نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 2، شماره 3، پاییز 1389، ص. 473-459

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 3, Fall 2010, p. 459-473

تأثیر عناصر غذایی پرمصرف (NPK) بر برخی از خصوصیات رشدی دو رقم تجاری ذرت (*Zea maize* L.) (KWS2360 و Ressuda Pionee) در محیط آبکشت

مرتضی گلدانی[1*]، سیده مهدیه خرازی[2] و پیو پتر[3]

تاریخ دریافت: 89/7/7
تاریخ پذیرش: 89/9/24

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر عناصر غذایی پر مصرف در شرایط آبکشت روی خصوصیات رشد دو رقم ذرت دانه‌ای (*Zea maize* L.) (KWS2360 و Ressuda Pionee)، پژوهشی در اتاقک رشد بخش فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه دبرسن کشور مجارستان بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. فاکتورهای مورد آزمایش شامل دو رقم ذرت دانه‌ای (Ressuda Pionee وKWS2360) و هشت محلول غذایی شامل محلول غذایی فاقد نیتروژن (N)، محلول غذایی فاقد فسفر (P)، محلول غذایی فاقد پتاسیم (K)، محلول غذایی فاقد NP، محلول غذایی فاقد NK، محلول غذایی فاقد PK ، محلول غذایی فاقد NPK و محلول غذایی حاوی NPK بودند و صفات مورد ارزیابی شامل وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، تعداد برگ، سطح برگ و میزان کلروفیل برگ بودند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان سطح برگ ($561\ cm^2$)، وزن خشک اندام هوایی (22 گرم) در تیمار حاوی NPK و در رقم KWS2360 مشاهده شد، درحالیکه تیمار حاوی NPK در رقم Ressuda Pionee بیشترین وزن خشک ریشه (3/8 گرم) و تعداد برگ (5/6) را از خود نشان داد. نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی (1/1) در تیمار فاقد NP و رقم KWS2360 زیادتر بود. کمترین میزان سطح برگ ($45\ cm^2$) و تعداد برگ(3) در تیمار فاقد NK به‌دست آمد. همچنین کمترین میزان وزن خشک ریشه (0/12 گرم) و وزن خشک اندام هوایی (0/31 گرم) در تیمار فاقد NPK مشاهده شد. تیمار فاقد NPK در رقم KWS2360 کمترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی (0/16) را از خود نشان داد. درکلیه تیمارها، میزان کلروفیل برگ‌ها در طی زمان کاهش یافت. شیب منحنی کاهش میزان کلروفیل در تیمارهای بدون NPK، NK وNP در مقایسه با تیمارهای حاوی NPK بیشتر بود. ارقام ذرت در تیمار حاوی NPK دوره رشدی طولانی‌تری را نسبت به سایر تیمارها داشت. رقم KWS2360 ذرت در مقایسه با رقم Ressuda Pionee تحت شرایط تنش عناصر غذایی از رشد بهتری بر خوردار بود. در مجموع چنین می‌توان گفت که ایجاد تعادل در نسبت عناصر غذایی نقش مهمی را در افزایش رشد رویشی تمامی گیاهان زراعی از جمله ذرت ایفا می‌کند و کمبود هر یک از عناصر غذایی پرمصرف می‌تواند عاملی در جهت کاهش رشد این گیاه باشد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، کلروفیل، کمبود عناصر غذایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه.

مقدمه

اهمیت ذرت (*Zea maize* L.) به علت قابل کشت بودن آن در محدوده وسیعی از شرایط محیطی و همچنین عملکرد زیاد آن در دوره رشدی کوتاه می‌باشد (Kazempour & Tajbakhsh, 2002). سهم عمده و نقش روزافزون ذرت در تأمین مواد غذایی مورد نیاز انسان، دام ، طیور و مصارف صنعتی عامل مهم دیگری در توسعه کشت این محصول می‌باشد (Zehtabian & Amiri, 2005).

ذرت گیاهی است پرتوقع که با مصرف متعادل عناصر غذایی می‌توان عملکرد آن را افزایش داد (Khodabande, 1995). استفاده از تکنیک‌های جدید در زمینه کشاورزی نوین، نظیر کشت بدون خاک یا آبکشت امکان کنترل هر چه بهتر و دقیق‌تر تغذیه گیاهان را فراهم کرده است (Zehtabian & Amiri, 2005). از طرفی تغذیه بهینه گیاه شرط اصلی بهبود کمی و کیفی محصول است. در تغذیه گیاه نه تنها باید عنصر به اندازه کافی در دسترس آن قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل در رعایت نسبت میان همین عناصر غذایی از اهمیتی زیاد برخوردار است (Zehtabian & Amiri, 2005; Majidian et al., 2008). عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم جزء اصلی و از ضروری‌ترین

1، 2 و 3- به ترتیب استادیار گروه زراعت و دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و استاد و مدیر بخش زراعت و بیوتکنولوژی دانشگاه دبرسن مجارستان
(* نویسنده مسئول: Email: morteza_goldani@yahoo.com)

عناصر غذایی گیاه می‌باشند (Jeffery, 2002). نیتروژن چهارمین عنصر اصلی تشکیل دهنده وزن خشک گیاهان و یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده بسیاری از مولکول‌های مهم از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها و کلروفیل است (Hopkins, 2004). نقش نیتروژن در رشد سریع شاخ و برگ و تشکیل بافت‌های ترد و آبدار در گیاه است که مقاومت در برابر امراض را افزایش می‌دهد (Malakuti & Riyazi, 1991). پتاسیم نیز عملکرد و کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این عنصر باعث فعال‌سازی آنزیم‌ها، ایجاد تعادل اسمزی برای حفظ تورژسانس و تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (Kelik et al., 2010). بین تولید کربوهیدرات‌ها و میزان پتاسیم رابطه‌ای مثبت وجود دارد (Naseri Pouryazdi, 1991). فسفر نیز در ساختمان سلولی نقش قابل توجهی دارد و به منزله منبع انرژی عمومی در کلیه فعل و انفعالات بیوشیمیایی داخل سلول‌های زنده نقش مهمی را ایفا می‌کند (Jamshidi, 1999). فسفر کافی عمق نفوذ ریشه را افزایش داده و بدین طریق جذب آب از اعماق پایین‌تر خاک را آسان‌تر می‌سازد (Naseri Pouryazdi, 1991). قسمت عمده فسفر معدنی در گیاه به صورت غیر حیاتی در واکوئل‌ها ذخیره می‌شود. نوع فسفر در گیاهان سالم در حدود 12 درصد فسفر متابولیسمی و 88 درصد فسفر معدنی می‌باشد. وقتی گیاه دچار کمبود فسفر می‌شود، مرتباً از فسفر ذخیره‌ای برای عملیات متابولیسمی استفاده می‌کند تا مرحله‌ای که این ذخیره کاهش شدیدی پیدا کند. علایم کمبود فسفر هنگامی ظاهر می‌شود که سرعت انتقال فسفر از واکوئل به سیتوپلاسم فوق العاده کم شود. با کمبود فسفر رشد قسمت هوایی و ریشه کند می‌شود و برگ‌ها کوتاه، نازک و باریک می‌شوند. با افزایش مصرف کود فسفره نسبت ریشه به تاج کاهش می‌یابد که علت آن تغییر یافتن مقدار نسبی مواد هیدروکربنه در گیاه و نقل و انتقال آن بین ریشه و تاج می باشد (Zarinkafsh, 1992). فسفر باعث افزایش سودمندی نیتروژن می‌شود (Jun, 1996). کمبود فسفر سبب محدودیت انتقال نیتروژن و متابولیسم آن می‌شود (Rufty et al., 1993). جذب نیترات تحت تنش فسفر تغییر می‌کند. در حقیقت تحت تنش فسفر جذب نیترات کاهش می‌یابد که این امر ممکن است مرتبط با سرعت کند رشد ریشه و توسعه و جذب کند، در گیاهان تحت تنش فسفر باشد (Ameziane et al., 1997). قابلیت دسترسی محدود به فسفر همانند تنش نیتروژن می‌تواند سبب تنظیم رشد کل گیاه شود. همچنین می تواند سبب رشد آهسته‌تر گیاه شود، اما موجب اختصاص ماده خشک بیشتر به ریشه‌ها می‌گردد (Cakmak et al., 1994). مطالعات نشان داده است که در گیاهان جذب نیترات و انتقال آن به آوند چوبی در شرایط کمبود فسفر کاهش می‌یابد (Rufty et al., 1993). تنش فسفر می‌تواند سطوح اسید آمینه آرژنین و انتقال اولیه اسید آمینه‌هایی نظیر گلوتامین و آسپارژین را به ریشه ارتقاء بخشد (Anghinoni & Barber, 1980). نیتروژن خاک به دو طریق در قابلیت جذب فسفر می‌تواند مؤثر باشد. یکی اثرات بیولوژیکی است که موجب افزایش سطح مؤثر و قدرت جذب ریشه و افزایش فعالیت‌های تنفسی و آنزیمی گیاه می‌شود. اثر دیگر آن، تأثیر شیمیایی بر محلولیت فسفر خاک می‌باشد. افزایش ازت به محیط ریشه باعث جذب بیشتر اکسیژن و آزادشدن اسیدکربنیک بوسیله ریشه و افزایش فعالیت‌های آنزیمی مؤثر در جذب فسفر می‌شود (Zarinkafsh, 1992).

آمزیان و همکاران (Ameziane et al., 1997) دریافتند که محدودیت نیتروژن بیشترین اثر را روی نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی دارد. تنها تغییرات کمی در این نسبت می‌تواند به تنهایی مربوط به محدودیت فسفر باشد. محدودیت نیتروژن سبب افزایش فعالیت فروکتوزیل ترانسفراز در ریشه می‌شود، اما محدودیت فسفر روی فعالیت این آنزیم کمتر است. با محدودیت نیتروژن تجمع فسفر در گیاه 40 تا 60 درصد کاهش دارد. اثر محدودیت فسفر روی تجمع نیتروژن بسیار متغیر است. با محدودیت فسفر غلظت نیتروژن در ریشه‌ها 50 درصد نسبت به شاهد کاهش یافت درحالیکه غلظت نیترات به بیشتر از 8 واحد افزایش یافت (در 107 روز پس از کاشت). محتوای ریشه‌ها تحت تأثیر محدودیت فسفر قرار گرفت، اما نسبت ترکیبات آمینواسید ریشه‌ها در فاز رویشی تغییری نکرد. حضور فسفر کم در زمان رشد رویشی اثرات مضر نیترات زیاد را تعدیل کرده و عملکرد را افزایش داد.

کمبود فسفر سبب افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی می‌شود که مربوط به توزیع ترجیحی آسیمیلات به ریشه‌ها است (Mollier & Pellerin, 1999). ریشه‌ها عموما به عنوان مخزن قوی‌تر در گیاه نسبت به برگ‌ها تحت تأثیر کمبود فسفر قرار می‌گیرند، زیرا نسبت ریشه به ساقه بویژه در کمبود فسفر افزایش می‌یابد. در نتیجه می‌توان تداوم انتقال کربوهیدرات فراوان را به ریشه‌ها و تجمع آن را انتظار داشت (Wissuwa et al., 2005). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که رشد ریشه و همچنین رشد اندام هوایی مستقیما به وسیله قابلیت دسترسی به فسفر اثر می‌پذیرد و افزایش در نسبت ریشه به ساقه تحت تنش فسفر مربوط به اختصاص بیشتر کربن به ریشه‌ها است (Wissuwa et al., 2005). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در مرحله‌ای که میزان پتاسیم درون بافت‌های گیاه زیاد باشد، گیاه علایم کلروز را آشکاذ کرده که این افزایش میزان پتاسیم از جذب و انتقال آهن درون بافت‌های گیاه جلوگیری کرده و در نتیجه باعث کمبود آهن در گیاه می‌شود (Wissuwa et al., 2005).

کلیک و همکاران (Kelik et al., 2010) با انجام آزمایشی روی ذرت در شرایط آبکشت، اثر مقادیر مختلف پتاسیم و آهن را بر خصوصیات رشدی آن بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که

افزایش غلظت پتاسیم و آهن تأثیر مثبتی در افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها داشت اما افزایش بیش از حد پتاسیم باعث کاهش غلظت عناصر فسفر، کلسیم و منیزیم در اندام هوایی و ریشه‌ها شد. تحقیقات نشان داد که کوددهی گیاه با نیتروژن علاوه براینکه باعث افزایش غلظت نیتروژن در گیاه می‌شود، افزایش غلظت پتاسیم و فسفر را نیز به دنبال دارد (Hosseini et al., 2008).

کلروفیل و نیتروژن در گیاه ارتباط نزدیکی با هم داشته و به همین دلیل داده‌های کلروفیل‌متر به عنوان شاخصی مناسب برای تعیین وضعیت نیتروژن در گیاهان استفاده می‌شود و با کمک این وسیله می‌توان نیتروژن مورد نیاز جهت رسیدن به عملکرد مطلوب را برآورد کرد (Majidian et al., 2008). از مقادیر کلروفیل‌متر می توان برای تعیین غلظت نیتروژن و همچنین قابلیت دسترسی به نیتروژن در گیاه ذرت استفاده نمود (Scharf et al., 2006.). تنش‌های آب و نیتروژن به ترتیب سبب کاهش تورژسانس سلول‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد و پتانسیل فتوسنتزی گیاه به طور مستقیم به میزان کلروفیل برگ‌ها بستگی دارد و همچنین نیتروژن سبب افزایش محتوای نسبی آب در گیاهان می‌گردد و در گیاهانی که از درصد آب بیشتری برخوردارند، میزان کلروفیل نیز بیشتر است (Schlemmer et al., 2005). در گیاهان زراعی کمبود نیتروژن باعث کاهش پروتئین و کلروفیل می‌شود. نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در بالاترین میزان نیتروژن بالاترین اعداد کلروفیل‌متر و کمترین اعداد کلروفیل‌متر در گیاهان شاهد مشاهده می‌شود (Bredemeier, 2005).

هدف از این پژوهش بررسی اثرات رقم و عناصر غذایی پر مصرف در محیط آبکشت بر روی اعداد کلروفیل‌متر و خصوصیات رشد دو رقم ذرت دانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 87-1386روی دو رقم ذرت در اتاقک رشد (25 درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی 75 درصد، 10 ساعت تاریکی و 14 ساعت روشنایی) بخش فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه دبرسن، کشور مجارستان به منظور بررسی واکنش رشد گیاه به کمبود عناصر غذایی پر مصرف (NPK) در شرایط آبکشت انجام شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم ذرت KWS2360 و Ressuda Pionee و هشت محلول غذایی فاقد فسفر، فاقد پتاسیم، فاقد نیتروژن، فاقد فسفر و پتاسیم، فاقد نیتروژن و فسفر، فاقد نیتروژن و پتاسیم، فاقد نیتروژن، فسفر و پتاسیم و حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود. در ابتدا بذرها به مدت 30 دقیقه در شرایط 18 درصد هیدروژن قرار گرفتند و سپس به مدت پنج دقیقه توسط آب مقطر شستشو شدند. بعد از آن به مدت چهار ساعت در محلول 10 میلی مولار سولفات کلسیم (برای یکنواختی در سرعت جوانه زنی) قرار گرفتند. بررسی جوانه‌زنی در شرایط لوله‌های کاغذی مرطوب به آب مقطر در 25 درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی انجام شد و سپس گیاهچه‌ها به محلول‌های مورد نظر در گلدان‌های حاوی تیمارهای غذایی به قطر 30 سانتی‌متر منتقل شدند. فرمول تهیه محلول غذایی به شرح ذیل بود:

$Ca(NO_3)_2=2^{mM}$, $K_2SO_4=0.7^{mM}$, $MgSO_4=0.5^{mM}$, $KH_2PO_4=0.5^{mM}$, $KCl=0.1^{mM}$, $H_3BO_3=1^{\mu m}$, $MnSO_4=1^{\mu m}$, $CuSO_4=0.25^{\mu m}$, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}=0.01^{\mu m}$

جهت تهیه هر کدام از تیمارهای کمبود عناصر پرمصرف، فرمول دارای عنصر مربوطه حذف می‌شد و سایر عناصر به محلول اضافه می‌گردید. در هر گلدان چهار گیاه کاشت شد. هر هفت روز محلول غذایی تعویض گردید و در هر مرحله سطح برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، نسبت ریشه به اندام هوایی، تعداد برگ و میزان کلروفیل برگ‌های جدید و قدیم اندازه‌گیری و ثبت شد و آزمایش به مدت 28 روز اجرا گردید. برای حصول وزن خشک نمونه‌ها، نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در دمای 75 درجه سانتی‌گراد آون قرار گرفتند. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل ΔT، ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم افزار MSTAT–C انجام گردید و از آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی ذرت

بر اساس نتایج بدست آمده اثر عناصر غذایی پر مصرف بر وزن خشک اندام هوایی در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که در مرحله چهارم برداشت بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی (17 گرم) در تیمار حاوی NPK بدست آمد و کمترین میزان آن در تیمار فاقد NPK (0/31 گرم) مشاهده شد (جدول 1). نوع رقم نیز تأثیر معنی‌داری در سطح 1 درصد بر وزن خشک اندام هوایی داشت (جدول2). بطوری که در آخرین مرحله برداشت بیشترین وزن خشک اندام هوایی (3/38 گرم) در رقم KWS2360 مشاهده گردید. اثر متقابل رقم و عناصر غذایی در سطح 1 درصد معنی‌دار شد و در مرحله چهارم برداشت بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار حاوی NPK و رقم KWS2360 (22 گرم) مشاهده شد (جدول 3). میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار حاوی NPK در طی دوره آزمایشی روند افزایشی داشت. بطوریکه میزان آن از 0/29 گرم (7 روز پس از برداشت) به 17 گرم (28 روز پس از برداشت) افزایش یافت (شکل 1). اما در سایر تیمارها میزان آن در طی دوره آزمایشی

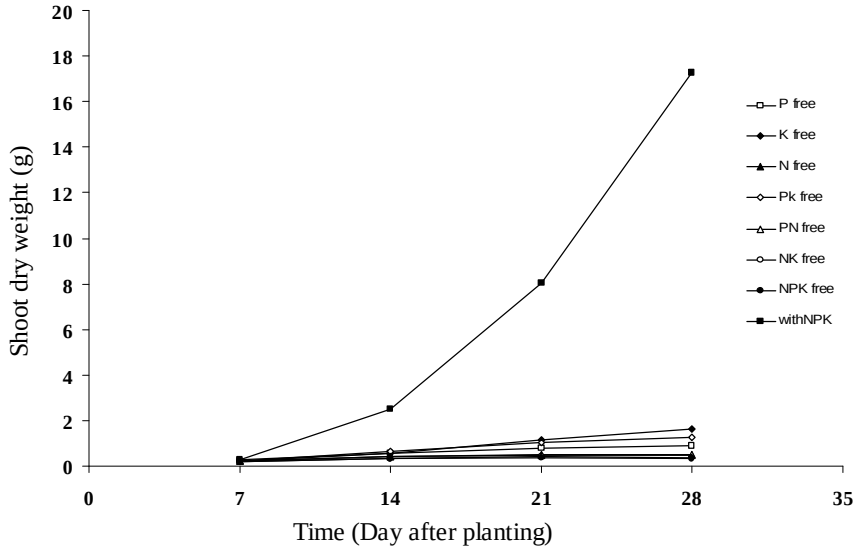
تقریبا ثابت بود. نقش نیتروژن در رشد سریع گیاه و شاخ و برگ و تشکیل بافت‌های ترد و آبدار در گیاه است. بنابراین با کمبود آن رشد اندام هوایی گیاه کاهش می‌یافت (Malakuti & Riyazi, 1991). بین تولید کربوهیدرات‌ها و میزان پتاسیم رابطه ای مثبت وجود دارد و با کاهش میزان پتاسیم، میزان کربوهیدرات نیز کاهش یافت. فسفر نیز به منزله منبع انرژی عمومی در کلیه فعل و انفعالات بیوشیمیایی داخل سلول‌های زنده نقش مهمی را ایفا می‌کند و با کاهش میزان آن می‌توان انتظار داشت که انرژی لازم برای تولید اندام هوایی نیز کاهش یابد (Jamshidi, 1999). علاوه بر آن کمبود عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث تسریع پیری برگ ها و کاهش سرعت رشد در گیاه می‌شود که در نهایت منجر به کاهش تعداد برگ سطح فتوسنتزکننده گیاه می‌گردد.

اثر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات وزن خشک ریشه ذرت

در این آزمایش تیمارهای عناصر غذایی مختلف به طور معنی‌داری در سطح 1 درصد بر وزن خشک ریشه تأثیر گذاشت. در مرحله چهارم برداشت تیمار حاوی NPK دارای حداکثر وزن خشک ریشه (3/7 گرم) و کمترین میزان وزن خشک ریشه در تیمار فاقد NPK (0/12 گرم) به دست آمد (جدول 1). در آخرین مرحله نمونه‌برداری، بین ارقام مورد آزمایش از نظر وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 2). اثر متقابل رقم و عناصر غذایی در سطح 1 درصد معنی‌دار شد و در مرحله چهارم برداشت بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار حاوی NPK و رقم Ressuda Pionee (3/8 گرم) حاصل شد (جدول 3). وزن خشک اندام هوایی در تیمار حاوی NPK در طی دوره آزمایشی روند افزایشی داشت، بطوریکه میزان آن از 0/16 گرم (7 روز پس از برداشت) به 3/7 گرم (28 روز پس از برداشت) افزایش یافت (شکل 2). اما در سایر تیمارها روند آن در طی دوره آزمایشی تقریبا ثابت بود. نتایج بررسی ها نشان می‌دهد که فسفر کافی عمق نفوذ ریشه را افزایش می‌دهد و بدین طریق جذب آب از اعماق پایین تر خاک را آسان تر می‌سازد (Naseri Pouryazdi, 1991). بنابراین با کاهش میزان فسفر، وزن خشک ریشه نیز کاهش می‌یابد. از جمله دلایل کاهش ارتفاع و طول ریشه در شرایط کمبود عناصر پرمصرف، تأثیر بر سرعت تقسیم و توسعه سلول است. همچنین در این شرایط گیاهچه مقداری از مواد فتوسنتزی خود را صرف تخفیف اثرات سوء کمبود می کند.

اثر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی ذرت

تأثیر تیمار عناصر غذایی پر مصرف بر نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول 1، در مرحله چهارم برداشت بیشترین و کمترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی به ترتیب مربوط به تیمار فاقد NP (1/1) و تیمار فاقد K (0/16) بود. رقم نیز تأثیر معنی‌داری در سطح 1 درصد بر نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی داشت (جدول 2)، به طوری که در مرحله چهارم برداشت بیشترین نسبت آن (0/59) در رقم Ressuda Pionee مشاهده گردید.



شکل 1- تأثیر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی ذرت

Fig. 1- Effect of macro nutrients on the changes process of corn shoot dry weight (g)

جدول ۱ - اثر عناصر غذایی پرمصرف بر برخی از خصوصیات رشدی ذرت در طی مراحل مختلف رشد

Table 1- Effect of macro nutrients on growth characteristics of corn during different growth stages

روز پایانی Final day	۲۸ روز پس از کاشت 28 days after planting				۲۱ روز پس از کاشت 21 days after planting				۱۴ روز پس از کاشت 14 days after planting				۷ روز پس از کاشت 7 days after planting				تیمارهای آزمایشی
LN	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	Treatments
4.3	0.82	0.87	0.61	132	0.72	0.77	0.49	174	0.68	0.53	0.35	212	0.76	0.22	0.16	171	T1(P_0)
5.6	0.16	1.6	0.26	182	0.22	1.1	0.26	197	0.31	0.57	0.18	240	0.54	0.25	0.14	198	T2(K_0)
3.6	0.94	0.48	0.46	57	0.84	0.46	0.38	77	0.87	0.42	0.36	145	0.99	0.21	0.21	169	T3(N_0)
5.3	0.52	1.2	0.64	201	0.49	1.0	0.51	260	0.53	0.65	0.35	292	0.65	0.22	0.14	171	T4(P_0K_0)
3.3	1.1	0.50	0.58	62	0.94	0.52	0.48	88	0.83	0.42	0.36	134	0.86	0.21	0.18	171	T5(P_0N_0)
3.0	0.50	0.36	0.17	48	0.47	0.42	0.20	66	0.60	0.31	0.19	73	0.70	0.19	0.13	143	T6(N_0K_0)
3.3	0.40	0.31	0.12	54	0.38	0.35	0.15	57	0.55	0.33	0.16	115	0.76	0.18	0.13	171	T7 ($N_0P_0K_0$)
5.3	0.23	17	3.7	160	0.23	8.0	1.7	558	0.28	2.5	0.69	592	0.58	0.29	0.16	213	T8(NPK)
0.58*	0.064	1.13	0.213	35.40	0.083	0.512	0.157	44.56	0.074	0.064	0.037	23.50	0.105	0.037	0.038	20.95	LSD (5%)

بیشترین مقدار وزن خشک ریشه در مرحله ۱۴ برگی و بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در مرحله ۱۸ و ۱۱ برگی به ترتیب بیانگر محیط کشت بدون P، بدون K، بدون N، بدون PK، بدون NK، بدون NP و محیط کشت حاوی NPK می باشد

بیشترین مقدار وزن خشک ریشه و اندام هوایی و تعداد برگ به ترتیب بیانگر سطح برگ اسلاتی دهم مربوطه و LN و R/S ،DS ،DR ،LA

*میانگین هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می باشد بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

T1 -T8 indicates the medium with no P, no K, no N, no PK, no PN, no NK, no NPK and with NPK, respectively.

LA, DR, DS, R/S and LN indicate leaf area (cm^2), Root dry weight (g), Shoot dry weight (g), root:shoot and leaf number, respectively.

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

جدول ۲- اثر رقم بر برخی از خصوصیات رشدی ذرت در مراحل مختلف رشد

Table 2- Effect of variety on growth characteristics of corn during different growth stages

وزن خشک ریشه در انتهای دوره Final dry															
		۲۸ روز پس از کاشت 28 days after planting			۳۵ روز پس از کاشت 35 days after planting			۴۲ روز پس از کاشت 42 days after planting			۴۹ روز پس از کاشت 49 days after planting				
LN	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	R/S	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	رقم Variety
4.2a	0.58b*	3.38a	0.81a	161a	0.47b	1.85a	0.52a	194a	0.54b	0.85a	0.34a	254a	0.73a	0.21b	0.15b	185a	KWS2360
4.2a	0.59a	2.28b	0.79a	134b	0.60a	1.31b	0.54a	174a	0.63a	0.61b	0.33b	196b	0.73a	0.94a	0.17a	177a	Reseda Tionee

LA, DR, DS, R/S and LN respectively indicate leaf area (cm^2), Root dry weight (g), Shoot dry weight (g), nodes/shoot and leaf number.

*Means followed by similar letters in each column and each sampling period are not significantly different based on LSD test (p<0.05).

LA، DR، DS، R/S و LN به ترتیب بیانگر سطح برگ (سانتی متر مربع)، وزن خشک ریشه (گرم)، وزن خشک اندام هوایی (گرم)، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی و تعداد برگ می باشد

* اعداد دارای حروف یکسان در هر ستون و در هر مرحله نمونه برداری بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

جدول ۳- اثر متقابل عناصر غذایی و رقم بر برخی خصوصیات رشدی ذرت در مراحل مختلف رشد

Table 3- Effect of interaction between nutrients and variety on growth characteristics of corn during different growth stages

تیمار Treatment / رقم Variety	روز نهایی Final day	۲۸ روز پس از کاشت 28 days after planting			۲۱ روز پس از کاشت 21 days after planting			۱۴ روز پس از کاشت 14 days after planting			۷ روز پس از کاشت 7 days after planting		
		RS	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	RS	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	RS	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)	RS	DS (g)	DR (g)	LA (cm^2)
T1*V1	4.1	0.85	0.88	0.68	134	0.61	0.79	0.45	174	0.63	0.52	0.33	215	0.73	0.20	0.15	172
T1*V2	4.5	0.79	0.86	0.54	129	0.82	0.76	0.54	173	0.73	0.54	0.35	210	0.78	0.23	0.18	170
T2*V1	5.6	0.16	1.5	0.25	179	0.22	1.0	0.24	171	0.29	0.63	0.18	209	0.54	0.24	0.13	199
T2*V2	5.6	0.15	1.7	0.26	181	0.22	1.2	0.27	223	0.33	0.52	0.18	181	0.55	0.26	0.14	198
T3*V1	4.0	1.0	0.59	0.60	68	0.77	0.53	0.40	87	0.83	0.49	0.42	182	0.97	0.18	0.18	153
T3*V2	3.3	0.88	0.37	0.33	45	0.91	0.40	0.36	67	0.90	0.35	0.31	107	1.0	0.24	0.25	185
T4*V1	5.0	0.33	1.1	0.60	195	0.44	0.97	0.43	256	0.31	0.59	0.29	285	0.55	0.21	0.11	172
T4*V2	5.6	0.50	1.3	0.69	208	0.55	1.0	0.59	264	0.55	0.71	0.40	298	0.75	0.23	0.17	170
T5*V1	3.3	1.1	0.64	0.76	74	0.79	0.60	0.47	93	0.75	0.46	0.36	145	0.92	0.19	0.18	173
T5*V2	3.3	1.0	0.37	0.40	51	1.0	0.44	0.45	83	0.91	0.37	0.35	123	0.80	0.23	0.19	170
T6*V1	3.3	0.42	0.40	0.17	48	0.44	0.46	0.20	64	0.63	0.30	0.20	62	0.70	0.17	0.12	128
T6*V2	2.6	0.57	0.32	0.18	47	0.51	0.37	0.19	67	0.57	0.33	0.18	83	0.70	0.21	0.15	159
T7*V1	3.3	0.30	0.33	0.10	55	0.31	0.43	0.13	65	0.42	0.44	0.18	157	0.81	0.17	0.14	210
T7*V2	3.3	0.49	0.29	0.14	52	0.46	0.27	0.12	50	0.67	0.22	0.13	74	0.70	0.18	0.13	131
T8*V1	5.0	0.16	22	3.6	861	0.18	10.0	1.8	645	0.23	3.0	0.78	687	0.64	0.27	0.17	251
T8*V2	5.6	0.20	13	3.8	358	0.29	5.9	1.7	471	0.32	1.8	0.60	496	0.52	0.30	0.16	236
LSD (5%)	0.811*	0.1091	1.874	0.30*	98.06	0.113	0.774	0.173	61.02	0.105	0.091	0.053	11.24	0.148	0.053	0.053	29.61

T1 به ترتیب شاهد، T2 به ترتیب بدون N، T3 به ترتیب بدون P، T4 به ترتیب بدون K، T5 به ترتیب بدون NP، T6 به ترتیب بدون NK، T7 به ترتیب بدون PK و T8 به ترتیب تیمار کامل NPK می باشد

V1 و V2 به ترتیب سینگل رقم KWS2360 و رقم Ressuda Pionee می باشند. RS، DS، DR، LA به ترتیب بیانگر سطح برگ (سانتی متر مربع)، وزن خشک ریشه (گرم)، وزن خشک اندام هوایی (گرم) و سطح برگ می باشند

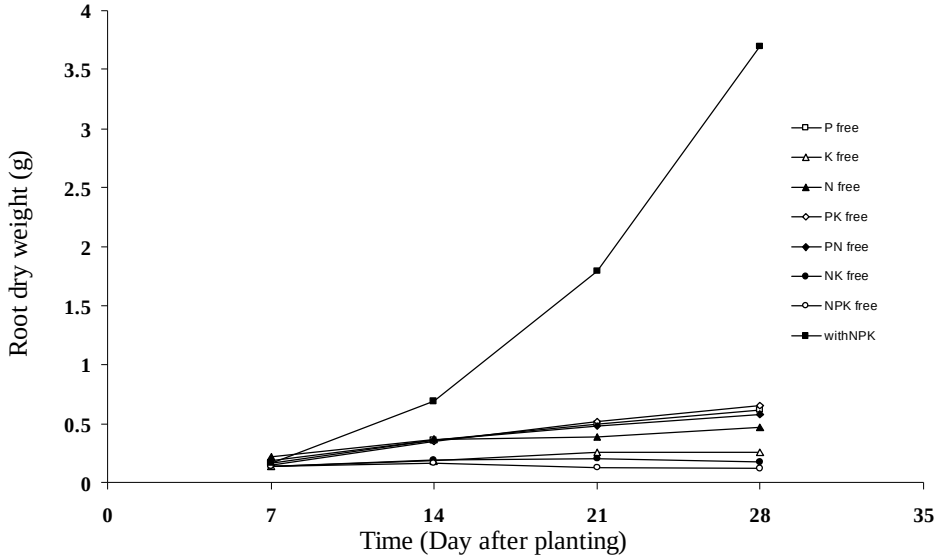
ریشه به اندام هوایی و سطح برگ می باشند

♦ میانگین هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلافی معنی داری ندارند

T1-T8 indicates the medium with no P, no K, no N, no PK, no PN, no NK, no NPK and with NPK, respectively.

V1 and V2 indicate KWS2360 and Ressuda Pionee cultivars, respectively. LA, DR, DS, RS and LN respectively indicate leaf area (cm^2), Root dry weight (g), Shoot dry weight (g), root/shoot and leaf number.

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD_5 are not significantly different at $\alpha = 0.05$ by LSD test.

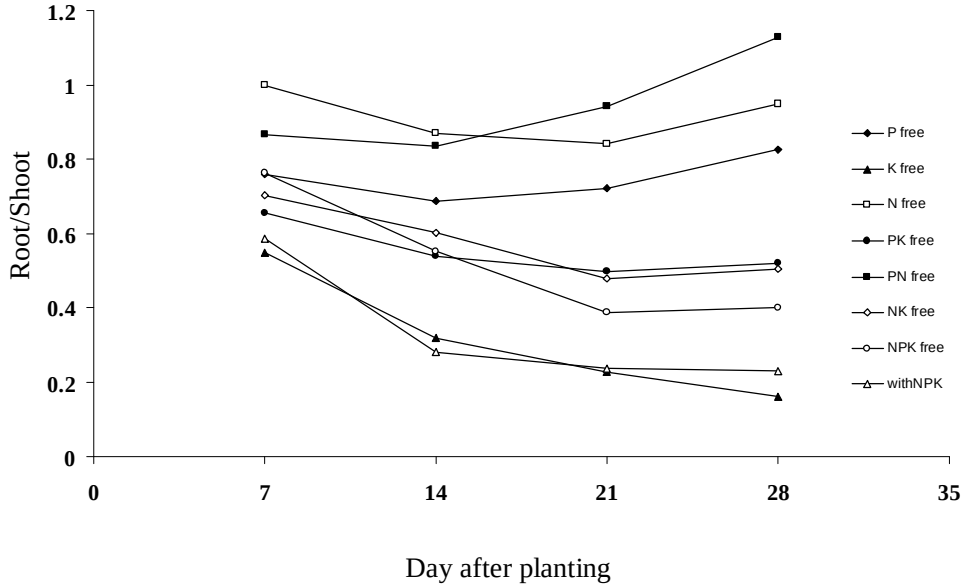


شکل 2 – تأثیر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات وزن خشک ریشه ذرت
Fig. 2- Effect of macro nutrients on the changes process of corn root dry weight (g)

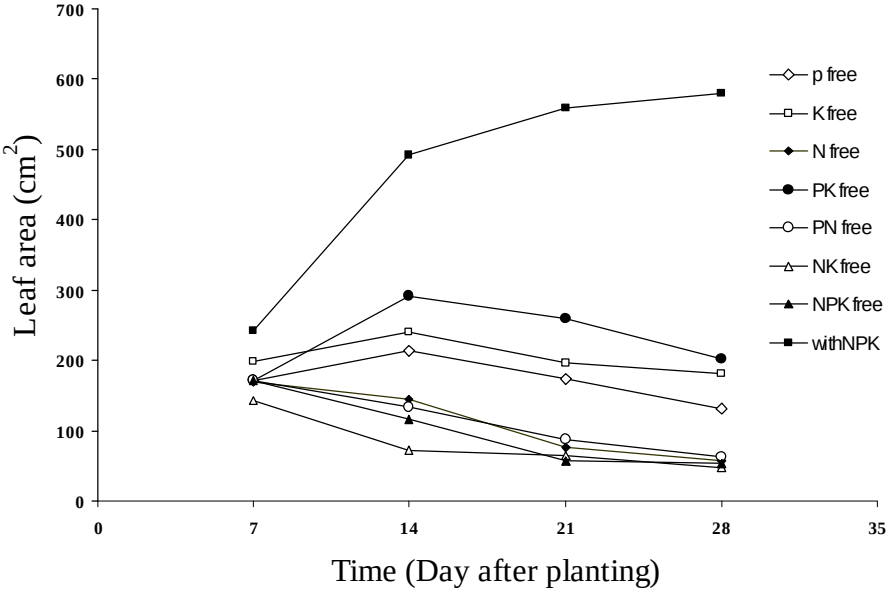
اثر متقابل رقم و عناصر غذایی در سطح 1 درصد معنی‌دار گردید و در آخرین مرحله برداشت بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در تیمار فاقد NK و رقم KWS2360 (1/18) مشاهده شد (جدول3). نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در اکثر تیمارها در طی دوره آزمایشی روند کاهشی داشت، اما در تیمار فاقد N از روز 21 و در تیمار فاقد NP و تیمار فاقد P از روز 14 روند افزایشی داشت (شکل3). نتایج برخی از پژوهش‌های محققان نشان می‌دهد که کمبود فسفر سبب افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی می‌شود که مربوط به توزیع ترجیحی مواد سنتز شده به ریشه‌ها است (Zadode & Padole, 1984). ریشه‌ها عموماً به عنوان مخزن قوی‌تر در گیاه نسبت به برگ‌ها تحت تأثیر کمبود فسفر قرار می‌گیرند، زیرا نسبت ریشه به ساقه اختصاصاً در کمبود فسفر افزایش می‌یابد. در نتیجه می‌توان تداوم انتقال کربوهیدرات فراوان را به ریشه‌ها و تجمع آن را انتظار داشت (Wissuwa et al., 2005). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که رشد ریشه و همچنین رشد اندام هوایی مستقیماً به وسیله قابلیت دسترسی به فسفر اثر می‌پذیرد و افزایش در نسبت ریشه به ساقه تحت تنش فسفر مربوط به اختصاص بیشتر کربن به ریشه‌ها است (Wissuwa et al., 2005). بنابراین در تیمار فاقد P افزایش این نسبت دور از انتظار نبود.

اثر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات سطح برگ ذرت

تیمارهای عناصر غذایی پرمصرف توانست اثر معنی‌داری در سطح 1 درصد بر سطح برگ بگذارد (جدول1). در مرحله چهارم برداشت بیشترین میزان سطح برگ (460 سانتی متر مربع) در تیمار حاوی NPK بدست آمد و تیمار فاقد PK (201 سانتی متر مربع) در گروه بعدی قرار گرفت و کمترین میزان سطح برگ در تیمار فاقد NK (48 سانتی متر مربع) به دست آمد (جدول 1). رقم نیز تأثیر معنی‌داری در سطح 1 درصد بر سطح برگ داشت (جدول 2)، بطوریکه در مرحله چهارم برداشت بیشترین سطح برگ (164 سانتی متر مربع) در رقم KWS2360 مشاهده گردید. اثر متقابل رقم و عناصر غذایی در سطح 1 درصد معنی‌دار گردید و بیشترین میزان سطح برگ در مرحله چهارم برداشت در تیمار حاوی NPK و رقم KWS2360 (561 سانتی متر مربع) مشاهده شد (جدول3). میزان سطح برگ در تیمار حاوی NPK در طی دوره آزمایشی روند افزایشی داشت. به طوری که میزان آن از 243 سانتی متر مربع (7 روز پس از برداشت) به 460 سانتی متر مربع (28 روز پس از برداشت) افزایش یافت (شکل 4). اما در سایر تیمارها به جز تیمار فاقد PK (در مرحله 14 روز پس از کاشت)، روند کاهشی مشاهده شد. زرین کفش (Zarinkafsh, 1992) نیز بیان کرد که با کمبود فسفر رشد قسمت هوایی و ریشه کند می‌شود و برگ‌ها کوتاه، نازک و باریک می‌شوند و در نتیجه سطح برگ نیز کاهش می‌یابد. از طرفی دیگر با افزایش سطح برگ در تیمار شاهد، نور بیشتری توسط گیاه دریافت می‌شود که به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک نیز افزایش می‌یابد، ولی در شرایط کمبود به علت کاهش دسترسی به عناصر پر مصرف، رشد گیاه به تاخیر می‌افتد که این امر منجر به کاهش سطح برگ، فتوسنتز و ماده خشک می‌شود. همچنین افزایش تنفس گیاه و انحراف انرژی از مسیرهای رشد برای تطابق با محیط تحت کمبود، منجر به کاهش ماده خشک بیشتر می‌گردد (Kafi et al., 2000).



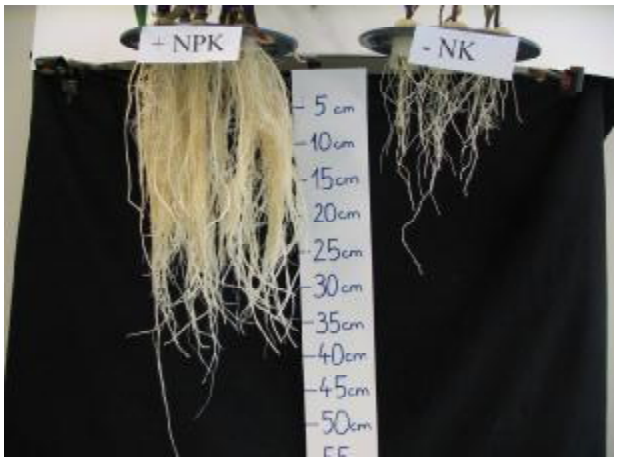
شکل 3- تأثیر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات نسبت ریشه به اندام هوایی
Fig. 3- Effect of macro nutrients on the changes process of corn Root/Soot



شکل 4- تأثیر عناصر غذایی پرمصرف بر روند تغییرات سطح برگ
Fig. 4- Effect of macro nutrients on the changes process of corn leaf area

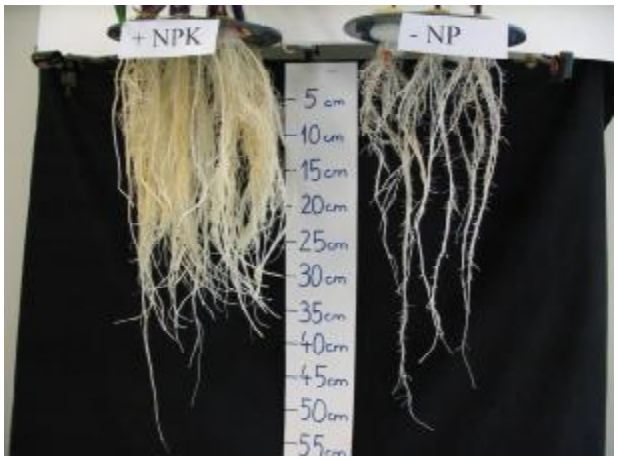
شکل 5- تأثیر تیمارهای حاوی NPK و فاقد NPK بر خصوصیات رشدی ذرت

Fig. 5- Effect of NPK and no NPK treatments on the growth characteristic of corn



شکل 6 – تأثیر تیمارهای حاوی NPK و فاقد NK بر خصوصیات رشدی ذرت

Fig. 6- Effect of NPK and no NK treatments on the growth characteristic of corn



شکل 7 – تأثیر تیمارهای حاوی NPK و فاقد NP بر خصوصیات رشدی ذرت

Fig. 7- Effect of NPK and no NP treatments on the growth characteristic of corn

اثر عناصر غذایی پرمصرف بر تعداد برگ ذرت

بین ارقام مختلف از نظر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر تیمارهای عناصر غذایی بر تعداد برگ در سطح 1 درصد معنی‌دار گردید. به طوری که بیشترین تعداد برگ در تیمار فاقد K با میانگین 5/6 و کمترین تعداد برگ در تیمار فاقد NK با میانگین 3 مشاهده شد (جدول 1). اثر متقابل بین رقم و عناصر غذایی از لحاظ تعداد برگ معنی‌دار نبود (جدول 2).

اثر عناصر غذایی پرمصرف بر عدد کلروفیل متر ذرت

در این بررسی تیمارهای عناصر غذایی مختلف در مراحل مختلف رشد به طور معنی‌داری بر اعداد کلروفیل متر تأثیر گذاشت. بر اساس اطلاعات مندرج در جداول 4 تا 8، در تمامی مراحل رشد بیشترین میزان عدد کلروفیل متر در تیمار حاوی NPK مشاهده شد.

نتایج این آزمایش نشان داد که اعداد کلروفیل‌متر به مراحل رشد گیاه و عناصر غذایی مختلف به خصوص نیتروژن بستگی دارد. در اثر کمبود نیتروژن در گیاه، زرد شدن برگها ایجاد شده که باعث پیری زودرس برگ‌ها و کاهش رشد گیاه می‌شود. به همین دلیل کمترین اعداد کلروفیل‌متر در کل مراحل رشد در تیمار فاقد نیتروژن به دست آمد (جدول 4). در تمامی مراحل رشد گیاه بیشترین میزان اعداد کلروفیل متر در زمان ظهور برگ اول مشاهده شد و کمترین میزان آن در زمان ظهور برگ ششم مشاهده شد. بنابراین با افزایش سن گیاه میزان اعداد کلروفیل‌متر نیز کاهش می‌یابد.

نتایج آزمایشات ولف و همکاران (Wolf et al., 1988) نشان داد که همبستگی بالایی (r^2=0/86) بین ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها با درصد نیتروژن در طی دوره پیری وجود دارد. علاوه براین مقدار کلروفیل و میزان نیتروژن نیز همبستگی بالایی (r^2=0/80) داشت. آنها بیان کردند که کمبود نیتروژن موجب 50% کاهش درصد نیتروژن، کلروفیل و ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و این کاهش در برگ‌های قدیمی‌تر نسبت به سایر برگ‌ها بیشتر بود. در وضعیت کمبود نیتروژن عمر برگ‌های بالا و پایین به ترتیب 10 و 20 روز کاهش یافت. بررسی انجام شده توسط ماداکادز و همکاران (Madakadz et al., 1999) نشان داد که حدود 70 درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست‌های برگ‌ها انباشته می‌شوند و در نتیجه مقدار کلروفیل همبستگی زیادی با میزان نیتروژن دارد. بریدمایر (Bredemeier, 2005) در بررسی‌های خود نشان داد که با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، اعداد کلروفیل متر نیز افزایش می‌یابد و با کاهش میزان آن، اعداد کلروفیل‌متر نیز کاهش می‌یابد. از طرفی کمبود فسفر نیز باعث محدودیت انتقال نیتروژن و متابولیسم آن می‌شود و جذب نیترات تحت کمبود فسفر تغییر می‌کند.

جدول 4- میزان عدد کلروفیل متر برگ‌های ذرت تحت تأثیر عناصر غذایی پرمصرف

Table 4- chlorophyll content (spad) of corn leaves in macro nutrient treatments

LSD (0.05)	P_0	K_0	N_0	P_0K_0	P_0N_0	N_0K_0	$N_0P_0K_0$	With NPK	تیمارها treatments
1.51*	9.6	8.7	4.4	12	7.7	6.9	7.6	34	عدد کلروفیل متر chlorophyll content (spad)

*میانگین‌هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی داری ندارند.

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

جدول 5- اثر عناصر غذایی پرمصرف بر میزان عدد کلروفیل متر برگ اول ذرت در مراحل مختلف رشد

Table 5- Effect of macro nutrients on the chlorophyll content of first leaf of corn in different growth stages

LSD (0.05)	P_0	K_0	N_0	P_0K_0	P_0N_0	N_0K_0	$N_0P_0K_0$	With NPK	تیمارها Treatments / دوره رشد Growth period
7.7*	35	35	29	31	39	29	31	54	زمان ظهور برگ اول Stage of first leaf appearance
9.7	11	20	2	13	14	14	13	52	زمان ظهور برگ دوم Stage of second leaf appearance
3.4	9.5	13	1	5	9	10	8	49	زمان ظهور برگ سوم Stage of third leaf appearance
1.76	0	0	0	0	0	0	0	10	زمان ظهور برگ چهارم Stage of fourth leaf appearance
1.63	0	0	0	0	0	0	0	10	زمان ظهور برگ پنجم Stage of fifth leaf appearance
2	0	0	0	0	0	0	0	10	زمان ظهور برگ ششم Stage of sixth leaf appearance

*میانگین‌هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

جدول 6- اثر عناصر غذایی پرمصرف بر میزان عدد کلروفیل متر برگ دوم ذرت در مراحل مختلف رشد

Table 6- Effect of macro nutrients on the chlorophyll content of second leaf of corn in different growth stages

LSD (0.05)	P_0	K_0	N_0	P_0K_0	P_0N_0	N_0K_0	$N_0P_0K_0$	With NPK	تیمارها Treatments / دوره رشد Growth period
7*	25	31	5	19	31	27	24	53	زمان ظهور برگ دوم Stage of second leaf appearance
5.14	6.5	4	4	13	0	0	0	39	زمان ظهور برگ سوم Stage of third leaf appearance
4.38	0	4	0	0	0	0	0	33	زمان ظهور برگ چهارم Stage of fourth leaf appearance
3	0	2	0	0	0	0	0	29	زمان ظهور برگ پنجم Stage of fifth leaf appearance
2.86	0	0	0	0	0	0	0	26	زمان ظهور برگ ششم Stage of sixth leaf appearance

*میانگین‌هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

جدول 7- اثر عناصر غذایی پرمصرف بر میزان عدد کلروفیل متر برگ سوم ذرت در مراحل مختلف رشد

Table 7- Effect of macro nutrients on the chlorophyll content of third leaf of corn in different growth stages

LSD (0.05)	P_0	K_0	N_0	P_0K_0	P_0N_0	N_0K_0	$N_0P_0K_0$	With NPK	تیمارها Treatments / دوره رشد Growth period
9.69*	25	26	12	20	29	17	21	49	زمان ظهور برگ سوم Stage of third leaf appearance
2.1	9.5	5	0	16	3	8	10	44	زمان ظهور برگ چهارم Stage of fourth leaf appearance
2.58	9	4	0	15	3	8	10	41	زمان ظهور برگ پنجم Stage of fifth leaf appearance
2.49	6.3	3	0	12	0.6	7	9	39	زمان ظهور برگ ششم Stage of sixth leaf appearance

*میانگین‌هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

جدول 8- اثر عناصر غذایی پرمصرف بر میزان عدد کلروفیل متر برگ چهارم ذرت در مراحل مختلف رشد

Table 8- Effect of macro nutrients on the chlorophyll content of fourth leaf of corn in different growth stages

LSD (0.05)	P_0	K_0	N_0	P_0K_0	P_0N_0	N_0K_0	$N_0P_0K_0$	With NPK	Treatments تیمارها / دوره رشد Growth period
3.23*	20	16	2	24	15	12	15	41	زمان ظهور برگ چهارم Stage of fourth leaf appearance
3.12	16	12	1	20	11	8	11	37	زمان ظهور برگ پنجم Stage of fifth leaf appearance
2.95	13	9	0.2	17	8	6	8	34	زمان ظهور برگ ششم Stage of sixth leaf appearance

*میانگین‌هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

منابع

1- Ameziane, R., Cassan, L., Duffosse, C., Ruffy, T. W., and Limami, A. M. 1997. Phosphate availability in combination with nitrate availability affects root yield and chicon yield and quality of Belgain endive (*Cicorium intybus*). Plant and Soil 191: 269-277.

2- Anghinoni, I., and Barber, S. A. 1980. Phosphorus influx and growth characteristic of corn roots as influenced by phosphorus supply. Agronomy Journal 72: 685-688.

3- Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD. Thesis. Technical University of Munich, Germany. 219 pp.

4- Cakmak, I.C., Hengeler, C., and Marschner, H. 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. Journal of Experimental Botany 45: 1245-1250.

5- Hopkins, W. G. 2004. Introduction to plant physiology (3rd ed.). Published in the U.S. with John Wiely and Sons. New York. 557 pp.

6- Hosseini, M. A., Ogunlea, V. B., and Falaki, A. M. 2008. Mineral composition of dry season maize (*Zea mays* L.) in response to varying level of nitrogen, phosphorus and irrigation at kadawa, Nigeria. World Journal of Agricultural Science 4: 775-780.

7- Jamshidi, A. 1999. Effect of agricultural operations (quality of water) on demolition of lands. MSc Thesis. Faculty of Natural resources, Tarbiyat Modares University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

8- Smith, J.L., Halvorson, J.J., and Bolton H. 2002. Soil properties and microbial activity across a 500 m elevation gradient in semi-arid environment. Journal of Soil Biology and Biochemistry 34(11): 1749-1757.

9- Jun, Y. 1996. Wheat Root Systems and Water Utilization in a Semi-arid Region, in Root Demographics and Their Efficiences in Sustainable Agriculture. Kluwer, Academic Publisher. Boston, London.

10- Kafi, M., Lahootee, M., Zand, E., Shareefee, H.R., and Goldani, M. 2000. Plant Physiology. Jahadeh Daneshgahi press. (In Persian)

11- Kazempour, S., and Tajbakhsh, M. 2002. Effect of some antitranspirants on vegetative characteristic, yield and yield parameters of corn under limited irrigation. Iranian Journal of Agricultural Science 33(2): 205-211. (In Persian with English Summary).

12- Kelik, H., Asik, B. B., and Katkat, A. 2010. Effect of potassium and iron on macro element uptake of maize. Zemdirbyste-Agriculture 97: 11-22.

13- Khodabande, N. 1995. Grains. University of Tehran Publisher. (In Persian)

14- Madakadze, I. C., Stewart, K. A., Madakadze, R., M., Peterson, P. R., Coulman, B. E., and Smith, D. L. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. Journal of Plant Nutrition 22(6): 1001-1010.

15- Majidian, M., Ghalavand, A., Kamkar, A., Karimiyan, N. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. Iranian Journal of Crop Sciences 10(3): 303-330. (In Persian with English Summary)

16- Malakuti, M., and Riyazi Hamedani, A. 1991. Fertilizers and Soil Fertility. Publisher Center of Univ. (In Persian)

17- Mollier, A., and Pellerin, S. 1999. Maize root system growth and development as influenced by phosphorus

deficiency. Journal of Experimental Botany 50: 487-497.
18- Naseri Pouryazdi, M. 1991. Study the effect of NPK on growth and yield of cumin (*Cuminum cyminum*). MSc Thesis. Faculty of Agriculture, Tarbiyat modares University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
19- Rufty, T. M., Huber, S. C., and Volk, R. J. 1993. Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean. Journal of Experimental Botany 44: 879-891.
20- Scharf, P.C., and Brouder, S.M. 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. Agronomy Journal 98: 655-665.
21- Schlemmer, M. R., Francis, D. D., Shanahan, J. F., and Schepers, J. S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal 97: 106-112.
22- Wissuwa, M., Gamat, G., and Ismail, A. M. 2005. Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitations? Journal of Experimental Botany 56: 1943-1950.
23- Wolf, D. W., Henderson, D. W., Chsiao, T., and Alvino, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration nitrogen distribution, and yield. Agronomy Journal 80: 859–864.
24- Zadode, S. D., and Padole, V. R. 1984. Yield and nutrient uptake behaviour of hybrid sorghum CSH-9 as influenced by nitrogen and phosphate fertilization. PKV Research Journal 8: 5-7.
25- Zarinkafsh, M. 1992. Soil Fertility. University of Tehran Publisher. (In Persian)
26- Zehtabian, G., and Amiri, B. 2005. The comparison of soil nutrients among agricultural lands and rangelands with emphasis on N, P, K (case study: Khodabande, Zanjan). Pajouhesh v Sazandegi 68: 9-19. (In Persian with English Summary)