شوند (Rosegrant *et al*., 2002). ذرت از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن ۰/۲۵ میلیون هکتار و تولید آن معادل ۱/۶۵ میلیون تن می‌باشد و تولید ۲/۸ درصد از کل غلات را به خود اختصاص داده است (F.A.O., 2005). آب یکی از عوامل محدود کننده برای تولید محصول در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد. چنانچه آب کافی قابل دسترس نباشد کاربرد کودها و واریته‌هایی با عملکرد بالا سودمند نخواهد بود (Ibrahim and Nermin, 2001). عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی و اثرات برهم کنش آنها می‌باشد. اگرچه همه تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند ولی تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آید (Debaeke and Abdellah, 2004). بیشتر ارقام امروزی ذرت در جهان، برای رشد در محیط‌های با بارندگی متناسب اصلاح شده‌اند. سالانه به میزان ۲۴ میلیون تن عملکرد ذرت در اثر خشکی کاهش می‌یابد (Saxena and John, 2002). ذرت نسبت به تنش خشکی در مرحله گلدهی زمانی که عملکرد بالقوه در حال شکل گرفتن است، حساس می‌باشد (Birch *et al*., 2003) به خصوص زمانی که این مرحله در اواسط تابستان با میزان تبخیر و تعرق زیاد همزمان شود (Farnham *et al*., 2003). تنش در این مرحله می‌تواند عملکرد دانه را به میزان ۶ تا ۸ درصد برای هر روز از تنش کاهش دهد (Colless, 1992). حساس‌ترین زمان برای اجزای عملکرد نظیر تعداد دانه ذرت نسبت به تنش آبی، بین ۲ تا ۲۲ روز بعد از ابریشم‌دهی و وزن دانه بین ۱۲تا ۱۶ روز بعد از ابریشم‌دهی به شمار می‌رود. نظر بر این است که کاهش در تعداد دانه در اثر تنش خشکی، شامل عدم گرده افشانی، عدم تکامل تخمک قبل از باروری و عدم تکامل دانه های بارور باشد (Ogtr, 2008). تنش آبی در مرحله رویشی سبب کاهش توسعه ساقه و برگ و نیز توسعه سلول و در نتیجه باعث کاهش ارتفاع گیاه و کاهش سطح برگ می‌شود. تنش خشکی در مرحله گلدهی و گرده افشانی باعث تاخیر در ابریشم‌دهی، کاهش طول ابریشم و جلوگیری از توسعه جنین بعد از گرده افشانی می‌شود. تنش رطوبتی در این مراحل عملکرد ذرت را ۳ تا ۸ درصد برای هر روز از تنش کاهش می‌دهد. تنش آبی در طول پر شدن دانه، باعث افزایش مرگ برگ‌ها، کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش وزن دانه می‌شود. تنش آبی در این مرحله، عملکرد را در هر روز از تنش به میزان ۲/۵ تا ۵/۸ درصد کاهش می‌دهد. دانه‌ها در طول دو هفته اول گرده‌افشانی مخصوصاً دانه‌های نزدیک به انتهای بلال نسبت به سقط بسیار حساس می‌باشند (Lauer, 2006).

با استفاده از تجزیه علیت، امکان شناسایی آثار مستقیم صفات مختلف و اثر غیر مستقیم آنها بر صفت عملکرد قابل شناسایی است. تجزیه علیت یکی از روش‌های مطالعه اصل علیت در میان مجموعه‌ای از متغیرها می‌باشد، و برای تجزیه همبستگی و پی بردن به اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بسیار مفید است (Dofing and Kinght, 1992). از کارآیی این روش آماری در شناسایی روابط علت و معلولی صفات در بسیاری از مطالعات به نژادی گیاهان مختلف منجمله ذرت استفاده شده است (Chase and Nanda 1967; Shoa Hosseyni *et al*., 2008). یزدان دوست همدانی و رضایی (Yazdandoost Hamdani and

Rezai, 2001) در بررسی منابع مورفولوژیک و فیزیولوژیک عملکرد ذرت برای شناسایی روابط علت و معلولی صفات از تجزیه علیت استفاده کردند. همبستگی هر یک از عوامل مورد بررسی با متغیر وابسته در یک سیستم چند متغیره می‌تواند به اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن از طریق سایر متغیرهای مستقل تجزیه شود. در چنین سیستمی، کل تغییرات متغیر وابسته به دو جزء قابل توجیه با متغیرهای تحت بررسی و غیر قابل توجیه تقسیم می‌شود و جزء قابل بیان توسط متغیرهای مستقل، همان ضریب تبیین در تجزیه رگرسیون چندگانه استاندارد شده است.

این آزمایش با هدف تعیین میزان تاثیر تنش خشکی بر روی صفات مورد بررسی و دست‌یابی به الگوی مناسب جهت انتخاب برای عملکرد دانه بر مبنای سایر صفات در شرایط تنش خشکی و عدم تنش و تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد و استفاده از آنها در افزایش بازدهی انتخاب انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی (خسروشهر) در سال زراعی ۱۳۸۷ اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۴۹ متر، طول جغرافیایی آن ۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی است. حداکثر و حداقل مطلق دما ۵/۳۲ و ۷/۷- درجه سلسیوس است. میانگین بارندگی منطقه ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. بافت خاک سطحی، لومی شنی و بافت خاک تحتانی لومی با قابلیت نفوذ سریع می‌باشد. میزان املاح موجود در آب آبیاری ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر مربع و pH خاک سطحی برابر با ۷/۶ می‌باشد.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات انجام شد که در آن عامل اصلی شامل چهار رژیم آبیاری شامل آبیاری معمول (هر هفت روز یک‌بار)، قطع آبیاری به مدت دو دور (۲۱ روز) در مرحله‌ی رویشی (مرحله ۶ تا ۷ برگی)، قطع آبیاری به مدت دو دور در مرحله‌ی گلدهی و قطع آبیاری به مدت دو دور در مرحله‌ی پر شدن دانه و فاکتور فرعی شامل ۴ رقم (هیبریدهای سینگل‌کراس ۷۰۴، ۶۰۴ و ۵۰۰، هیبرید دابل کراس ۳۷۰) ذرت دانه‌ای بود که در کرت‌هایی با ابعاد ۳/۷۵ در ۵/۵ متر کاشته شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. بذور به صورت کپه‌ای به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم روی پشته‌ها کاشته شدند. جهت اطمینان از سبز شدن بذور در هر کپه سه عدد بذر قرار داده شد و سپس در مرحله ۲ تا ۴ برگی با تنک کردن گیاهچه‌ها، فقط یک بوته در هر کپه نگه‌داری گردید. کود فسفات آمونیوم و اوره به‌صورت قبل از کاشت و کود سرک بر اساس آزمایش‌های تجزیه خاک استفاده گردید. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش و برخی از پارامترهای آب و هوایی در شرایط مزرعه در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. آبیاری به‌طور مستمر و هر ۷ روز یک بار تا رسیدن به مرحله ۶ تا ۷ برگی انجام گرفت و سپس در طی مراحل رشد رویشی، گلدهی و پر شدن دانه تنش‌های مورد نظر اعمال شدند. در هر کرت، ۱۳ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات مورد بررسی بر روی آنها اندازه‌گیری شدند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد دانه، شاخص برداشت، میانگین قطر ساقه، ارتفاع گیاه، وزن بلال، وزن ۳۰۰ دانه، تعداد دانه، عمق دانه، وزن چوب بلال و قطر بلال بودند.

در هر یک از محیط‌های اعمال تنش خشکی ضرایب همبستگی ساده صفات محاسبه گردید و به منظور تعیین اجزای موثر عملکرد از روش تجزیه رگرسیون گام به گام با نرم افزار spss و برای تعیین میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم این اجزا بر عملکرد از تجزیه علیت استفاده شد.

نتایج و بحث

بین ارقام مورد بررسی در تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. با توجه به معنی‌دار بودن صفات در شرایط مختلف اعمال تنش، تجزیه تحلیل همبستگی و علیت انجام گرفت. ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده روی هیبریدهای مورد بررسی در متوسط شرایط تنش (جدول ۳) نشان داد که صفات تعداد دانه، ارتفاع گیاه، عمق دانه، میانگین قطر ساقه، وزن چوب بلال، وزن بلال، وزن ۳۰۰ دانه، شاخص برداشت، طول گل آذین نر و طول بلال، همبستگی مثبت و معنی‌داری (سطح احتمال ۱ درصد) با عملکرد دانه داشتند و همچنین، صفت قطر بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان داد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان گفت همانطور که ضرایب همبستگی موجود بین صفات نشان می‌دهد، صفات مذکور نقش مثبت در بهبود عملکرد تک بوته دارا می‌باشند، لذا می‌توان این صفات را به عنوان شاخص‌های مهم در معیارهای انتخاب تلقی نمود.

یزدان دوست همدانی و رضایی (Yazdandoost Hamdani and Rezai, 2001) در بررسی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک عملکرد ذرت از طریق تجزیه علیت نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات ارتفاع بوته، وزن صد دانه و تعداد دانه در بلال با عملکرد وجود دارد.

چوکان (Chokan, 2000) در بررسی پایداری عملکرد و اجزای عملکرد دانه هیبریدهای ذرت، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات عملکرد و اجزای عملکرد از جمله عمق دانه و تعداد دانه گزارش کرده است.

رفیعی و همکاران (Rafiee *et al*., 2004) در مطالعه همبستگی صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ذرت در تیمارهای مختلف تنش خشکی نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری در شرایط نرمال آبیاری بین صفات تعداد ردیف دانه، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد چوب بلال وجود دارد.

در شرایط اعمال تنش در مرحله ۶ تا ۷ برگی صفات تعداد دانه، ارتفاع گیاه، عمق دانه، وزن بلال، وزن ۳۰۰ دانه، طول گل آذین نر و طول بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با عملکرد دانه داشتند و صفات میانگین قطر ساقه، وزن چوب بلال و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با عملکرد دانه داشتند (جدول ۴). نتایج به‌دست آمده، بیانگر این است که تنش در مرحله رویشی علاوه بر کاهش در ارتفاع گیاه بر روی صفات مرتبط با بلال نیز تاثیر معنی‌داری داشته است، لذا تاثیر تنش در مراحل رویشی حتی بعد از سپری شدن شرایط تنش، در مراحل زایشی گیاه و صفات مرتبط با اجزای عملکرد نیز مشاهده می‌شود.

در شرایط اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه صفات تعداد دانه، قطر بلال، عمق دانه، وزن بلال، وزن ۳۰۰ دانه، شاخص برداشت و طول بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با عملکرد دانه نشان دادند و همچنین، صفت ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با عملکرد دانه نشان داد (جدول ۵).

به‌طور کلی، صفت مهم و اقتصادی عملکرد دانه با اغلب اجزای عملکرد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشد که نشانگر نقش تعیین کننده اجزای عملکرد در کاهش عملکرد دانه در بوته می‌باشد بنابراین در مرحله حساس پر شدن دانه تنش تاثیر به‌سزایی در کاهش عملکرد خواهد داشت.

واعظی و همکاران (Vaezi *et al.*, 2000) در تجزیه و تحلیل همبستگی و علیت عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ذرت نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات وزن بلال، قطر بلال، طول بلال، وزن ۳۰۰ دانه و عمق دانه با عملکرد دانه وجود دارد.

برای حذف اثر صفات غیرموثر یا کم تاثیر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه از رگرسیون گام به گام استفاده شد. نتایج رگرسیون گام به گام در شرایط اعمال تنش در مرحله گلدهی و شرایط بدون تنش نشان داد که فقط صفات (طول گل آذین نر و وزن بلال) در هر یک از تیمارهای آبیاری وارد مدل شد. تجزیه رگرسیون گام به گام در متوسط شرایط تنش با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل انجام گرفت و نتایج در جدول ۶ ارایه شده است. پنج صفت وزن بلال، قطر بلال، ارتفاع گیاه، میانگین قطر ساقه و وزن چوب بلال به ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند. این پنج صفت ۸۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کنند و سایر صفات مورد بررسی تاثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند. شعاع حسینی و همکاران (Shoa Hosseyni *et al.*, 2008) در بررسی اثرات تنش کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در ذرت نشان دادند که هفت صفت میانگین قطر ساقه، ارتفاع گیاه، ارتفاع استقرار بلال، تعداد برگ بالای بلال اصلی، تعداد دانه در ردیف، عمق دانه و وزن ۳۰۰ دانه وارد مدل شدند. مدل مذکور دارای ضریب تبیین ۰/۷۶۱۶ بود. با توجه به ضرایب رگرسیون استاندارد شده مشخص شد که صفت ارتفاع گیاه با ضریب رگرسیون ۰/۹۱۴، صفت عمق دانه با ضریب ۰/۳۲۶ و صفت تعداد دانه در ردیف با ضریب ۰/۲۲ به ترتیب بیشترین اهمیت را در کنترل مقدار عملکرد دارند.

نتایج رگرسیون گام به گام در شرایط تنش در مرحله ۶ تا ۷ برگی با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل انجام گرفت و نتایج در جدول ۷ ارایه شده است و چهار صفت وزن بلال، ارتفاع گیاه، طول گل آذین نر و طول بلال به ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند. این چهار صفت ۹۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کنند و سایر صفات مورد بررسی تاثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده که بیانگر ارتباط شدید عملکرد دانه با وزن بلال و همچنین طول بلال می‌باشد، لذا به نظر می رسد که تنش در مرحله رویشی (۷-۶ برگی) از طریق تاثیر بر اندازه بلال، در عملکرد دانه موثر بوده است و با کاهش در طول بلال می تواند عملکرد را به شدت پایین آورد.

شعاع حسینی و همکاران (Shoa Hosseyni *et al.*, 2008) در بررسی اثرات تنش کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در ذرت در شرایط تنش نشان دادند که فقط صفت طول بلال به عنوان متغیر اصلی وارد مدل رگرسیونی گردید.

در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل انجام گرفت و نتایج نشان داد که صفات وزن تر ۳۰۰ دانه، تعداد دانه و عمق دانه وارد مدل شدند و ۹۹/۷ درصد از تغییرات مدل را توجیه می‌کنند و سایر صفات مورد

بررسی در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه تاثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند (جدول ۸).

با توجه به نتایج موجود، تنش در طول دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه را تا حدود زیادی پایین می‌آورد زیرا کاهش در صفات وزن دانه، تعداد دانه و عمق دانه که همبستگی زیادی با عملکرد دارند باعث افت شدید عملکرد دانه می‌شود.

رفیعی و همکاران (Rafiee *et al.*, 2004) در بررسی همبستگی صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش نشان دادند که صفات تعداد بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه و وزن ۱۰۰ دانه وارد مدل رگرسیونی شدند و ۹۹/۹ درصد از تغییرات مدل را توجیه کردند.

نتایج تجزیه علیت در متوسط شرایط تنش و دیاگرام ضرایب علیت مربوط به آن در جدول ۹ و شکل ۱ آورده شده است. صفت وزن بلال دارای اثر مستقیم و مثبت (۱/۰۳۸) بر عملکرد دانه و دارای اثرات غیرمستقیم و مثبت از طریق صفات قطر بلال (۰/۰۳) و میانگین قطر ساقه (۰/۱۴۱) و دارای اثرات غیرمستقیم و منفی از طریق صفات، ارتفاع گیاه (۰/۲۴۱-) و وزن چوب بلال (۰/۱۰۴-) بر عملکرد دانه می‌باشد. با توجه به ضریب همبستگی مثبت صفت وزن بلال با عملکرد دانه ($r_=$ ۰/۸۶۷) که بیشترین همبستگی را در مقایسه با دیگر صفات وارد شده به مدل با عملکرد نشان می‌دهد، می‌توان گفت که همبستگی ساده رابطه واقعی را نشان داده است و انتخاب مستقیم از طریق این صفت موثر خواهد بود.

نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش در مرحله ۷-۶ برگی و دیاگرام ضرایب علیت مربوط به آن در جدول ۱۰ و شکل ۲ نشان داده شده است. در مقایسه صفات وارد شده به مدل صفت وزن بلال دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۱/۷۶۸) روی عملکرد دانه و دارای اثرات غیرمستقیم و منفی از طریق صفات ارتفاع گیاه (۰/۶۱۸-) و طول بلال (۰/۵۴-) بر روی عملکرد دانه و همچنین دارای اثر غیرمستقیم و مثبت از طریق صفت طول گل آذین نر (۰/۳۰۳) می‌باشد، بنابراین دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر صفات وارد شده به مدل می‌باشد. با توجه به ضریب همبستگی مثبت صفت وزن بلال با عملکرد دانه که بیشترین همبستگی را در مقایسه با دیگر صفات وارد شده به مدل با عملکرد نشان می‌دهد، می‌توان گفت که همبستگی ساده رابطه واقعی را نشان داده است و انتخاب بر اساس این صفت برای افزایش صفت عملکرد دانه موثر خواهد بود.

صفت ارتفاع گیاه دارای اثر مستقیم و منفی (۰/۶۷۲-) بر عملکرد دانه و دارای اثرات غیرمستقیم و مثبت از طریق صفات وزن بلال (۱/۶۲۵)، طول گل آذین نر (۰/۲۷۲) و دارای اثر غیرمستقیم و منفی از طریق صفت طول بلال (۰/۴۹۲-) بر عملکرد دانه می‌باشد. با توجه به همبستگی مثبت عملکرد دانه و ارتفاع گیاه ($r_=$۰/۷۳۵) و منفی بودن اثر مستقیم ارتفاع گیاه با عملکرد دانه و اثرات غیرمستقیم این صفت از طریق صفات ذکر شده می‌بایست این اثرات به‌طور هم‌زمان مورد توجه قرار گیرند.

نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه و دیاگرام ضرایب علیت مربوط به آن در جدول ۱۱ و شکل ۳ نشان داده شده است. در مقایسه صفات وارد شده به مدل صفت وزن تر ۳۰۰ دانه دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۵۷۴) بر عملکرد دانه و دارای اثرات غیرمستقیم و مثبت از طریق صفات تعداد دانه (۰/۲۲۹) و عمق دانه (۰/۰۹۲) می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در مورد صفات تاثیرگذار در عملکرد در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه و اثرات مستقیم و غیرمستقیم مثبت این صفات بر عملکرد دانه و همچنین همبستگی مثبت این صفات با عملکرد دانه در شرایط

تنش در مرحله پر شدن دانه، نظر بر این است که انتخاب بر اساس این صفات با توجه به مثبت بودن همبستگی این صفات با عملکرد، موثر خواهد بود.

در شرایط تنش طول بلال، تعداد دانه در ردیف و ارتفاع استقرار بلال به ترتیب بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (سطح احتمال ۵ درصد) را با عملکرد نشان دادند. اثر غیرمستقیم طول بلال از طریق قطر چوب بلال مثبت و معنی‌دار بود و همچنین اثر مستقیم صفت عمق دانه بر عملکرد مثبت و برابر با ۱/۵۳ بود و اثر غیرمستقیم آن از طریق صفت قطر بلال منفی و برابر با ۱/۱۳- بود. صفت ارتفاع گیاه نیز اثر مستقیم و معنی‌داری برابر با ۱/۳ بر عملکرد دانه داشت و همبستگی آن با عملکرد مثبت و معنی‌دار بود(Shoa Hosseyni *et al*., 2008).

فاطمی و همکاران (Fatemi *et al*., 2006) در بررسی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری و نیاز آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در ذرت نشان دادند که وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۶۸۸) با عملکرد دارد و همچنین دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد می‌باشد و دارای اثر غیرمستقیم و مثبت از طریق صفت فاصله گرده‌افشانی تا ابریشم‌دهی بر عملکرد دانه می‌باشد.

یزدان دوست همدانی و رضایی (Yazdandoost Hamdani and Rezai, 2001) در بررسی منابع مورفولوژیک و فیزیولوژیک عملکرد دانه از طریق تجزیه علیت نشان دادند که صفت تعداد دانه در بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دارد و دارای اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری برابر با ۰/۶۹۳ با عملکرد می‌باشد و دارای اثر غیرمستقیم از طریق صفت وزن صد دانه (۰/۲۳۶) بر عملکرد می‌باشد.

به‌طورکلی، وزن بلال در شرایط اعمال تنش در مرحله ۶ تا ۷ برگی و متوسط شرایط تنش دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه بود و همچنین دارای اثر غیرمستقیم از طریق دیگر صفات مورد بررسی می‌باشد و بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد بنابراین پتانسیل قابل توجهی برای بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش وزن بلال وجود دارد و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی مورد توجه قرار گیرد. در شرایط اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه، صفت وزن ۳۰۰ دانه دارای اثر مستقیم مثبت بر عملکرد و نیز دارای اثر غیرمستقیم و مثبت از طریق صفات تعداد دانه و عمق دانه بود و می‌توان با انتخاب برای افزایش این صفت به عملکرد دانه بالاتری دست یافت.

جدول ۱- برخی از پارامترهای آب و هوایی در شرایط مزرعه

Table 1- Some of weather parameter in field conditions

سال Year 2008	رطوبت نسبی Relative humidity				دما Temperature			بارندگی ماهانه Monthly rain	سرعت باد Wind speed
	صبح Morning	ظهر noon	عصر evening	متوسط رطوبت روزانه Average of daily moisture	حداقل دما Minimum of temperature	حداکثر دما Maximum of temperature	متوسط دمای روزانه Average of daily temperature		
تیر	53.81	3	28.23	28.34	17.85	32.14	25.69	6.20	4.1
مرداد	40.71	2.28	23.48	22.16	20.08	35.75	28.68	4.8	3.7
شهریور	58.65	3.18	34.23	32.02	15.63	31.54	24.21	21.3	0.57
مهر	72.73	4.15	50.03	42.31	9.81	23.22	16.87	24.30	0.4

جدول۲- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 2- Chemical and physical properties of farm soil

بافت خاک Tissue of soil	درصد رس Clay	درصد سیلت Silt	درصد شن Sand	پتاسیم قابل جذب K_2O	فسفر قابل جذب P_2O_5	ازت کل N	درصد کربن آلی O.C	درصد مواد خنثی شونده T.N.V	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی E.C
loam	20	44	36	371	7.3	0.075	0.7	6.25	7.6	9.02

جدول۳ – ضرایب همبستگی برای صفات در متوسط شرایط تنش

Table 3- Correlation coefficients for trait in average of stress conditions

صفات Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 -Grain yield عملکرد دانه	1											
2 -N. of kernel تعداد دانه	0.760**	1										
3 - Plant height ارتفاع گیاه	0.522**	0.631**	1									
4 - Ear diameter قطر بلال	0.333*	0.150 ns	-0.053 ns	1								
5 - depth Kernel عمق دانه	0.657**	0.640**	0.667**	-0.069ns	1							
6-Culm diameter قطر ساقه	0.558**	0.499**	0.557**	-0.021 ns	0.411**	1						
7-Weight of wood ear وزن چوب بلال	0.459**	0.390**	0.410**	0.230 ns	0.185 ns	0.596**	1					
8 -Ear weight وزن بلال	0.867**	0.814**	0.761**	0.138 ns	0.780**	0.584**	0.557**	1				
9 -300 kernels weight وزن ۳۰۰ دانه	0.688**	0.344*	0.592**	0.184 ns	0.636**	0.401**	0.476**	0.755**	1			
10 -Harvest index شاخص برداشت	0.719**	0.595**	0.524**	0.201 ns	0.666**	0.286*	0.343*	0.800**	0.755**	1		1
11 -Tassel length طول گل آذین نر	0.476**	0.590**	0.468**	-0.209 ns	0.59**	0.50**	0.182 ns	0.53**	0.212 ns	0.30 *	1	
12 -Ear length طول بلال	0.724**	0.721**	0.646**	0.064 ns	0.690**	0.513**	0.482**	0.858**	0.602**	0.684**	0.43**	

جدول ۴ - ضرایب همبستگی صفات در شرایط اعمال تنش در مرحله ۷-۶ برگی

Table 4- Correlation coefficients for trait in 6-7 leaves stage under drought stress

Trait صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 -Grain yield عملکرد دانه	1											
2 -N. of kernel تعداد دانه	0.844**	1										
3 - Plant height ارتفاع گیاه	0.625*	0.492 ns	1									
4 - Ear diameter قطر بلال	0.789**	0.739**	0.564 ns	1								
5 - depth Kernel عمق دانه	0.833**	0.749**	0.466 ns	0.74 **	1							
6-Culm diameter قطر ساقه	0.533 ns	0.318 ns	0.770**	0.388 ns	0.384 ns	1						
7-Weight of wood ear وزن چوب بلال	0.497 ns	0.307 ns	0.578*	0.395 ns	0.136 ns	0.492 ns	1					
8 -Ear weight وزن بلال	0.961**	0.823**	0.668*	0.74 **	0.815**	0.549 ns	0.543 ns	1				
9 -300 kernels weight وزن ۳۰۰ دانه	0.897**	0.539 ns	0.624*	0.621*	0.643*	0.578*	0.586*	0.835**	1			
10 -Harvest index شاخص برداشت	0.892**	0.657*	0.511 ns	0.486 ns	0.728**	0.556 ns	0.385 ns	0.844**	0.893**	1		
11 -Tassel length طول گل آذین نر	-0.512 ns	-0.195 ns	-0.600*	-0.334 ns	-0.314 ns	-0.413 ns	-0.85 **	-0.553 ns	-0.683*	-0.48 ns	1	
12 -Ear length طول بلال	0.911**	0.801**	0.684*	0.74 **	0.834**	0.580*	0.444 ns	0.975**	0.758**	0.79**	-0.45 ns	1

*,**,ns: significant at the 5%, 1% probability levels and non significant, respectively. ★ و ★★ به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns غیر معنی دار می باشند.

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات در شرایط اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه

Table 5- Correlation coefficients for trait in kernel filling stage under drought stress

Trait صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 -Grain yield عملکرد دانه	1											
2 -N. of kernel تعداد دانه	0.728**	1										
3 - Plant height ارتفاع گیاه	0.735**	0.92**	1									
4 - Ear diameter قطر بلال	-0.488 ns	-0.37 ns	-0.342 ns	1								
5 - depth Kernel عمق دانه	0.774**	0.822**	0.860**	-0.70*	1							
6-Culm diameter قطر ساقه	0.703*	0.434 ns	0.302 ns	-0.562 ns	0.452 ns	1						
7-Weight of wood ear وزن چوب بلال	0.646*	0.433 ns	0.438 ns	0.115 ns	0.230 ns	0.583*	1					
8 -Ear weight وزن بلال	0.915**	0.878**	0.919**	-0.443 ns	0.851**	0.533 ns	0.604*	1				
9 -300 kernels weight وزن ۳۰۰ دانه	0.897**	0.529 ns	0.669*	-0.386 ns	0.709**	0.468 ns	0.602*	0.843**	1			
10 -Harvest index شاخص برداشت	0.680*	0.605*	0.742**	-0.126 ns	0.611*	0.156 ns	0.45 ns	0.767**	0.814**	1		
11 -Tassel length طول گل آذین نر	0.890**	0.775**	0.755**	-0.677*	0.883**	0.780**	0.48 ns	0.841**	0.725**	0.52 ns	1	
12 -Ear length طول بلال	0.826**	0.886**	0.868**	-0.519 ns	0.845**	0.537 ns	0.54 ns	0.954**	0.739**	0.679*	0.79**	1

*,**,ns: significant at the 5%, 1% probability levels and non significant, respectively. ★ و ★★ به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns غیر معنی دار می باشند.

جدول ۶ - تجزیه رگرسیون گام به گام در متوسط شرایط تنش

Table 6- Stepwise regression analysis in average of stress conditions

صفات Trait	R	R^2	R^2adj	Std.error
وزن بلال Ear weight	0.915(a)	0.838	0.822	773.51819
ارتفاع گیاه Plant height	0.954(b)	0.910	0.890	607.16955
طول گل آذین نر Tassel length	0.975(c)	0.950	0.932	478.99172
طول بلال Ear length	0.990(d)	0.980	0.968	328.15930

جدول ۷- تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط تنش دوره ۷-۶ برگی

Table 7- Stepwise regression analysis in 6-7 leaves stage under drought stress

صفات Trait	R	R^2	R^2adj	Std.error
وزن بلال Ear weight	0.867(a)	0.751	0.746	1057.35961
قطر بلال Ear diameter	0.893(b)	0.798	0.789	964.35794
ارتفاع گیاه Plant height	0.908(c)	0.825	0.813	907.31167
قطر ساقه stem diameter	0.917(d)	0.841	0.826	874.88544
وزن چوب بلال Weight of wood ear	0.927(e)	0.860	0.843	831.66593

جدول ۸ - تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط تنش دوره پر شدن دانه

Table 8- Stepwise regression analysis in kernel filling stage under drought stress

صفات Trait	R	R^2	R^2adj	Std.error
وزن ۳۰۰ دانه 300 kernels weight	0.976(b)	0.952	0.942	521.26063
تعداد دانه N. of kernel	0.996(c)	0.992	0.989	225.25243
عمق دانه Depth Kernel	0.998(d)	0.997	0.995	157.10744

جدول ۹- تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه در متوسط شرایط تنش

Table 9- Path analysis for kernel yield in average of stress conditions

No	صفات Trait	1	2	3	4	5	Regression whit yield
1	وزن بلال Ear weight	1.038	0.03	-0.241	0.141	-0.104	0/867(**)
2	قطر بلال Ear diameter	0.143	0.22	0.016	-0.006	-0.043	0/333(*)
3	ارتفاع گیاه Plant height	0.79	-0.012	-0.316	0.135	-0.076	0/522(**)
4	قطر ساقه stem diameter	0.606	-0.005	-0.176	0.242	-0.111	0/558(**)
5	وزن چوب بلال Weight of wood ear	0.578	0.05	-0.13	0.144	-0.186	0/459(**)

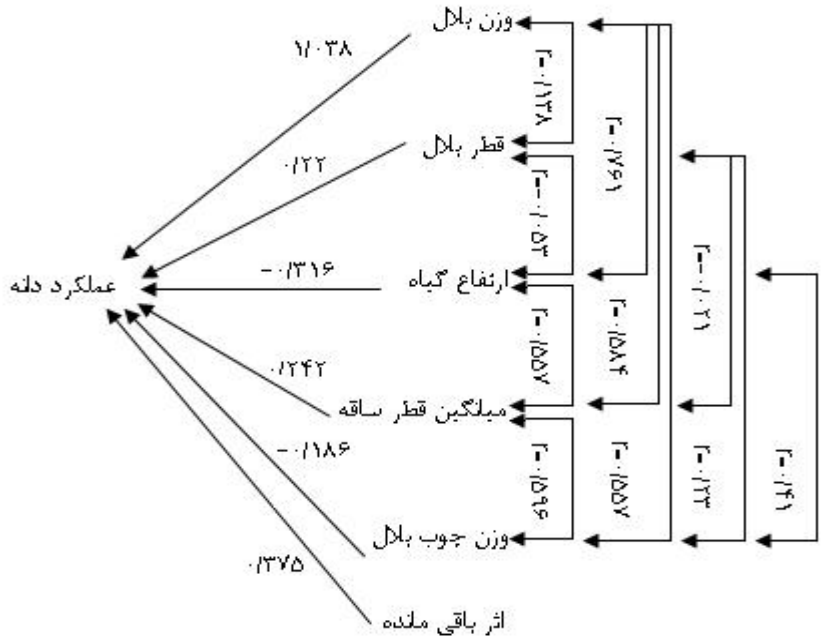
اثر باقی مانده ۰/۳۷۵ (Residual effect)

اعداد موجود در قطر نشانگر اثرات مستقیم و خارج از قطر نشانگر اثرات غیر مستقیم صفات بر روی عملکرد می باشند.

★ و ★★ به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشند.

Direct (under line) and indirect effects of traits on grain yield.

*,**,ns: significant at the 5%, 1% probability levels and non significant, respectively.



شکل ۱ – دیاگرام ضرایب علیت برای تشریح روابط بین صفات در متوسط شرایط

Figure 1- Diagram of coefficient path analysis for description between traits in average of stress conditions

جدول ۱۰– تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه در شرایط تنش ۶-۷ برگی

Table 10- Path analysis for kernel yield in 6-7 leaves stage under drought stress

No		1	2	3	4	Regression whit yield
1	**وزن بلال** Ear weight	1.768	-0.618	0.303	-0.54	0.915(**)
2	**ارتفاع گیاه** Plant height	1.625	-0.672	0.272	-0.492	0.735(**)
3	**طول گل آذین نر** Tassel length	1.487	-0.507	0.36	-0.451	0.890(**)
4	**طول بلال** Ear length	1.687	-0.583	0.287	-0.556	0.826(**)

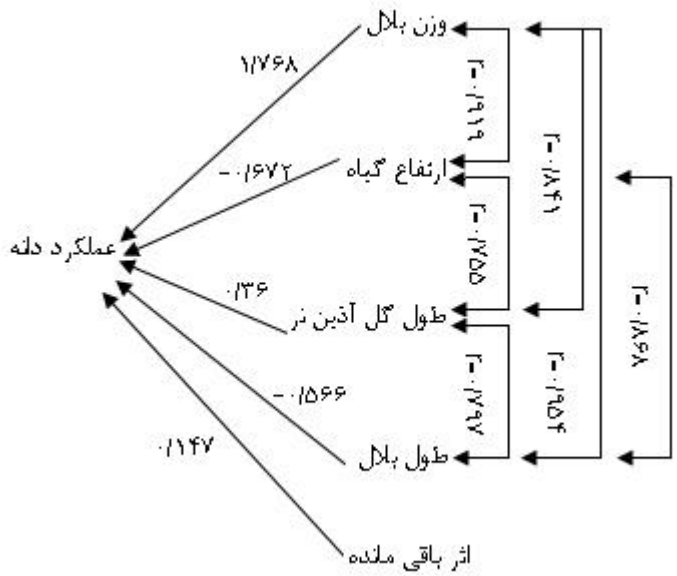
اثر باقی مانده ۰/۱۴۷(Residual effect)

اعداد موجود در قطر نشانگر اثرات مستقیم و خارج از قطر نشانگر اثرات غیر مستقیم می‌باشند.

★ و ★★ به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشند.

Direct (under line) and indirect effects of traits on grain yield.

*,**,ns: significant at the 5%, 1% probability levels and non significant, respectively.



شکل۲- دیاگرام ضرایب علیت برای تشریح روابط بین صفات در شرایط تنش ۷-۶ برگی

Figure 2 - Diagram of coefficient path analysis for description between traits in 6-7 leaves stage under drought stress

جدول ۱۱- تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه در شرایط تنش پر شدن دانه

Table 11- Path analysis for kernel yield in kernel filling stage under drought stress

No	Trait	3	2	1	Regression whit yield
1	**وزن ۳۰۰ دانه** 300 kernels weight	0.574	0.229	0.092	0.897(**)
2	**تعداد دانه** N. of kernel	0.309	0.426	0.108	0.844(**)
3	**عمق دانه** Depth Kernel	0.369	0.319	0.144	0.833(**)

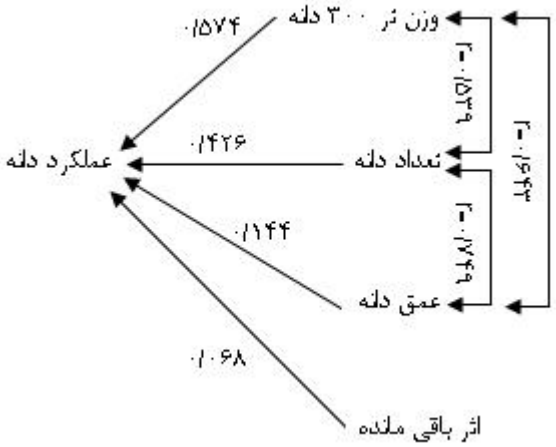
اثر باقی مانده ۰/۰۶۸(Residual effect)

اعداد موجود در قطر نشانگر اثرات مستقیم و خارج از قطر نشانگر اثرات غیر مستقیم می باشند.

★ و ★★ به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشند.

Direct (under line) and indirect effects of traits on grain yield.

*,**,ns: significant at the 5%, 1% probability levels and non significant, respectively.



شکل ۳- دیاگرام ضرایب علیت برای تشریح روابط بین صفات در شرایط تنش پر شدن دانه

Figure 3 - Diagram of coefficient path analysis for description between traits in kernel filling stage under drought stress

References منابع مورد استفاده

●Birch, C.J., M.J. Robertson, E. Humphreys, and N. Hutchins. 2003. Agronomy of maize in australia in review and prospect. in: Birch, C.J., S.R. Wilson, Versatile Maize golden Opportunities: 5th Australian Maize Conference. City Golf Club. Toowoomba. 18-20. February.

●Chase, S. and D.M. Nanda. 1967. Number of level and maturity classification in *Zea mays* (L). *Crop Science*. 7: 431-437.

●Chokan, R. 2000. Stability of grain yield and yield components of maize hybrids. *Seed and Plant Improvement Journal*. 16(3): 284-269. (In Persian).

●Colless, J.M. 1992. *Maize growing, Report.* No. p3.3.3-Agdex 111. 2nd edition, NSW Agriculture Grafton.

●Debaeke, P., and A. Abdellah. 2004. *Adaptation of crop management to water limited environments. European Journal of Agronomy*. 21: 433-446.

●Dofing, S.M., and C.V. Kinght. 1992. Alternative model for path analysis of small-grain yield. Crop Science. 32(2): 487-489.

●F.A.O. 2005. Food and agricultural organization of united nation. Rome, Italy, 51:209P.

●Farnham, D.E., G.O. Benson, and R.B. Pearce. 2003. Corn perspective and culture, chapter 1. In: P.J. White, L.A. Johnson, eds. Corn: Chemistry and Technology. Edition 2nd. American Association of Cereal Chemicals. Inc. St. Paul. Minnesota. USA. PP.33.

●Fatemi, R., B. Kahraryan, A. Ghanbary, and M. Valizadeh. 2006. The evaluation of

different irrigation regimes and water requirement on yield and yield component of corn. Journal of Agricultural Science. 1: 133-141. (In Persian).

●Ibrahim, M.Z., and A.E. Nermin. 2001. Response of tow differentially drought tolerant varieties of maize to drought stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 4(7): 779-784.

●Lauer, J. 2006. Concerns about drought as corn pollination begins. Field Crops. 28: 439-442.

●Ogtr. 2008. The biology of zea mays l.ssp mays (maize or corn). For Information on the Australian Government Office of the Gene Technology Regulator Visit.

●Rafiee, M., M. Karaimi, G. Nurmohamadi, and H.A. Nadian. 2004. Investigation of traits correlations and path analysis of corn (*Zea mays* L.) seed yield in different treatments of drought stress. *Agriculture Research.* 4(2): 43-48. (In Persian).

●Rosegrant, M.W., X. Cai, S. Cline, and N. Nakagawa. 2002. The role of rainfed agriculture in the future of global food production. EPTD Discussion Paper No. 90 (February). Environment and production technology division, international food policy research institute (IFPRI). Washington, D.C. USA.

●Saxena, N.P., and C.O. John. 2002. Field screening for srought tolerance in crop plants with emphasis on rice. ICRISAT. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

●Shoa Hosseyni, S.M., M. Farsi, and S. Khavari Khorasani. 2008. Investigation of water deficit stress effect on yield and yield components using path analysis. *Journal of Agriculture Science*. 18(1): 71-85. (In Persian).

●Vaezi, SH., C. Abd mishani, B. Yazdai- Samadi and M.R. Ghannadha. 2000. Correlation and path analysis of yield and its components in maize. Iranian journal of Agricultural Science. 31(1): 71-83. (In Persian).

●Yazdandoost Hamedani, M. and A. Rezai. 2001. A study of morphological and physiological basis of corn yield through path analysis. Iranian journal of Agricultural Science. 32(3): 671-680. (In Persian).

Effect of Water Deficit Stress on Yield and Yield Components in Corn Using Path Analysis

Momeni, Y.[1]*, and H. Monirifar[2]

Received: February 2012, Accepted: 21 May 2013

Abstract

This experiment was conducted to study the effects of water deficit stress on yield and yield components of four corn hybrids. The experiment was laid out in split plot using randomized complete block design with three replications. This experiment was carried out at east Azarbayjan Agriculture and Natural Resources Research Center in 2008. Treatments consisted of four irrigation levels (without stress, water stress at 6-7 leaves stage, stress at anthesis stage and stress at kernel filling stage) as main plots, and four corn hybrids (single crosses 704, 604, 500 and double cross 370) as sub-plots. Results of data analysis revealed that in general, most of the traits under stress conditions had negative and significant correlation whit grain yield. Results of stepwise regression and path analysis showed that under average conditions, selection for higher ear weight may improve yielding ability of selected genotypes. Under average conditions ear weight had greatest positive direct effect on grain yield, and positive indirect effects through ear diameter, plant high, mean stem diameter and cob weight on grain yield. Water deficit stress at 6-7 leaves stage, ear weight had greatest positive direct effect on grain yield and indirect effects through plant height, length of tassel and ear length on grain yield. Water deficit at kernel filling stage 300-kernel weight had greatest positive direct effect on grain yield, and positive in direct effects through number of grain and kernel depth on grain yield.

Key words: Corn, Drought stress, Path analysis, Yield.

1- Plant Breeding Msc. Student of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research center, West Azarbaijan,Iran
***Corresponding Author:** momeni.yaser@yahoo.com*