

تغییرات فنوتیپی و کیفی ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در اثر مصرف پتاسیم و عناصر کم مصرف تحت شرایط تنش خشکی

Phenotype and quality variation of forage maize (*Zea mays* L.) with potassium and micronutrient application under drought stress conditions

آسیه مجلسی*^۱، اسماعیل قلی‌نژاد^۲

۱ - کارشناس ارشد زراعت، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور ارومیه

۲ - استادیار گروه علمی علوم کشاورزی - دانشگاه پیام نور تهران

*نویسنده مسئول : asieh.majlesy@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۱۸

چکیده

به منظور بررسی تاثیر پتاسیم و عناصر کم مصرف بر شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای به صورت کشت دوم در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در روستای ساری- بگلو از توابع شهرستان ارومیه در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا شد. آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در دو سطح (آبیاری کامل و قطع آبیاری)، مصرف پتاسیم به عنوان فاکتور فرعی در دو سطح (عدم مصرف و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عناصر کم مصرف (آهن، روی و منگنز) به عنوان فاکتور فرعی- فرعی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف خاکی و محلول پاشی) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که مصرف خاکی عناصر کم مصرف و پتاسیم تحت شرایط تنش خشکی باعث افزایش مقدار پروتئین و درصد پروتئین بلال شد. بیشترین مقدار محتوای آب نسبی برگ در تیمار شاهد و بیشترین مقدار پروتئین برگ در زمان مصرف خاکی عناصر کم مصرف و پتاسیم تحت شرایط آبیاری کامل به دست آمد. تحت شرایط مصرف پتاسیم، مصرف خاکی عناصر کم مصرف باعث افزایش ارتفاع بوته و طول بلال و عدم مصرف عناصر کم مصرف سبب افزایش درصد پروتئین ساقه شد. در شرایط تنش خشکی، محلول پاشی عناصر کم مصرف موجب افزایش سطح برگ پرچم، طول و قطر بلال و درصد پروتئین ساقه گردید. در شرایط تنش خشکی استفاده از پتاسیم درصد پروتئین بلال، برگ و ساقه کاهش، ولی سایر صفات افزایش معنی‌داری پیدا کردند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شرایط تنش خشکی، مصرف پتاسیم همراه با عناصر کم مصرف شاخص‌های رشد را بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی: آهن، تنش رطوبتی، روی، کمبود آب، منگنز

مقدمه

ذرت یک گیاه علوفه‌ای با عملکرد ماده خشک بالا است که از آن می‌توان به عنوان سیلو جهت تغذیه دام استفاده کرد. خصوصیات تغذیه‌ای و علوفه‌ای در این گیاه به دلیل مقدار پروتئین بالای در حد مطلوبی قرار دارد (Curran & Posch, 2000).

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی می‌باشد که تولید محصولات کشاورزی و بازده استفاده از اراضی خشک و نیمه‌خشک را کاهش می‌دهد (Taiz & Ziger, 2006). در شرایط بروز تنش خشکی نقش یک عنصر غذایی زمانی در تغذیه گیاه به خوبی نمایان می‌شود که سایر عناصر مورد نیاز گیاه (کم مصرف و پر مصرف) به صورت متعادل در اختیار گیاه قرار گیرد. از سوی دیگر عناصر غذایی کم مصرف باعث افزایش مقاومت گیاه به برخی آفات و بیماری‌ها و تنش‌های محیطی می‌گردد (Khold Barin & Eslamzade, 2006). گیاهان در پاسخ به تنش‌های غیرزنده محیطی از روش‌هایی مانند دهیدراتاسیون و حفظ فشار اسمزی استفاده می‌کنند. چنین مکانیزم‌هایی تطابق نامیده می‌شوند و شامل یکسری تغییرات فیزیولوژیکی و بیولوژیکی می‌باشند که طی آن تجمع برخی مواد محلول در پاسخ به تنش‌ها صورت می‌گیرد در این ارتباط می‌توان به تجمع پرولین در غلات و بتائین در چغندر قند اشاره نمود (Mohammadkhani & Heidari, 2008).

قهفرخی و همکاران (Ghahfarohki *et al.*, 2004) در آزمایشی با بررسی اثر تنش خشکی بر ذرت دانه‌ای دریافتند که با بروز تنش خشکی در مرحله گلدهی قطر و طول بلال کاهش یافت. فرشاد و ملکوتی (Farshad & Malakooti, 2003) بیان کردند که مصرف پتاسیم و عناصر کم مصرف درصد پروتئین دانه، طول بلال، قطر بلال و ارتفاع بوته ذرت را افزایش داد. ساجدی و همکاران (Sajedi *et al.*, 2009) مقادیر مختلف آهن، روی و نیتروژن را بر روی شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت علوفه‌ای ۷۰۴ بررسی نموده و نتیجه گرفتند که با اضافه نمودن کودهای عناصر کم مصرف

به ویژه روی، خصوصیات مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و تجمع ماده خشک به طور معنی‌داری افزایش یافت و دریافتند که بخش عمده‌ای از افزایش عملکرد به بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی مربوط می‌باشد.

با توجه به این که پتاسیم در افزایش کارایی مصرف آب و جبران کاهش اثرات کمی و کیفی ناشی از تنش خشکی نقش موثری دارد و همچنین نقش عناصر کم مصرف در بهبود عملکرد آنزیم‌ها در شرایط بروز تنش خشکی و افزایش کیفیت گیاه ذرت بسیار مهم می‌باشد، لذا هدف از این آزمایش بررسی تاثیر هم‌زمان مصرف پتاسیم و عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز بر عملکرد کمی و همچنین مقادیر پروتئین و پرولین ذرت علوفه‌ای ۷۰۴ تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹ به صورت کشت دوم و با هدف تولید علوفه در روستای ساری‌بگلو از توابع شهرستان ارومیه با ارتفاع ۱۳۲۳ متر از سطح دریا با طول جغرافیایی ۳۷ درجه، ۴۱ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی و عرض جغرافیایی ۴۵ درجه، ۸ دقیقه و ۳۳ ثانیه شرقی اجرا شد. این منطقه دارای آب و هوای منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک و با میانگین بارندگی سالیانه ۳۰۰ میلی‌متر، میانگین کمترین دمای هوا ۱۷- درجه سانتی‌گراد و میانگین بیشترین دمای هوا منطقه ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. جدول ۱ مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک محل اجرای طرح را نشان می‌دهد.

آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل آبیاری در دو سطح (آبیاری کامل و قطع آبیاری)، فاکتور فرعی شامل مصرف کود پتاسیم در دو سطح (عدم مصرف پتاسیم و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور فرعی- فرعی شامل مخلوط کودهای کم مصرف آهن، منگنز و روی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف خاکی و محلول پاشی) بودند.

جدول ۱- مشخصات خاک‌شناسی محل اجرای طرح.

Table 1. Some of the physicochemical properties of the experimental site.

بافت خاک Soil texture	درصد (%)			هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر) EC(ds/m)	اسیدیته خاک pH	میلی گرم بر کیلوگرم (mg/kg)					درصد (%)		
	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay			آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	پتاسیم قابل دسترس K _{available}	فسفر قابل دسترس P _{available}	کل مواد خاک T.N.V	درصد اشباع S.P	کربن آلی O.C
رسی لومی Clay loam	17	26	57	0.68	8.04	3.7	1.7	434	28.4	16.1	54	1.19	0.12

۲- سطح برگ پرچم: در هر بوته برگ رو به روی بلال جدا گردید و طول پهنک و عریض‌ترین بخش پهنک اندازه‌گیری شد و بعد از میانگین‌گیری از معادله (۱) محاسبه گردید و بر حسب سانتی‌متر مربع گزارش شد (Francis et al., 1969).

$$\text{معادله (۱)} \quad 0.75 \times \text{طول} \times \text{عرض} = \text{سطح برگ}$$

۳- محتوای آب نسبی (RWC): با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد (Alizade, 2009).

معادله (۲)

$$RWC = (F.W. - D.W.) / (T.W. - D.W.) \times 100$$

در معادله ۲، F.W.، D.W. و T.W. به ترتیب بیانگر وزن تازه، وزن خشک و وزن آماس کامل برگ بر حسب گرم می‌باشد.

۴- طول بلال: طول بلال‌ها توسط خط کش اندازه‌گیری شد و میانگین بلال‌های روی ۵ بوته بر حسب سانتی‌متر به عنوان طول بلال در نظر گرفته شد.

۵- قطر بلال: قطر بلال‌های موجود بر روی بوته‌ها توسط کولیس‌ورنیه از قسمت وسط بلال اندازه‌گیری شد و میانگین قطر بلال‌های پنج بوته به عنوان قطر بلال بر حسب سانتی‌متر گزارش شد.

۶- عملکرد علوفه تازه: با نمونه‌برداری از دو خط وسطی هر کرت و اندازه‌گیری وزن کل بوته‌ها عملکرد علوفه تازه اندازه‌گیری شد و بعد از محاسبه بر حسب کیلوگرم در هکتار گزارش شد.

۷- درصد پروتئین بلال، برگ و ساقه: مقدار نیترژن با استفاده از دستگاه کجل‌دال اندازه‌گیری شد (Bremner & Breitenbeck, 1983) و با استفاده از ضریب (ضریب متفاوت برای هر گیاه) مقدار پروتئین به دست آمد

بذر مورد استفاده، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴، از شرکت دشت کبودان تحت نظارت وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید و به صورت خشکه‌کاری در ۱۲ تیر ماه سال ۱۳۸۹ به صورت دستی کشت شد. فاصله بوته‌ها از هم روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود نیترژن به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به عنوان کود پایه در دو مرحله هم‌زمان با رشد رویشی (زمان پنج تا شش برگی) و زمان ظهور گل تاجی استفاده شد. پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خاکی و در زمان کاشت مصرف شد. سولفات آهن، منگنز و روی به ترتیب به مقدار ۱۰۰، ۱۰۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خاکی و با غلظت پنج در هزار به صورت محلول‌پاشی استفاده شدند.

مصرف خاکی عناصر کم مصرف هم‌زمان با کاشت و محلول‌پاشی این عناصر در دو مرحله قبل از ظهور گل تاجی و در زمان دانه‌بندی صورت گرفت. بر اساس نتایج آزمایش خاک به دلیل بالا بودن مقدار فسفر خاک نیازی به مصرف فسفر در زمین اجرای آزمایش نبود. برای اندازه‌گیری صفات از هر کرت ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و صفات مورد نظر روی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات اندازه‌گیری شده به شرح زیر بود:

۱- ارتفاع بوته: بعد از کف‌بردن بوته‌ها ارتفاع آن از انتهای بوته که متصل به طوقه می‌باشد تا آخرین گره قابل شمارش در زیر گل تاجی اندازه‌گیری شد و میانگین ارتفاع ۵ بوته به عنوان ارتفاع بوته بر حسب سانتی‌متر گزارش شد.

در افزایش ارتفاع گیاه موثر بود به خصوص زمانی که عناصر ریزمغذی به صورت خاکی مصرف شد (جدول ۶). زیرا پتاسیم اثرات ناشی از تنش خشکی را کاهش داده و کارایی مصرف آب را از طریق کنترل روزه‌های برگ افزایش می‌دهد (Alizade, 2009). فرشاد و ملکوتی (Farshad, & Malakooti, 2003) در آزمایشی گزارش کردند که مصرف پتاسیم و عناصر کم مصرف در شرایط تنش خشکی ارتفاع بوته را افزایش داد.

سطح برگ پرچم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بین آبیاری و کاربرد عناصر کم مصرف بر سطح برگ پرچم معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تنش خشکی سطح برگ پرچم را تا ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۳)، زیرا فرآیندهای رشد و توسعه برگ تحت تاثیر هر گونه کمبود آب می‌باشد. بنابراین اگر چه آب اثر کمی در توسعه و ظهور برگ دارد، اما به طور قابل توجهی کل سطح برگ را از طریق افزایش پیری برگ کاهش داد (Cakir, 2004). در شرایط تنش خشکی محلول پاشی عناصر کم مصرف به دلیل جذب و اثر بخشی سریع عناصر غذایی بیشترین تاثیر را در افزایش سطح برگ پرچم داشت و این صفت را نسبت به مصرف خاکی عناصر کم مصرف در شرایط تنش خشکی ۱۲ درصد افزایش داد (جدول ۵).

محتوای آب نسبی (RWC):

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سه جانبه فاکتورهای آزمایشی بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج میانگین‌ها نشان داد مصرف پتاسیم در شرایط تنش خشکی باعث افزایش ۹ درصدی RWC نسبت به عدم مصرف پتاسیم در همان شرایط شد که با نتایج آتیا (Atteya, 2003) مطابقت داشت (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی، عدم استفاده از کودها در مقایسه با شاهد محتوای نسبی آب برگ را تا ۱۸ درصد کاهش داد.

(Cox & Cherney, 2001). در نهایت از معادله (۳) برای

اندازه گیری مقدار پروتئین در گیاه ذرت استفاده شد.

معادله (۳) $6/25 \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین}$
 ۸- پرولین: با استفاده از روش Battes و همکاران محاسبه گردید (Battes et al., 1973). در این روش ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تازه گیاهی وزن شد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۳ درصد به آن افزوده شده و خوب ساییده شد. سپس از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ عبور داد شد تا محلول کاملاً صافی به دست آید. ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده درون لوله آزمایش ریخته شد و ۱ میلی‌لیتر محلول نین‌هیدرین و ۱ میلی‌لیتر اسید استیک خالص به آن افزوده شد. لوله‌های آزمایش در بن ماری به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از گذشت مدت زمان مورد نظر لوله آزمایش بر روی یخ قرار گرفت تا محلول درون آن سرد شود، سپس ۴ میلی-لیتر تولوئن به لوله آزمایش افزوده و به مدت ۲۰ ثانیه بر روی شیکر قرار گرفت. نهایتاً از مایع رویی درون لوله آزمایش نمونه گرفته شد و در سل اسپکتوفتومتر ریخته شد تا در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شود. بعد از رسم نمودار استاندارد، اعداد قرائت شده با استفاده از منحنی به میلی‌گرم پرولین در گرم بافت تازه تبدیل شد.

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بین پتاسیم و آبیاری و مصرف پتاسیم و عناصر کم مصرف بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مصرف پتاسیم در ذرت-های تحت تنش خشکی باعث افزایش ۱۰ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به عدم مصرف پتاسیم در همان شرایط شد (جدول ۴). تاثیر متقابل مصرف عناصر کم مصرف و پتاسیم

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های مورفولوژیک ذرت تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری، پتاسیم و عناصر کم مصرف.

Table2- The results of variance analysis of some morphological characteristics of maize under different levels irrigation, potassium and micronutrients.

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of square)									
		ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ پرچم Flag leaf area	محتوای آب نسبی RWC	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	عملکرد علوفه تازه Yield of fresh forage	پروتئین بلال Ear protein	پروتئین برگ Leaf protein	پروتئین ساقه Stem protein	پروترین Prolin
تکرار (Repetition)	2	131.672	1810.716	5.916	0.147	0.034	282235291.361	0.174	3.483	1.634	0.00002
آبیاری (Irrigation)	1	5372.890**	40434.499**	97.351ns	20.250**	0.267ns	1197321472.111*	3.423ns	4.067ns	11.788*	2.495**
اشتباه ۱ (Error 1)	2	7.851	230.602	24.708	0.092	0.077	22350260.028	0.223	0.270	0.235	0.001
پتاسیم (Potassium)	1	1456.695**	943.514ns	68.007ns	0.751**	0.902**	77833565.444ns	1.914*	0.007ns	0.284ns	0.127**
آبیاری × پتاسیم Irrigation × Potassium	1	463.684*	1856.174ns	213.452*	7.840**	0.722**	6320196.000ns	20.703**	6.674**	1.521**	0.187**
اشتباه ۲ (Error 2)	4	4.887	1371.994	15.077	0.028	0.018	14315968.139	0.232	0.212	0.064	0.0001
عناصر کم مصرف Micronutrients	2	132.225*	3005.862ns	81.458*	1.641*	0.275*	3247202.194ns	25.109**	2.297*	0.184ns	0.021**
آبیاری × عناصر کم مصرف Irrigation × Micronutrients	2	4.301ns	14292.751**	23.456ns	1.440*	0.252*	1308417.194ns	0.438ns	2.694**	0.654*	0.003ns
پتاسیم × عناصر کم مصرف Potassium × Micronutrients	2	169.837**	296.501ns	295.248**	1.151*	0.51ns	5282605.528ns	3.945ns	2.210ns	0.674*	0.003ns
آبیاری × پتاسیم × عناصر کم مصرف Irrigation × potassium × Micronutrients	2	62.530ns	1417.348ns	216.059**	0.030ns	0.041ns	9867891.083ns	13.001**	3.317**	0.108ns	0.023**
اشتباه ۳ (Error 3)	16	21.918	1501.509	20.449	0.248	0.069	39733164.458	1.146	0.373	0.178	0.001
ضریب تغییرات (%) CV	-	2.18	6.05	5.65	2.47	5.42	7.69	7.10	4.50	14.94	0.03

***، * و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار.

*** and ns. Significant at 1% and 5% levels of probability, non significant, respectively.

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات سطح برگ پرچم، طول بلال و عملکرد علوفه تازه گیاه ذرت در شرایط مختلف آبیاری.

Table3. Means comparison of traits of flag leaf area, ear length and yield of fresh forage of maize under different irrigation conditions.

تیمارها Treatments	سطح برگ پرچم (سانتی متر) Flag leaf area (cm)	طول بلال (سانتی متر) Ear length (cm)	عملکرد علوفه تازه (کیلوگرم در هکتار) yield of fresh forage (Kg/ha)
آبیاری (Irrigation)			
آبیاری مطلوب (شاهد) (Optimum irrigation)	673.7a	22.3a	87784a
تنش خشکی (Drought stress)	606.7b	20.84b	76250b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test $P \leq 0.05$

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و مصرف کود پتاسیم بر صفات ارتفاع بوته، طول و قطر بلال و میزان پروتئین بلال و ساقه ذرت.

Table4. Means comparison of interaction effects of irrigation and potassium application on traits of plant height, ear length, ear diameter and ear and stem protein of maize.

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	طول بلال (سانتی متر) Ear length (cm)	قطر بلال (سانتی متر) Ear diameter (cm)	پروتئین ساقه (%) Stem protein (%)
آبیاری × پتاسیم (Irrigation × Potassium)				
آبیاری × عدم مصرف پتاسیم Irrigation × Potassium non- application	223.9a	22.6a	4.92a	1.95c
آبیاری × مصرف پتاسیم Irrigation × Potassium application	229.4a	22/0b	4.95a	2.24b
تنش خشکی × عدم مصرف پتاسیم Drought stress × Potassium non-application	192.3c	20.2d	4.46b	3.51a
تنش خشکی × مصرف پتاسیم Drought stress × Potassium application	212.2b	21.4c	5.05a	3.27a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test $P \leq 0.05$

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کاربرد عناصر کم مصرف بر سطح برگ پرچم، طول و قطر بلال و میزان پروتئین ساقه ذرت.

Table 5. Means comparison of interaction effects of irrigation and micronutrients application on flag leaf area, ear length, ear diameter and stem protein of maize.

تیمارها Treatments	سطح برگ پرچم (سانتی متر) Flag leaf area (cm)	طول بلال (سانتی متر) Ear length (cm)	قطر بلال (سانتی متر) Ear diameter (cm)	پروتئین ساقه (%) Stem protein (%)
Irrigation × micronutrients				
آبیاری × عناصر کم مصرف Irrigation × non-application of micronutrients	702.6a	21.7bc	4.39a	2.56b
آبیاری × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Irrigation × soil application of micronutrients	666.5a	23.0a	4.95a	2.25bc
آبیاری × محلول پاشی عناصر کم مصرف Irrigation × foliar application of micronutrients	652.1a	22.2b	4.93a	1.93c
تنش خشکی × عدم مصرف عناصر کم مصرف Drought stress × non application of micronutrients	576.1b	20.6d	4.43b	3.33a
تنش خشکی × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Drought stress × soil application of micronutrients	583.2b	20.7d	5.00a	3.25a
تنش خشکی × محلول پاشی عناصر کم مصرف Drought stress × foliar application of micronutrients	660.8a	21.1cd	4.86a	3.60a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test $P \leq 0.05$

قطر بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی پتاسیم و عناصر کم مصرف و همچنین اثر متقابل آبیاری و کاربرد پتاسیم و نیز آبیاری و استفاده از عناصر کم مصرف بر قطر بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). مصرف پتاسیم در شرایط تنش خشکی، ۱۱ درصد قطر بلال را نسبت به عدم مصرف پتاسیم در همان شرایط افزایش داد (جدول ۴) و مصرف خاکی عناصر کم مصرف در شرایط اعمال تنش خشکی قطر بلال ذرت را ۱۲ درصد نسبت به عدم مصرف عناصر کم مصرف در همان شرایط افزایش داد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر بلال با مصرف پتاسیم در شرایط تنش خشکی (جدول ۴) و کمترین قطر بلال در شرایط تنش خشکی و عدم مصرف هیچ کودی به‌دست آمد (جدول ۵). تنش خشکی بر بسیاری از فرآیندهای گیاهی مانند فتوسنتز، توسعه و تقسیم سلولی و نیز تجمع و انتقال مواد غذایی در گیاه موثر می‌باشد، ولی استفاده از پتاسیم و عناصر کم مصرف تا حدودی این مشکل را جبران کرده و در افزایش صفات کمی گیاه تاثیر می‌گذارد (Boyer & McPherson, 1998). فرشاد و ملکوتی (Farshad & Malakooti, 2003) نشان دادند که اثر پتاسیم و عناصر کم مصرف بر افزایش میانگین قطر بلال ذرت معنی‌دار شد. ساجدی و همکاران (Sajedi et al., 2009) طی آزمایشی افزایش قطر بلال ذرت را با استفاده از عناصر کم مصرف آهن، روی و نیتروژن گزارش دادند.

عملکرد علوفه تازه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر آبیاری بر عملکرد علوفه تازه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد علوفه تازه با اعمال تنش خشکی ۱۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). دلیل کاهش عملکرد علوفه تازه ذرت در شرایط تنش خشکی به‌علت کاهش ارتفاع بوته، طول بلال، سطح برگ پرچم و اجزای عملکرد می‌باشد. هاگ و دیویس (Hugh & Davis, 2003) با اعمال تنش

در شرایط تنش خشکی با مصرف پتاسیم و عدم استفاده از عناصر کم مصرف، در مقایسه با عدم مصرف کود پتاسیم و عناصر کم مصرف، محتوای نسبی اب برگ ۱۲ افزایش یافت و بیشترین مقدار RWC در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۷) چون کود پتاسیم باعث افزایش RWC و کاهش اثرات تنش خشکی می‌شود (Alizade, 2009).

طول بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات اصلی و اثرات متقابل دو جانبه بر طول بلال ذرت معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی طول بلال را ۷ درصد کاهش داد (جدول ۳). مصرف پتاسیم در شرایط قطع آبیاری نسبت به حالت عدم مصرف پتاسیم به طور معنی‌داری باعث افزایش ۶ درصدی طول بلال شد (جدول ۴). در شرایط قطع آبیاری، بیشترین طول بلال از محلول پاشی عناصر کم مصرف حاصل شد، ولی بر طبق نتایج آزمایش حداکثر طول بلال از مصرف خاکی عناصر کم مصرف در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد (جدول ۵). مصرف پتاسیم و مصرف خاکی عناصر کم مصرف باعث افزایش ۶ درصدی طول بلال، نسبت به شرایط عدم استفاده از عناصر کم مصرف و پتاسیم شد (جدول ۶). فرشاد و ملکوتی (Farshad & Malakooti, 2003) بیان نمودند که با استفاده از پتاسیم و عناصر کم مصرف میانگین طول بلال افزایش معنی‌دار یافت. استانبول‌اوغلو و همکاران (İstanbulluoglu et al., 2002) در آزمایشات خود اثر معنی‌دار تنش خشکی بر کاهش طول بلال را گزارش کردند. علت اصلی کاهش طول بلال، به-دلیل کاهش رشد و تقسیم سلول در شرایط کمبود آب می‌باشد. ولی استفاده از پتاسیم با توجه به نقشی که در باز و بسته شدن روزنه‌ها و افزایش کارایی مصرف آب دارد و نیز استفاده از عناصر کم مصرف، اثرات تنش خشکی را توانست تا حدودی جبران کند و باعث افزایش طول بلال در این تحقیق شود (Taiz & Ziger, 2006).

پروتئین ساقه

تمامی اثرات متقابل دوگانه بر درصد پروتئین ساقه معنی دار بود (جدول ۲). مصرف پتاسیم در شرایط تنش خشکی نسبت به مصرف آن در شرایط آبیاری کامل پروتئین ساقه را به میزان ۳۱ درصد افزایش داد (جدول ۴). مصرف برگی عناصر کم مصرف در شرایط تنش خشکی پروتئین ساقه را به میزان ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و حداکثر مقدار پروتئین ساقه با محلول پاشی عناصر کم مصرف تحت شرایط تنش خشکی به دست آمد (جدول ۵). عدم مصرف عناصر کم مصرف با کاربرد پتاسیم نسبت به مصرف خاکی عناصر کم مصرف و کود پتاسیم، افزایش ۱۷ درصدی پروتئین ساقه ذرت را در بر داشت (جدول ۶). شرفی و همکاران (Sharafi *et al.*, 2000) نشان دادند که با مصرف آهن و روی پروتئین ساقه افزایش معنی داری پیدا کرد.

پرولین

نتایج نشان داد که اثر متقابل سه گانه فاکتورها، بر میزان پرولین گیاه ذرت معنی دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تحت تنش خشکی، مصرف خاکی عناصر کم مصرف به همراه مصرف پتاسیم نسبت به مصرف همان کودها در شرایط آبیاری کامل افزایش ۱ درصدی پرولین را باعث گردید (جدول ۷). کمترین مقدار پرولین با مصرف پتاسیم و محلول پاشی عناصر کم مصرف در آبیاری کامل به دست آمد و بیشترین مقدار این صفت با مصرف پتاسیم و مصرف خاکی عناصر کم مصرف در شرایط تنش خشکی حاصل شد (جدول ۷). هاگ و دیویس (Hugh & Davis, 2003) افزایش مقدار پرولین را بعد از اعمال تنش گزارش کردند. بنابراین مصرف عناصر کم مصرف تحت شرایط کمبود آب و تنش خشکی افزایش مقاومت گیاه، افزایش رشد و در نهایت بهبود عملکرد ذرت را باعث می‌شود. نقش پرولین در گیاه حفظ ساختار پروتئین و حفظ فشار سلولی در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Moaveni, 2011).

خشکی روی گیاه ذرت نشان دادند که عملکرد علوفه به طور معنی داری نسبت به حالت بدون تنش کاهش یافت.

پروتئین بلال

با توجه به این که تنش خشکی بر قسمت‌های مختلف گیاه تاثیر متفاوتی می‌گذارد، لذا در این تحقیق مقدار پروتئین در سه بخش بلال، برگ و ساقه گیاه به طور جداگانه اندازه گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سه گانه شرایط آبیاری، سطوح کاربرد پتاسیم و عناصر کم مصرف بر درصد پروتئین بلال معنی دار گردید (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل سه گانه فاکتورها، مصرف خاکی عناصر کم مصرف به همراه مصرف پتاسیم در شرایط آبیاری کامل، در مقایسه با شرایط عدم مصرف کودها در آبیاری کامل (تیمار شاهد) پروتئین بلال ۲۹ درصد افزایش یافت و کمترین مقدار این صفت در شرایط تنش خشکی با مصرف پتاسیم و عدم استفاده از عناصر کم مصرف به دست آمد (جدول ۷). رحیمی و مظاهری (Rahimi & Mazaheri, 2008) در تحقیقات خود اعلام کردند که مصرف آهن و مس باعث افزایش مقدار پروتئین بلال شد، زیرا عناصر کم مصرف نقش موثری در افزایش فعالیت آنزیم‌ها و نهایتاً پروتئین سازی دارند.

پروتئین برگ

اثر متقابل سه گانه فاکتورها، بر درصد پروتئین برگ معنی دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل سه گانه مشاهده شد که شرایط آبیاری کامل و مصرف پتاسیم و مصرف خاکی عناصر کم مصرف ۲۵ درصد پروتئین برگ را نسبت به مصرف همان عناصر در شرایط اعمال تنش خشکی افزایش داد. بیشترین مقدار این صفت با مصرف پتاسیم و استفاده خاکی عناصر کم مصرف در آبیاری کامل به دست آمد (جدول ۷).

جدول ۶ - مقایسه میانگین اثر متقابل پتاسیم و کاربرد عناصر کم مصرف بر ارتفاع بوته، طول بلال و میزان پروتئین ساقه ذرت.

Table 6. Means comparison of interaction effects of potassium and micronutrients application on plant height, ear length and stem protein of maize.

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	قطر بلال (سانتی متر) Ear length (cm)	پروتئین ساقه (%) Stem protein (%)
پتاسیم × عناصر کم مصرف (Potassium×micronutrients)			
عدم مصرف پتاسیم × عدم مصرف عناصر کم مصرف Potassium non application×non application of micronutrients	208.6c	20.6b	2.75ab
عدم مصرف پتاسیم × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Potassium non application×soil application of micronutrients	207.7c	21.9a	2.93ab
عدم مصرف پتاسیم × محلول پاشی عناصر کم مصرف Potassium non application×foliar application of micronutrients	208.0c	21.7a	2.51b
مصرف پتاسیم × عدم مصرف عناصر کم مصرف Potassium application×non application of micronutrients	214.6bc	21.6a	3.15a
مصرف پتاسیم × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Potassium application×soil application of micronutrients	228.5a	21.8a	2.56b
مصرف پتاسیم × محلول پاشی عناصر کم مصرف Potassium application×foliar application of micronutrients	219.3b	21.7a	3.01ab

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test $P \leq 0.05$

جدول ۷ - مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و مصرف پتاسیم و عناصر کم مصرف روی صفات محتوای آب نسبی برگ، میزان پروتئین بلال و برگ و مقدار پرولین گیاه ذرت.

Table 7- Means comparison of interaction effects of irrigation, potassium and micronutrients application on traits of RWC, ear and leaf protein and prolin of maize.

تیمارها Treatments	محتوای آب نسبی RWC (%)	پروتئین بلال (%) Ear Protein (%)	پروتئین برگ (%) Leaf Protein (%)	پروکلین (میلی گرم بر وزن تازه) Prolin (mg/Fresh weight)
آبیاری × پتاسیم × عناصر کم مصرف (Irrigation×Potassium×micronutrients)				
آبیاری × عدم مصرف پتاسیم × عدم مصرف عناصر کم مصرف Irrigation× potassium non application× non application of micronutrients	92.09a	12.13b	13.53ab	99.92fg
آبیاری × عدم مصرف پتاسیم × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Irrigation×potassium non application×soil application of micronutrients	68.58d	14.96a	13.70ab	99.97ef
آبیاری × عدم مصرف پتاسیم × محلول پاشی عناصر کم مصرف Irrigation×potassium non application×foliar application of micronutrients	87.61ab	16.10a	13.13 b	99.95ef
آبیاری × مصرف پتاسیم × عدم مصرف عناصر کم مصرف Irrigation×potassium application×non application of micronutrients	75.59bcd	15.66a	14.30ab	100.01e
آبیاری × مصرف پتاسیم × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Irrigation×potassium application×soil application of micronutrients	86.54ab	17.16a	15.13 a	99.89fg
آبیاری × مصرف پتاسیم × محلول پاشی عناصر کم مصرف Irrigation×potassium application×foliar application of micronutrients	79.78bcd	16.30a	13.60ab	99.87g
تنش خشکی × عدم مصرف پتاسیم × عدم مصرف عناصر کم مصرف Drought stress×potassium non application×non application of micronutrients	75.92bcd	15.10a	13.83ab	100.43c
تنش خشکی × عدم مصرف پتاسیم × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Drought stress×potassium non application×soil application of micronutrients	71.67cd	14.70a	14.06ab	100.28d
تنش خشکی × عدم مصرف پتاسیم × محلول پاشی عناصر کم مصرف Drought stress×potassium non application×foliar application of micronutrients	76.21bcd	16.10a	13.03b	100.28d
تنش خشکی × مصرف پتاسیم × عدم مصرف عناصر کم مصرف Drought stress× potassium application×non application of micronutrients	85.84ab	10.80b	14.33ab	100.61a
تنش خشکی × مصرف پتاسیم × مصرف خاکی عناصر کم مصرف Drought stress×potassium application×soil application of micronutrients	82.11abc	16.03a	11.36c	100.64a
تنش خشکی × مصرف پتاسیم × محلول پاشی عناصر کم مصرف Drought stress×potassium application foliar application of micronutrients	78.71bcd	15.90a	12.73bc	100.53b

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test $P \leq 0.05$

نتیجه گیری

افزایش می‌دهد. صفات کیفی با مصرف خاکی و مصرف پتاسیم در تنش خشکی افزایش می‌یابد. با توجه به مطالب فوق و نیز مساله افزایش دمای کره زمین و کاهش مقدار بارندگی و کمبود آب آبیاری استفاده از کودهایی مانند پتاسیم که باعث افزایش کارایی مصرف آب توسط گیاه و نیز افزایش مقاومت گیاه نسبت به شرایط تنش‌زا می‌گردد به همراه استفاده از عناصر کم مصرف (آهن، روی و منگنز) و البته محلول‌پاشی عناصر مذکور حتما باید در برنامه زراعت کشاورزان قرار گیرد تا با حصول بهترین و بیشترین عملکرد، استفاده بهینه از شرایط موجود نیز صورت گیرد. بنابراین در شرایط تنش خشکی، مصرف پتاسیم همراه با عناصر کم‌مصرف به صورت محلول‌پاشی و یا مصرف خاکی با توجه به تاثیرگذاری در شاخص‌های رشد باعث بهبود صفات رویشی و زایشی و نیز کیفیت ذرت گشته که تحت چنین شرایطی مصرف این عناصر برای کشت ذرت علوفه-ای در منطقه ارومیه توصیه می‌گردد.

نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف پتاسیم و محلول پاشی عناصر کم مصرف تحت شرایط تنش خشکی باعث افزایش صفات کمی گیاه مانند سطح برگ پرچم، طول بلال و عملکرد علوفه تازه گردید. مصرف خاکی عناصر کم مصرف باعث افزایش قطر بلال و ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی گردید. تحت شرایط مصرف پتاسیم، مصرف خاکی عناصر کم مصرف باعث افزایش ارتفاع بوته و طول بلال و عدم مصرف عناصر کم مصرف سبب افزایش درصد پروتئین ساقه شد. در مورد صفات کیفی از جمله میزان پروتئین موجود در بلال، پروتئین موجود در برگ و نیز مقدار پروتئین تحت شرایط تنش خشکی با مصرف پتاسیم همراه با مصرف خاکی عناصر کم مصرف افزایش قابل توجهی نشان داد و محلول پاشی عناصر کم مصرف تحت شرایط تنش خشکی فقط مقدار پروتئین موجود در ساقه را افزایش داد و همچنین در شرایط تنش خشکی با مصرف پتاسیم، محتوای نسبی آب گیاه بهبود یافت. محلول پاشی به همراه پتاسیم در شرایط تنش خشکی صفات کمی را

References

- Alizade, O. 2009. **Water in relation to Soil and Plants**. Aieezh publication. Iran. 149p.
- Atteya, A. M. 2003. Alternation of water relation and yield of Maize genotypes in response to drought stress. **J. Plant Physiol.** 29(1-2): 63-76.
- Bates, L. S., Walodron, R. P. and Tears, I.D. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. **J. Plant Soil.** 39: 205-207.
- Boyer, J. S. and McPherson, H. G. 1998. Physiology water deficit in cereal crops. **J. Agron.** 27: 1-23.
- Bremner, J. M. and Breitenbeck, G. A. 1983. A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.** 14: 905-913.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of Maize. **J. Field Crops Res.** 89(1): 1-16.
- Cox, W. J. and Cherney, D. J. R. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on Maize silage. **J. Agron.** 93: 597-602.
- Curran, B. and Posch, J. 2000. Agronomic management of silage for yield and quality- Silage cutting height. **Crop Insights.** 10(2): 1-4.
- Farshad, R. and Malakooti, M.J. 2003. Effect of potassium and zinc on quality and quantity of grain maize in Karaj. **J. Soil Water.** 12(11): 70-75.
- Francis, C. A., Rutger, J. N. and Palmer, A. F. E. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize. **J. Crop Sci.** 9(5): 537-539.
- Ghahfarohki, A. R., Khodabandeh, N., Ahmadi, A. and Bankehsaz, A. 2004. Study of effect of drought stress in different growth stage on yield, yield components and quality of grain maize. **Proc. 8th- Cong., Crop Science, Rasht, Iran.** 239(Abst.).
- Hugh, J. E. and Davis, F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation efficiency and yield of maize. **J. Agron.** 95(3): 688-696.
- Istanbulluoglu, A., Kocaman, I. and Louncu, F. 2002. Water use production relationship of maize under Tekriday conditions in Turkey. **J. Biol. Sci.** 5(3): 287-291.

-
- Khold Barin, B. and Eslamzade, T. 2006. **Mineral nutrition of coromophytes**. Shiraz University publication. 945p.
- Moaveni, P. 2011. Effect of drought stress on some antioxidant enzymes and prolin of sorghum. **J. Crop Ecophysiol.** 3(1): 24-30.
- Mohammadkhani, N. and Heidari, R. 2008. Drought – induced Accumulation of Soluble Sugar and Proline in Two Maize Varieties. **J. World Applied Sci.** 3(3): 448-453.
- Rahimi, M. and Mazaheri, D. 2008. Morphological reaction and Maize yield to chemical complex of Fe and Cu. **Search Construction.** 78: 96-100.
- Sajedi, N. A., Ardakani, M. R., Naderi, A., Madani, M. and Mashhadi Akbar Boojar, M. 2009. Response of maize to nutrients foliar application under water deficit stress conditions. **American. J. Agric. Biol. Sci.** 4(3): 242-248.
- Sharafi, S., Tajbakhsh, M., Majidi, E., Poormirza, A. A. and Malakooti, J. 2000. The effect of Iron and Zinc fertilizer on yield and yield components of two variety of forage maize in Uremia. **J. Soil Water.** 12(11): 85-105.
- Taize, L. and Zaiger, E. 2006. *Plant Physiology*. USA Sunderland (Massachusetts). Sinuer Associate. 751p.

Phenotype and quality variation of forage maize (*Zea mays* L.) with potassium and micronutrient application under drought stress conditions

Asieh Majlesy^{1*}, Esmail Gholinezhad²

1- MSc. Former Student, Department of Agronomy, Payame Noor University of Urmia, Urmia. Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Payame Noor University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding author: asieh.majlesy@yahoo.com

Received: 2013.8.09

Accepted: 2013.11.21

Abstract

To study the effect of potassium and micronutrient application on growth indices of maize (*Zea mays* cv. S.C.704) for scold cropping in drought stress condition a split-split-plot experiment was conducted based on RCBD with three replications in the village Sarybaglu of Urmia in crop year 2010. The factors were: drought stress as a main plot with two levels (normal irrigation and drought stress), potassium as a sub-plot with two levels (non-application and 200kg/ha application) and micronutrients as sub-sub-plot with three levels (non-application, soil and foliar application). Results showed that the potassium and soil application of micronutrients caused significant increase of proline and percentage of grain protein under drought stress condition. The highest significant increase of RWC was found in control treatment and the highest significant increase of protein content of the leaves (percentage) was found under potassium and soil application of micronutrients and drought stress condition. Under potassium application condition, soil application of micronutrients resulted in an increase in bushel height and maize length and lack of micronutrients application resulted in an increase in protein content of the stalk (percentage). Under drought stress condition, foliar application of micronutrients increased flag leaf area, maize length and diameter, and stalk protein but potassium application decreased leaf, stalk and grain protein. Under drought stress condition potassium application increased the whole characteristics except leaf, stalk and grain protein. It can be concluded that under drought stress condition, potassium application with micronutrients may improve growth index.

Key words: Fe, Mg, Water Deficit, Water Stress, Zn