Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۲۷۶-۲۶۷)

بررسی ترکیب‌های متفاوت نیتروژن و روی بر ذرت با استفاده از تجزیهٔ علیّت عملکرد و سرعت پر شدن دانه

لیلا شافع[1*] و مهری صفاری[2]
۱ و ۲. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد و دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۲/۱۳)

چکیده

این پژوهش به‌منظور ارزیابی روند اثرپذیری عملکرد دانه از اجزای آن، با ترکیب‌های متفاوت نیتروژن و روی، از طریق تجزیهٔ علیّت و ارزیابی روند سرعت پر شدن دانه در گیاه ذرت انجام شد و آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات و در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز، اجرا شد. ارقام مورد استفاده، شامل دورگ (هیبریدهای) ۷۰۴دیررس و۵۴۰ متوسط‌رس، در کرت‌های اصلی کاشته‌شده و کودهای نیتروژن و روی در کرت‌های فرعی اعمال شدند. براساس نتایج تجزیهٔ علیّت در ترکیب‌های تیماری دارای بیشینهٔ عملکرد دانه، در تیمار اول، ۱۲۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵کیلوگرم در هکتار روی، وزن هزاردانه بیشترین تأثیر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشت (۰/۹۶). همچنین در دو تیمار دیگر، ۴۰۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدون روی و۲۶۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۰کیلوگرم در هکتار روی، تأثیر شمار ردیف دانه بر عملکرد بالاترین تأثیر را داشت (۱/۰۰۳) و (۰/۳۴۱) که در نتیجه بالاترین تأثیرپذیری را از تیمارهای کودی نیتروژن و روی داشته‌اند. افزون بر این از بین ترکیب‌های مختلف کودی، تیمار ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۵ کیلوگرم کود روی درهکتار، بیشترین سرعت پر شدن دانه را به میزان ۳/۱۹ گرم در مترمربع در روز ایجاد کرد. به‌طورکلی در این پژوهش، اثرپذیری عملکرد دانهٔ ذرت، از تیمارهای ترکیبی نیتروژن و روی، با ارزیابی تجزیهٔ علیّت و بررسی سرعت پر شدن دانه‌ها در سطح مزرعه به‌طور کامل مشهود بوده، که این آزمون می‌تواند راهگشای دیگر تجزیه و تحلیل‌های کارایی عناصر غذایی در کشتزارها در آینده باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیهٔ علیّت، روی، سرعت پر شدن دانه، نیتروژن.

مقدمه

یکی از روش‌های بسیار سودمند و کاربردی برای تجزیهٔ همبستگی‌های ژنتیکی و رخ‌نمون (فنوتیپی) و پی بردن به اثرگذاری‌های مستقیم و غیرمستقیم، استفاده از ضریب علیّت است. تجزیهٔ علیّت یکی از روش‌های بررسی اصل علیّت در میان مجموعه‌ای از متغیرها است و همبستگی بین متغیرها را به اثرگذاری‌های مستقیم و غیرمستقیم تجزیه می‌کند. از جمله فرض‌های تجزیهٔ علیّت این‌است‌که؛ رابطه بین متغیرها خطی و جمع‌پذیر است، اثرگذاریهای باقی‌مانده بدون همبستگی با یکدیگر هستند، علیّت یک‌جهته است و علیّت معکوس وجود ندارد (Farshadfar, 1998; Duvick, 2005). متغیرهای مشاهده‌شده بدون اشتباه اندازه‌گیری می‌شوند و در مدل، علّت تامه وجود دارد یعنی علت‌های دیگر در کار

* تلفن همراه: ۰۹۱۷۳۱۲۴۷۲۷، فکس:۰۳۴۱۳۲۰۲۶۴۲
E-mail: leila.shafea@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

نیست. ضریب علیّت تأثیر مستقیم علت را بر روی معلول نشان می‌دهد و به‌طور معمول با p_{ij} نشان داده می‌شود که در آن i یعنی معلول (متغیر وابسته) و j یعنی علت (متغیر مستقل) هستند. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که ضریب علیّت نسبت بین انحراف معیار معلول یک علت یعنی به کل انحراف معیار معلول است (Farshadfar, 1998; Reddy *et al*., 2013).

از نظر گیاه‌شناسی، ذرت گیاهی تک‌لپه و یک‌ساله از خانوادهٔ غلات (گرامینه یا پوآسه) است که دارای تنوع رخ‌نمون بسیار زیادی است و پس از گندم و برنج، مهم‌ترین مادهٔ‌غذایی جهان را تشکیل می‌دهد (Emam, 2011). ذرت گیاهی تندرشد است و با توجه به عامل‌هایی مانند بافت خاک، تناوب زراعی، شرایط جوّی و رقم مورد استفاده که دانه‌ای یا علوفه‌ای باشد، نیازهای غذایی مختلف و زیادی دارد که بایستی در طی دورهٔ رشد تأمین شوند (Malakooti & Riazihamedani, 1991). ازجمله این نیازها می‌توان به نیتروژن اشاره کرد که مهم‌ترین عنصر پرمصرف است و در ساختمان مولکول‌های پروتیینی متنوع، آنزیم‌ها، کوانزیم‌ها، اسیدهای نوکلییک و سیتوکروم‌ها نقش دارد (Regina, 2008; Kumar *et al*., 2013). کمبود نیتروژن در گیاه می‌تواند منجر به باریکی و اغلب چوبی شدن ساقه شود. این چوبی شدن ممکن است ناشی از ساخت بیش از حد کربوهیدرات‌ها باشد، چرا که این مواد، دیگر نمی‌توانند در ساخت اسیدهای آمینه یا دیگر ترکیب‌های نیتروژن‌دار مورد استفاده قرار گیرند. ساختمان‌های اسکلتی کربوهیدرات که در سوخت‌وساز (متابولیسم) نیتروژن به کار نرفته‌اند، می‌توانند برای تولید آنتوسیانین به‌کار روند که این امر منجر به تجمع این رنگ‌دانه و ظهور رنگ ارغوانی در برگ‌ها، دم‌برگ‌ها و ساقه‌های بعضی از گیاهان مانند گوجه‌فرنگی و بعضی از ارقام ذرت می‌شود (Kafi *et al*., 2002). این عنصر همچنین یک جزء ساختمانی اسیدهای آمینه، آمیدها، بازهای نیتروژنی مانند پورین و پروتیین‌ها و نوکلئوپروتیین‌هاست. آنزیم‌ها دارای یک زنجیرهٔ طویل که مجموعه‌ای از مولکول‌های پروتیین و یک گروه فعال غیرپروتیینی که به‌طورعمده یک عنصر کم‌مصرف است، هستند (Larson *et al*., 2001; Kumar *et al*., 2013).

نتایج بررسی روی نیازهای کودی ذرت در خاک‌های نیوجرسی نشان داد که نیازهای کودی برای تولید ذرت به آزمایش خاک منطقهٔ مورد بررسی بستگی دارد. از عامل‌های مؤثر بر روی میزان پروتیین دانهٔ ذرت این‌است که کود نیتروژن‌دار در چند مرحله پخش شود. در این حالت میزان مواد پروتیینی دانه به مراتب بیشتر از هنگامی است که کود نیتروژنه تنها در هنگام کاشت پخش شود (Yi *et al*., 2008; Grassini *et al*., 2015). همچنین در گزارشی توسط Hoetf (2004)، در آمریکا آمده که جذب بیشتر از نصف نیتروژن و فسفر و ۸۰درصد میزان پتاسیم توسط ذرت پیش از رسیدن به مرحلهٔ زایشی رخ می‌دهد و اگر این کود به صورت سرک به کار برده شود بیشتر در عملکرد مؤثر است (Hoetf, 2004). دراین تحقیق در سال ۲۰۰۴، کوددهی با یک نوار مستقرشده در ۵ سانتی‌متری کنار و زیر بذر انجام شد و نسبت N/P/K به صورت ۱:۴:۲ برقرار شد و نیتروژن به دو صورت نیترات و آمونیوم آنهیدراز در عمق ۱۵-۲۰ سانتی‌متری تزریق شد، مشاهده‌شد که مناسب‌ترین فرم برای ذرت که در افزایش عملکرد مؤثر است، شکل آمونیوم آنهیدراز است (Hoetf, 2004). در مورد ذرت، تمایل به جذب نیتروژن به شکل نیترات و آمونیوم تاحدودی یکسان است و تغییرات مختلف نیتروژن در خاک، وضعیت این عنصر غذایی را از هنگام کشت ذرت تا هنگامی‌که جذب آن توسط گیاه به بیشینه می‌رسد، تغییر می‌دهد (Yi *et al*., 2008; Grassini *et al*., 2015). ذرت ممکن است از هر دو شکل نیتروژن نیتراتی و آمونیومی استفاده کند و آنها را به صورت اسیدهای آمینه درآورد، با این توصیف که نیتروژن آمونیومی سریع‌تر از نیتراتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، در صورت مصرف آمونیوم، به دلیل حفظ توازن بین نسبت کاتیون و آنیون، گیاه کاتیون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم را کمتر جذب می‌کند (Yi *et al*., 2008).

از جمله دیگر نیازهای مبرم غذایی ذرت عناصر کم‌مصرف است که این عناصر ۴ درصد کل کودهای مصرفی را در جهان تشکیل می‌دهند، اما در ایران این نسبت در حدود ۰/۱۷ درصد است. مصرف خاکی و برگی عناصر ریزمغذی آهن، روی، منگنز و مس در امر

www.SID.ir

Archive of SID

تغذیهٔ ذرت باعث افزایش عملکرد علوفه و نیز عملکرد دانه می‌شود که در این بین نقش آهن و روی در افزایش عملکرد بیش از نقش منگنز و مس است. روی از مهم‌ترین عناصر کم‌مصرف است که برای فعالیت‌های سوخت‌وسازی (متابولیکی) در گیاهان ضروری است (Regina, 2008).

روی، یکی از اجزای اساسی هزاران پروتیین در گیاهان به شمار می‌رود، که از سوی دیگر به کارگیری مقادیر زیاد آن ایجاد سمیّت می‌کند. این عنصر تشکیل‌دهنده شمار زیادی از نمک‌ها نیز است؛ از جمله هالیدها، سولفات‌ها و سیانیدها (Ranjan, 2003). کمبود روی به وسیلهٔ کاهش رشد میانگره‌ها و در نتیجه ایجاد حالت وردمانی (روزت) در رشد گیاه مشخص می‌شود. در این شرایط برگ‌ها به حالت کوچک و غیرطبیعی با حاشیهٔ چروکیده در می‌آیند. این نشانه‌ها می‌تواند ناشی از نبود تولید کافی هورمون ایندول‌استیک اسید باشد. در گیاهانی مانند ذرت و یا لوبیا سبزردی (کلروز) بین رگبرگی و درپی آن لکه‌های سفیدرنگ بافت‌مردگی (نکروزه) در برگ‌های مسن‌تر به‌وجود می‌آید. این سبزردی ممکن است دلیلی بر نیاز گیاه به روی، برای زیست‌ساخت سبزینه (بیوسنتز کلروفیل) باشد (Kafi *et al.*, 2002). این عنصر کم‌مصرف برای ساخته‌شدن تریپتوفان هم لازم است. چون تریپتوفان همچنین مادهٔ مورد نیاز در ساخت اسید ایندول‌استیک است. کمبود روی همبستگی نزدیکی با جلوگیری از ساخته شدن RNA نیز دارد (Broudly *et al.*, 2007). گیاهانی که از کمبود روی رنج می‌برند اغلب در نواحی میان رگبرگ‌ها زردی نشان می‌دهند. این نواحی به رنگ سبز پریده، زرد یا حتی سفید دیده‌می‌شود (Regina, 2008). در تک‌لپه‌ها و به‌ویژه ذرت، نوارهایی در دو طرف رگبرگ اصلی در تأثیر کمبود روی پدید می‌آید چرا که ذرت از جمله گیاهانی است که نسبت به کمبود روی حساس است (Larson *et al.*, 2001).

نقش و تأثیر نیتروژن در میزان جذب روی در گیاهان زراعی مختلف، توسط افزایش رشد گیاهان و همچنین تغییر pH محیط ریشه‌هایشان مشخص می‌شود (Baivordi, 2006). درخاک‌ها، زیادی نیتروژن عامل عمدهٔ محدودکنندهٔ رشد و عملکرد است و بنابراین برهمکنش‌های مثبت ناشی از کاربرد کودهای نیتروژن‌دار با کود روی بر عملکرد و محصول گیاهان زراعی، در چنین مناطقی اغلب سودمند واقع می‌شود و بیشتر گیاهان زراعی به کاربرد هم‌زمان روی و نیتروژن، واکنش مثبت نشان می‌دهند (Baivordi, 2006). کاربرد نیتروژن در نبود روی می‌تواند در گیاه به کمبود روی همراه با کاهش روند رشد کمی وکیفی آن منجر شود، در صورتی‌که با حضور روی رشد افزایش می‌یابد. کودهای نیتروژنه مانند سولفات آمونیوم $(NH_4)_2SO_4$ می‌توانند تأثیر اسیدی روی خاک داشته باشند و همچنین منجر به افزایش قابلیت استفاده روی برای گیاهان زراعی شوند، در صورتی‌که کودهایی مانند $Ca(NO_3)_2$ در صورت استفاده، می‌توانند pH خاک را افزایش داده و قابلیت استفاده روی را کاهش دهند (Baivordi, 2006). براساس گزارش کریمیان، مصرف نیتروژن، غلظت و جذب روی را در گیاه ذرت افزایش داده است (Karimian, 1995).

در ذرت، مرحلهٔ پرشدن دانه از سه دوره تشکیل شده است، نخستین دوره از ظهور کاکل آغاز می‌شود و تا هنگامی‌که بیشینهٔ رشد دانه صورت گیرد به طول می‌انجامد. دومین دوره شامل افزایش وزن دانه طی دورهٔ رشد است که خطی بوده و سومین مرحله که تا رسیدن کامل دانه ادامه دارد. در دوره‌های اول و سوم پر شدن دانه، رشد کند است و در دورهٔ دوم رشد دانه تسریع می‌شود (Corke & Kannenberg, 1989; Maafpourian, 1994). وزن دانه بسته به محل قرارگرفتن آن روی بلال فرق می‌کند. دانه‌های سبک بیشتر در قسمت انتهایی بلال قرار داشته و ممکن است تا حدود ۲۰ درصد با میانگین وزن دانه‌ها اختلاف داشته باشند، در این رابطه شاید ویژگی‌های مربوط به رقم هم نقش داشته باشد. شرایط نامساعد در زمان پر شدن دانه، وزن دانه‌هایی را که در نوک بلال تشکیل شده‌اند کاهش می‌دهد. همچنین بیشینهٔ وزن خشک دانه به هنگام رسیدن فیزیولوژیکی به‌دست می‌آید. در این مرحله دانه دارای ۶۵درصد مادهٔ خشک است و وجود لایهٔ سیاه در قاعدهٔ آن نشانهٔ رسیدگی است (Corke & Kannenberg, 1989; Maafpourian, 1994).

هدف از این پژوهش بررسی میزان عملکرد دانه، از

www.SID.ir

Archive of SID

طریق تجزیهٔ علیّت، در ترکیب‌های کودی نیتروژن و روی با بیشینهٔ عملکرد، در ذرت و ارزیابی روند سرعت پر شدن دانه در همهٔ ترکیب‌های مختلف نیتروژن و روی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و در مساحت ۶۴۰ مترمربع، در منطقهٔ باجگاه (مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز)، در استان فارس اجرا شد. ارقام مورد استفاده، دورگ‌های ۷۰۴ و ۵۴۰، در کرت‌های اصلی کاشته‌شده و کودهای نیتروژن و روی در کرت‌های فرعی اعمال شدند. دورگ ۷۰۴ دیررس و دورگ ۵۴۰ متوسط رس است. در این طرح سه سطح کود نیتروژنه (اوره) به میزان ۱۲۰، ۲۶۰، ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت سرک در طی فصل رشد و سه سطح روی به صورت سولفات‌روی به میزان ۰، ۱۵، ۳۰ کیلوگرم در هکتار درنظر گرفته‌شد. کودها به روش خاک مصرف به زمین داده شدند. اندازهٔ کرت‌ها ۵×۳ مترمربع، فاصلهٔ خطوط ۷۵ سانتی‌متر و فاصلهٔ دو بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت به صورت یکسان بود. مراقبت‌های زراعی متعارف شامل آبیاری و وجین علف‌های هرز و غیره در طول فصل کشت انجام شد. عملکرد دانه برای سطحی معادل ۲ مترمربع از دو ردیف میانی هر کرت و با رعایت حاشیه تعیین شد و بر مبنای ۱۴ درصد رطوبت تنظیم شد. پس از برآورد عملکرد دانه، تیمارهایی که بالاترین میزان را نشان دادند مشخص شده و از طریق تجزیهٔ علیّت و با استفاده از نرم‌افزار Path analysis، بررسی شدند. همچنین سرعت پر شدن دانه با استفاده از نرم‌افزار SAS در تیمارهای مختلف ارزیابی شد.

جدول۱. ویژگی‌های خاک محل آزمایش

Soil texture	Organic matter (%)	pH	E.C ($ds.m^{-1}$)	Nitrogen (%)	Potassium ($mg.\ kg^{-1}$)	Phosphorous ($mg.\ kg^{-1}$)	Zinc ($mg.\ kg^{-1}$)
Clay loam	۱/۴	۷/۴	۰/۴۳	۰/۱۱	۲۶۴	۲۳/۷	۰/۵

نتایج و بحث

برای بررسی میزان عملکرد دانه، از طریق تجزیهٔ علیّت، تیمارهایی که دارای بیشینهٔ عملکرد دانه بودند ارزیابی شدند. همچنین با توجه به جدول ۲، آثار ارقام و تأثیر متقابل نیتروژن و روی بر عملکرد دانهٔ ذرت معنی‌دار بوده که براین اساس دیگر مراحل آماری پژوهش از جمله تجزیهٔ علیّت، ارزیابی شده است.

بنابر نتایج تجزیهٔ علیّت در تیمار (۱۲۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵ کیلوگرم در هکتار روی)، صفت وزن هزاردانه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد داشته‌است (۰/۹۶). پس از آن صفت شمار ردیف (۰/۷۳۳) و کمترین تأثیر مستقیم را صفت شمار دانه در ردیف (۰/۵۳۶-) نشان داد. صفت وزن هزاردانه بیشترین تأثیر غیرمستقیم مثبت را از طریق شمار دانه در ردیف (۰/۶۷۱) در برداشت و صفت شمار ردیف بیشترین تأثیر غیرمستقیم منفی را از طریق شمار دانه در ردیف (۰/۵۳۶) نشان داد که با توجه به همبستگی منفی بین شمار ردیف و وزن هزاردانه (۰/۱۸۹) قابل توجیه است. بدین معنی که با افزایش شمار ردیف شمار دانه‌ها بیشتر، وزن آنها کاهش و در نتیجه وزن هزاردانه کاهش می‌یابد. در این تیمار ضریب تبیین ($1-U^2$) برابر با ۰/۸۸ بود که برابر با مجموع کل میزان واریانس‌ها و کوواریانس‌های ناشی از متغیرهای مستقل درمدل رگرسیون چندگانه است. براساس نتایج، در تیمار (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدون روی)، صفت شمار ردیف، بیشترین تأثیر مستقیم (۱/۰۰۳) را بر عملکرد داشته است. پس از آن وزن هزاردانه (۰/۶۹۹) و در نهایت صفت شمار دانه در ردیف کمترین تأثیر مستقیم (۰/۳۲۱-) را بر عملکرد داشته است. صفت شمار ردیف از طریق وزن هزاردانه بیشترین تأثیر غیرمستقیم مثبت (۰/۳۵۲) را بر عملکرد داشته است. همچنین صفت وزن هزاردانه از طریق شمار دانه در ردیف بیشترین تأثیر غیرمستقیم منفی (۰/۳۷۳-) را بر عملکرد دربرداشت. با توجه به همبستگی مثبت بین وزن هزاردانه و شمار ردیف دانه می‌توان نتیجه گرفت که در این تیمار بر عکس حالت پیش (۱۲۰ کیلوگرم

www.SID.ir

Archive of SID

در هکتار نیتروژن و ۱۵ کیلوگرم در هکتار روی)، افزایش شمار ردیف بلال به افزایش وزن هزاردانه منجر شده است. در این تیمار با توجه به اینکه بین وزن هزاردانه با شمار ردیف و همچنین با شمار دانه در ردیف همبستگی مثبت وجود دارد این نتیجه قابل توجیه است. در این تیمار ضریب تبیین ($1-U^2$) برابر با ۰/۹۵ بود . با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس، در تیمار (۲۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۰ کیلوگرم در هکتار روی)، بیشترین تأثیر مستقیم بر عملکرد را صفت شمار ردیف دانه دربرداشته است. پس از آن وزن هزاردانه (۰/۸۲۴-) و در آخر صفت شمار دانه در ردیف (۰/۰۵۵-) کمترین تأثیر را بر عملکرد داشته‌اند. صفت وزن هزاردانه از طریق شمار دانه در ردیف (۰/۶۵۱) بیشترین تأثیر غیرمستقیم مثبت را بر عملکرد نشان داد و صفت شمار دانه در ردیف از طریق شمار ردیف (۰/۰۰۹-) کمترین تأثیر غیرمستقیم را بر عملکرد دربرداشت. با توجه به همبستگی منفی بین وزن هزاردانه و شمار دانه در ردیف، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش شمار دانه‌ها و در نتیجه کوچک‌تر شدن آنها وزن هزاردانه کاهش یافته است. همچنین بین وزن هزاردانه و شمار ردیف همبستگی منفی وجود داشته که نشان می‌دهد در صورت افزایش شمار ردیف وزن هزاردانه کاهش می‌یابد. در این تیمار ضریب تبیین ($1-U^2$) برابر با ۰/۸۴ بود. به‌طورکلی بهبود عملکرد دورگ‌های جدید ذرت نسبت به دورگ‌های قدیمی را به تجمع بیشتر مادهٔ خشک و افزایش شمار دانه در گیاه نسبت داده‌اند، به‌طوری‌که همبستگی مثبت بین شمار دانه و عملکرد دانه در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. براساس نتایج تجزیهٔ علیّت در تیمار اول وزن هزاردانه بیشترین تأثیر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشت (۰/۹۶). تأثیر مستقیم شمار ردیف نیز مثبت و معنی‌دار بود (۰/۷۳۳)، در حالی‌که شمار دانه در ردیف تأثیر منفی بر عملکرد داشت (۰/۵۳۶-). بنابراین از نظر اصلاحی، وزن هزاردانه بالاترین توان بالقوه یا ظرفیت (پتانسیل) را برای افزایش عملکرد دارد و بنابراین بالاترین تأثیرپذیری را از تیمارهای کودی نیتروژن و روی دارد و به همین شکل در تیمار دوم تأثیر مستقیم شمار ردیف بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد دارد (۱/۰۰۳) و در تیمار سوم نیز شمار ردیف دانه بر عملکرد بالاترین تأثیر را دارد (۰/۳۴۱) که به‌طورکلی در این دو تیمار از دیدگاه اصلاح نباتات، شمار ردیف دانه بیشترین تأثیر را داشته است که درنتیجه بالاترین تأثیرپذیری را از تیمارهای کودی نیتروژن و روی داشته‌اند.

جدول ۲. جدول تجزیهٔ واریانس

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	شمار دانه در ردیف	شمار ردیف	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۳۸/۳۷	۱۶/۰۵**	۲۳۹۵/۱۲	۴/۶۳
نیتروژن	۲	۲۸/۳۷	۱/۵۷	۸۹۹۸/۵۷*	۱۹/۹
روی	۲	۸۴/۸۵	۰/۳۷	۵۱۹۴/۴۶*	۱/۹۶
نیتروژن × روی	۴	۶۴/۳۵	۹/۰۷**	۲۷۶۷/۹۶	۲۶/۰۹*
خطا	۱۶	۳۰/۸۶	۱/۸	۱۴۸۴/۱۹	۷/۰۱
رقم	۱	۲/۱۲	۵/۰۷	۹۰/۷۴	۹۸/۶۲*
رقم × نیتروژن	۲	۰/۸۱	۲/۰۱	۵۱۵/۹	۱۸/۸۱
رقم × روی	۲	۵۰/۲۲	۲/۰۱	۶۲۴۲/۵۷	۸/۷۸
رقم × روی × نیتروژن	۴	۹۰/۱۸*	۰/۴۷	۲۱۴۷/۴	۲۷/۴۱
ضریب تغییرات		۱۱/۴۴	۱۱/۷۸	۲۵/۳۹	۲۳/۸۷

براساس نتایج به‌دست‌آمده از محاسبهٔ سرعت پر شدن دانه در ترکیب‌های مختلف کودی، بیشترین میزان سرعت پر شدن دانه، مربوط به تیمار سطح اول نیتروژن و سطح دوم روی (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۱۵ کیلوگرم در هکتار کود روی) است. در این ترکیب کودی میزان عملکرد دانه، ۱۵/۵۱تن در هکتار برآورد شده است که این میزان عملکرد در ذرت دانه‌ای قابل توجه است و بیانگر برهمکنش مثبت و مؤثر این دو نوع کود ضروری

www.SID.ir

Archive of SID

جهت کشت ذرت است. افزون‌براین سرعت پر شدن دانه در دورگ ۷۰۴، ۱/۴۳ گرم بر مترمربع در روز و در دورگ ۵۴۰، ۲/۱۹ گرم بر مترمربع در روز محاسبه شده‌است که در نتیجه رقم متوسطرس ۵۴۰ نسبت به رقم دیررس ۷۰۴ سرعت تجمع مواد پروردهٔ بیشتری را در دانه‌ها نشان داد که این نتیجه با نتایج پژوهش مربوط به عملکرد دورگ‌های متوسطرس نسبت به دیررس در استان فارس همخوانی دارد (Bahrani & Mesgarbashi, 1993).

جدول ۳. ضریب‌های علیّت

	(۱۲۰kg/ha نیتروژن و ۱۵kg/ha روی) تیمار اول	(۴۰۰kg/ha نیتروژن بدون روی) تیمار دوم	(۲۶۰kg/ha نیتروژن و ۳۰kg/ha روی) تیمار سوم
تأثیر مستقیم شمار ردیف	۰/۷۳۳	۱/۰۰۳	۰/۳۴۱
تأثیر غیرمستقیم از طریق شمار دانه در ردیف	۰/۳۹۱	۰/۰۶۵	-۰/۰۰۹
تأثیر غیرمستقیم از طریق وزن هزاردانه	-۰/۱۸۲	-۰/۲۴۶	۰/۱۷۲
کل	۰/۹۴۳	۰/۶۹۴	۰/۵۰۵
تأثیر مستقیم شمار دانه در ردیف	-۰/۵۳۶	-۰/۳۲۱	-۰/۰۵۵
تأثیر غیرمستقیم از طریق شمار ردیف	-۰/۵۳۶	۰/۲۰۱	۰/۰۵۵
تأثیر غیرمستقیم از طریق وزن هزاردانه	۰/۶۷۱	-۰/۳۷۳	۰/۶۵۱
کل	-۰/۴۰۱	-۰/۴۹۱	۰/۶۵۲
تأثیر مستقیم وزن هزار دانه	۰/۹۶	-۰/۶۹۹	-۰/۸۲۴
تأثیر غیر مستقیم از طریق شمار ردیف	-۰/۱۳۹	۰/۳۵۲	-۰/۰۷۲
تأثیر غیرمستقیم از طریق شمار دانه در ردیف	-۰/۳۱۵	-۰/۱۷۱	۰/۰۴۳
کل	۰/۴۴۶	-۰/۵۱۸	-۰/۸۵۲
تأثیر باقی‌مانده	-۰/۳۳۶	-۰/۲۱۵	۰/۴۰۱

وزن بیشتر دانه با پر شدن سریع‌تر دانه‌ها و طولانی کردن این جریان همراه است (Saeedi, 2008). همچنین با توجه به نتایج تحقیقات پیشین، بیشینه تنوع عملکرد دورگ‌ها را می‌توان به سرعت پر شدن دانه نسبت داد و طول دورهٔ پر شدن دانه در درجهٔ بعدی اهمیت قرار می‌گیرد (Yazdandoost & Rezaie, 2001). باتوجه به اینکه سرعت پرشدن دانه وابسته به دورهٔ پیش از کاکل‌دهی و متأثر از اندازهٔ منبع و فراهمی مواد پرورده است، بنابراین کاهش طول دوره پیش از کاکل‌دهی نسبت به دورهٔ پر شدن دانه می‌تواند یک برتری در افزایش عملکرد باشد. بهبود عملکرد دورگ‌های جدید ذرت نسبت به دورگ‌های قدیمی را به تجمع بیشتر مادهٔ خشک و افزایش شمار دانه نسبت داده‌اند. همچنین همبستگی مثبت بین شمار دانه و عملکرد دانه در دیگر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است. دورگ‌هایی که سرعت رشد بالاتری داشته‌اند، شمار دانهٔ بیشتری نیز تولید کرده‌اند (Seyyedi, 1999). براساس این تحقیقات سرعت پر شدن دانه ارتباط مستقیمی با میزان عملکرد دانه دارد که با نتیجهٔ این پژوهش نیز همخوان است. افزون‌براین سرعت رشد بیشتر بیانگر تولید بیشتر مواد پرورده در گیاه بوده و با وزن دانه نیز مرتبط است. در پژوهشی که توسط کرک و انجام شد نیز به همبستگی مثبت وزن دانه و عملکرد دانه اشاره شده است (Corke & Kannenberg, 1989). وزن دانه طی دورهٔ پرشدن دانه و در نتیجهٔ تجمع مواد پرورده در دانه‌ها تعیین می‌شود (Noormohammadi *et al.*, 2001). براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های پیشین و این پژوهش، وزن دانه طی دورهٔ پرشدن دانه و در نتیجهٔ تجمع مواد پرورده در دانه‌ها تعیین می‌شود. شمار دانه و سرعت پر شدن دانه هر دو محصول فراهمی مواد پرورده بوده و بنابراین می‌توان انتظار داشت که سرعت

www.SID.ir

Archive of SID

پر شدن دانه تأثیر مستقیمی بر میزان عملکرد دانه دارد (Yazdandoost & Rezaie, 2001). دورهٔ پر شدن دانه ممکن است به صورت غیرمستقیم و از طریق روابط معلول با دیگر متغیرها با محصول ارتباط داشته باشد. زمان پر شدن دانه براساس دوام مدت رشد فعال آن متغیر است و بسته به ژن‌نمون، نوع ذرت و شرایط محیطی سی تا شصت روز طول می‌کشد. نیتروژن در اوایل رشد زایشی و در مرحلهٔ پر شدن بلال در آن تجمع می‌یابد و باعث پر شدن دانه‌ها و افزایش شمار دانه‌ها و طول بلال می‌شود که این امر باعث تأثیر بر فرآیندهای زایشی و سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها و دیگر مواد می‌شود (Bahrani & Mesgarbashi, 1993). تغذیهٔ گیاه با روی، به دلیل افزایش ذخیرهٔ هیدروکربن در دانهٔ گرده، باعث افزایش طول عمر دانهٔ گرده شده و در نتیجه منجر به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل شمار بیشتری دانه در بلال می‌شود (Masoni *et al.*, 1996). با توجه به جدول ۴، بیشترین سرعت پرشدن دانه مربوط به ترکیب سطح اول نیتروژن- سطح دوم روی به میزان ۳/۱۹ گرم در مترمربع در روز است. سرعت پر شدن دانه در دورگ ۷۰۴، ۱/۴۳ گرم بر مترمربع در روز و در دورگ ۵۴۰، ۲/۱۹ گرم بر مترمربع در روز بود. افزون‌براین، دورگ متوسطرس ۵۴۰ نسبت به دورگ دیررس ۷۰۴ سرعت تجمع مواد پروردهٔ بیشتری را در دانه‌ها نشان داد.

جدول ۴. میزان سرعت پر شدن دانه در تیمارهای مختلف

تیمارهای کودی	N_1Z_1	N_1Z_2	N_1Z_3	N_2Z_1	N_2Z_2	N_2Z_3	N_3Z_1	N_3Z_2	N_3Z_3
گرم/ مترمربع/ روز	۲/۳۴	۳/۱۹	۲/۰۳	۲/۷۶	۲/۰۴	۰/۵	۲/۳۷	۱/۹۴	۱/۱۲

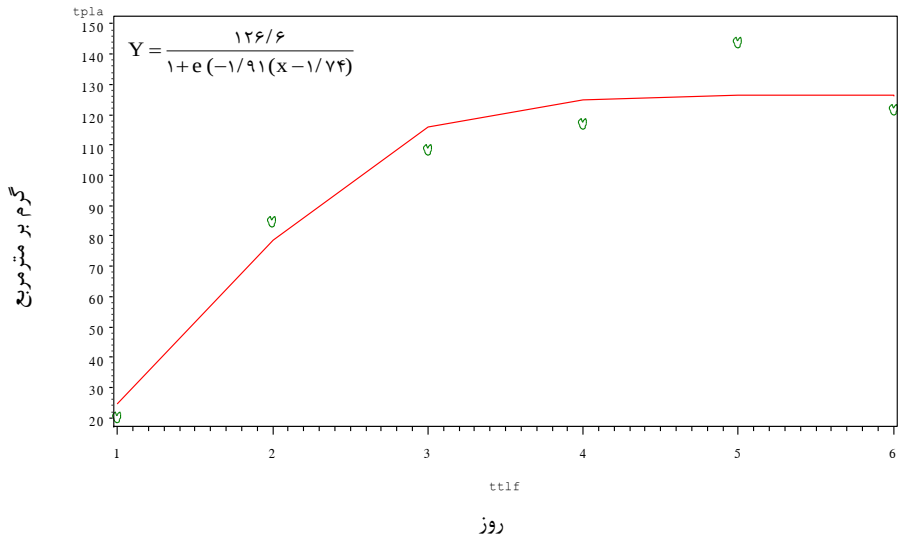
N_1: سطح اول نیتروژن ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، N_2: سطح دوم نیتروژن ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار، N_3: سطح سوم نیتروژن ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار. Z_1: سطح اول روی ۰ کیلوگرم در هکتار، Z_2: سطح دوم روی ۱۵ کیلوگرم در هکتار، Z_3: سطح سوم روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار.

بیشترین سرعت پر شدن دانه در تیمار N1Z2، از فرمول زیر:

$$Y = \frac{۱۲۲/۴}{۱+e^{(-۳/۱۹(x-۱/۵۳)}}$$

و سرعت پر شدن دانه در طول فصل رشد از فرمول زیر محاسبه شدند:

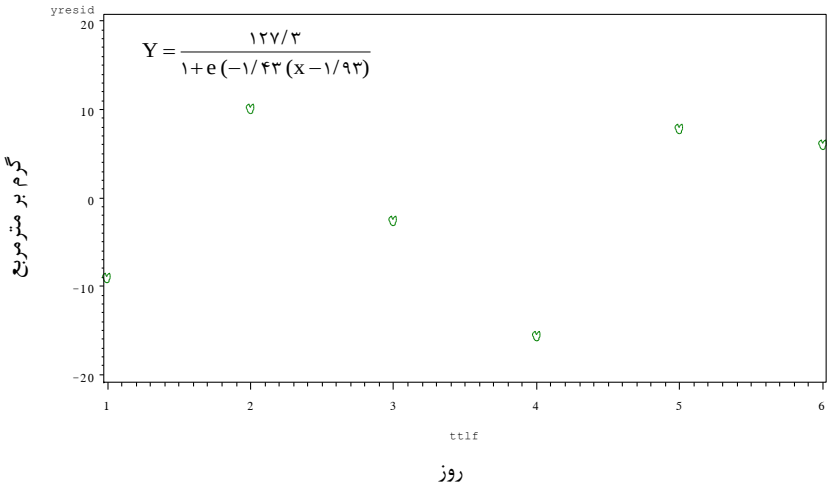
$$Y = \frac{۱۲۶/۶}{۱+e^{(-۱/۹۱(x-۱/۷۴)}}$$



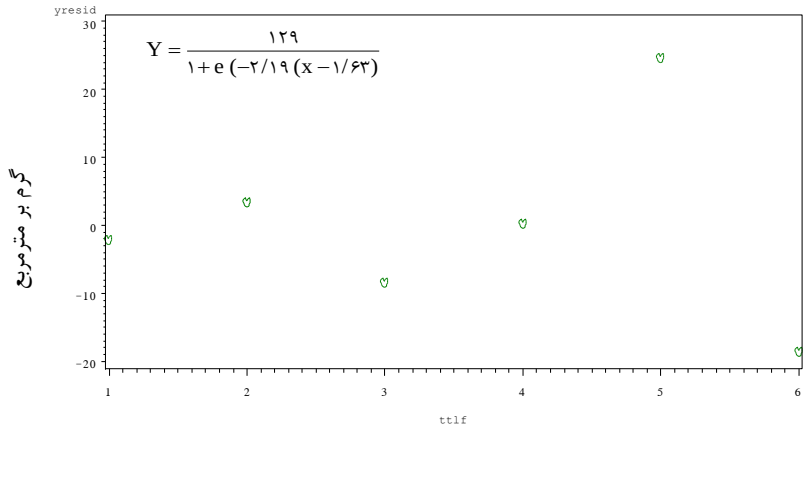
شکل ۱. سرعت پرشدن دانه در کل فصل رشد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. سرعت پر شدن دانه در رقم ۷۰۴



شکل ۳. سرعت پر شدن دانه در رقم ۵۴۰

با توجه به نتایج تجزیهٔ علیّت در تیمارهایی که از نظر اصلاحی بیشینهٔ عملکرد دانه را داشتند، اثرگذاری بیشتر صفت شمار دانه در ردیف، که ناشی از تأثیرپذیری از تیمارهای کودی نیتروژن و روی بوده‌است مشخص شد و در صفت پر شدن دانه، تیمار N_2Z_1، که خود از جمله تیمارهای دارای بیشینهٔ عملکرد بوده‌است، بیشترین میزان سرعت پر شدن دانه را نیز نشان داد که این نتیجه مورد انتظار بود. بنابراین برای رسیدن به بیشینهٔ عملکرد دانه، می‌توان ترکیبات کودی ذکرشده را که دارای بیشینهٔ عملکرد در استان فارس بوده‌اند برای کاشت ذرت، برای دورگ‌های دیررس ۷۰۴ و متوسطرس ۵۴۰ توصیه کرد. بیشترین عملکرد دانه از تیمار ۲۶۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن - ۳۰کیلوگرم در هکتار روی به میزان ۱۸/۶۲ تن در هکتار به‌دست‌آمد و پس از آن ترکیب، ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن- بدون روی به میزان ۱۵/۷۹ تن در هکتار و ترکیب ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن - ۱۵ کیلوگرم در هکتار روی به میزان ۱۵/۵۱ تن در هکتار، بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان دادند. براساس این تحقیقات سرعت پر شدن دانه ارتباط مستقیمی با میزان عملکرد دانه دارد که با نتیجهٔ این پژوهش نیز همخوانی دارد. افزون‌براین سرعت رشد بیشتر بیانگر تولید بیشتر مواد پرورده در گیاه بوده و با وزن دانه نیز مرتبط است. در پژوهشی که توسط کرک و کاننبرگ

www.SID.ir

Archive of SID

انجام‌شد نیز به همبستگی مثبت وزن دانه و عملکرد دانه اشاره شده‌است. وزن دانه طی دورهٔ پرشدن دانه و در نتیجهٔ تجمع مواد پرورده در دانه‌ها تعیین می‌شود (Yazdandoost & Rezaie, 2001). براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های پیشین و این پژوهش، وزن دانه طی دورهٔ پرشدن دانه و در نتیجهٔ تجمع موادپرورده در دانه‌ها تعیین می‌شود. شمار دانه و سرعت پر شدن دانهٔ هر دو محصول فراهمی مواد پرورده بوده و بنابراین می‌توان انتظار داشت که سرعت پر شدن دانه تأثیر مستقیمی بر میزان عملکرد دانه دارد. دورهٔ پر شدن دانه ممکن است به صورت غیرمستقیم و از طریق روابط معلول با دیگر متغیرها با محصول ارتباط داشته باشد (Yazdandoost & Rezaie, 2001; Bahrani & Mesgarbashi, 1993). همچنین با توجه به تأثیر معنی‌دار بودن اثر متقابل نیتروژن و روی بر عملکرد ذرت، با شناسایی سطوح کودی که بیشترین سرعت پر شدن دانه را منجر شوند، می‌توان با قابلیت اطمینان بالاتری به توجیه آن سطح کودی پرداخت. براساس نتایج به‌دست‌آمده، دورگ متوسطرس ۵۴۰ نسبت به دورگ دیررس ۷۰۴ سرعت تجمع مواد پروردهٔ بیشتری را در دانه‌ها نشان داد. از بین ترکیبات مختلف کودی، تیمار (۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۵ کیلوگرم کود روی)، بیشترین سرعت پر شدن را ایجاد کرد (۳/۱۹ گرم در مترمربع در روز). از سوی دیگر با توجه به کمتر بودن سرعت پر شدن دانه در تیماری که بالاترین عملکرد دانه را نشان داد (سطح دوم نیتروژن و سطح سوم روی)، می‌توان نتیجه گرفت که به صرف بیشتر بودن سرعت پرشدن دانه در یک تیمار خاص نمی‌توان به بالاترین عملکرد رسید چرا که مدت زمان پر شدن دانه‌ها که تحت تأثیر عامل‌هایی مانند تغذیه، فصل رشد، محیط و ویژگی‌های ژنتیکی ارقام است، نقش پررنگی در تعیین میزان عملکرد دانه دارد.

REFERENCES

1. Bahrani, M .J. & Mesgarbashi, M. (1993). Effects of nitrogen topdressing rates on yields and protein contents of two wheat cultivars in Ahwaz. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 24, 27-39. (in Farsi)
2. Baivordi, A. (2006). *The role of zinc in plant nutrition and soil fertility*. Tabriz. Paivar Press. (in Farsi)
3. Broudly, M., White, P. & Hammond, J. (2007). Zinc in plants. *Newphytologist*, Tansley review, 173, 677-702.
4. Corke, H. & Kannenberg, L.W. (1989). Selection for vegetative phase and Actual Filling period duration in short season maize. *Crop Sci*, 29, 607-612.
5. Duvick, D.N. (2005). The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays* L.). *Advances in Agronomy*, 86, 83-145.
6. Emam, Y. (2011). *Cereal Production*. (3rd ed). Shiraz University Press. 190pp. (in Farsi)
7. Farshadfar, A. (1998). *The application of quantitative genetics in plant breeding*. Razi University of Kermanshah. 130-132. (in Farsi)
8. Grassini, P., Specht, J.E., Tollenaar, M., Ciampitti, I. & Cassman, K. (2015). Chapter 2 – High-yield maize–soybean cropping systems in the US Corn Belt. Crop Physiology (Second Edition). *Applications for Genetic Improvement and Agronomy.* Crop Physiology (Second Edition). 17-41.
9. Hoeft, R.G. (2004). Maize (*Zea mays* L.).University of Illinois, Urbana , IL.USA.180pp
10. Kafi, M., Zand, A., KamKar, B., Sharifi, H. & Goldani, M. (2002). *Plant physiology*. Mashhad University Press. (in Farsi)
11. Karimian, N. (1995). Effect of Nitrogen and Phosphorus on Zinc Nutrition of Corn in a Calcareous Soil. *Journal of Plant Nutrition*, 18(10), 221-226.
12. Kumar, K. V., Sudarshan, M. R. Dangi, K. S. & Reddy, S. M. (2013). Character association and path coefficient analysis for seed yield in quality protein maize *Zea mays* L. *Journal of Research ANGRAU*, 41(2), 153-157.
13. Larson, K. & Schweissing, F. (2001). Strategies for zinc fertilization of dry land corn and sorghum, 19 No. Agronomy News.
14. Maafpourian, M. (1994). *The effect of Zinc sources and Sulphuric acid on growth and absorption of Zinc in Maize and its chemical types in Soil*. M.Sc. Dissertation, Shiraz University. Shiraz, Iran. (in Farsi)
15. Malakooti, M.J. & Riazi hamedani, A. (1991). *Fertilizers and soil fertility*. Tehran University Press. (in Farsi)
16. Masoni, A., Ercoli, L. & Mariotti, M. (1996). Spectral properties of leaves deficient in Iron, Sulphure, Magnesium and Manganese. *Agronomy Journal*, 88, 937-943.
17. Noormohammadi, Gh., Siadat, A. & Kashani, A. (2001). *Cereal production*. Shahid Chamran University Press. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

18. Ranjan, C. (2003). Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: 1. Zinc. Agronomic, 23, 3-11.
19. Reddy, P.A., Marker, Sh., Lavanya, G.R., Chandra, K. R., Govardhan, G. & Sravan, T. (2013). Character Association and Path Analysis in Maize (*Zea mays* L.). *Trends in Biosciences*, 6(4), 471-474.
20. Regina, H. (2008). Influence of Macro-and Micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Food Control*, 19, 36-43.
21. Saeedi, G. (2008). The effect of some macro and microelements on grain yield and other agronomic characters on (*Sesamum indicum* L.) in Isfahan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 45, 379-402. (in Farsi)
22. Seyyedi, A. (1999). *Evaluation of density effects and the kind of Nitrogen distribution on yield and its components at grain maize (single cross 704)*. M.Sc. Dissertation, Shiraz University. Shiraz, Iran. (in Farsi)
23. Yazdandoost, M. & Rezaie, A. (2001). Evaluation of morphological and physiological source of grain yield by path analysis. *Agronomy Science Journal*, 4(32), 671-680. (in Farsi)
24. Yi, Z., Wang, P., Tao, H., Zhang, H. & Shen, L. (2008). Effect of types and application rates of nitrogen fertilizer on the development and nitrogen utilization of summer maize, Front Agric. China 2(1), 44-49.

www.SID.ir