Archive of SID

مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۱، شماره ۳، ۱۳۸۹ (۴۳۲-۴۲۳)

بررسی رابطه کارائی مصرف آب و نیتروژن در فتوسنتز دو هیبرید ذرت دانه‌ای

یحیی امام[1]* و ارسلان ضیائی[2]
۱، ۲، استاد و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
(تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۲۴ – تاریخ تصویب: ۸۸/۱۰/۱۵)

چکیده

در مناطق عمده تولید ذرت (*Zea mays* L.) کمبود آب و نیتروژن از مهمترین دلایل کاهش عملکرد می‌باشد. این پژوهش با هدف بررسی رابطه بین کارائی مصرف آب و نیتروژن در فرایند فتوسنتز در شرایط رطوبتی متفاوت با سطوح مختلف نیتروژن مصرفی طراحی و اجرا گردید. در این راستا آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در بهار و تابستان ۱۳۸۵ انجام شد. عوامل آزمایشی عبارت بودند از مقادیر متفاوت رطوبت خاک (معادل ۰/۵، ۰/۸، ۱ و ۱/۲ ظرفیت مزرعه‌ای)، مقادیر متفاوت نیتروژن خاک (۶۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و ۲ هیبرید ذرت (KSC 700 , KSC 704). نتایج نشان داد که هیبرید KSC 700 در زمان کمبود آب یا کمبود نیتروژن، کارائی مصرف آب زیادتری داشت و این امر به دلیل زیادتر بودن کارائی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز این هیبرید بود. همچنین پژوهش حاضر نشان داد که رابطه بین کارائی مصرف آب و نیتروژن که در شرایط عادی مثبت است در شرایط تنش رطوبتی منفی می‌شود. در مجموع بر اساس این پژوهش به نظر می‌رسد که هیبرید KSC 700 بر KSC 704، که در بسیاری از مناطق مورد استفاده قرار می‌گیرد، در شرایط آب و هوای خشک و کمبود نیتروژن برتری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، نیتروژن، کارائی مصرف آب، کارائی مصرف نیتروژن فتوسنتزی.

مقدمه

کمبود منابع آبی در کشور ضرورت نیاز به کشت ارقام مقاوم به خشکی را در آینده آشکارتر می سازد (Falkenmark & Lundquist, 1998). حفظ عملکرد ذرت دانه‌ای در سطح مطلوب نیازمند مصرف میزان زیادی کود نیتروژن و آب آبیاری است (CAST, 1999). از سوی دیگر کاربرد بیش از حد نیتروژن در شرایط ایجاد هرز آب و آبشویی آن از مزارع و ورود به سفره‌های آب زیرزمینی همواره از مسائل نگران‌کننده برای آلودگی‌های زیست محیطی به‌شمار می‌رود (Christensen, 2002)، به علاوه، مصرف بیش از حد نیتروژن، کارائی مصرف نیتروژن در سیستم‌های زراعی تولید غلات را در جهان کاهش داده است (Raun & Johnson, 1999). به منظور کاهش هزینه نهاده‌ها و کاهش خسارت‌های زیست‌محیطی نیاز به کشت ذرت با سطوح پایین‌تر کود نیتروژن و آب آبیاری است، و این امر مستلزم یافتن هیبریدهای مقاوم به کمبود آب و کمبود نیتروژن است (O'Neill et al., 2004).

* نویسنده مسئول: یحیی امام تلفن: ۰۷۱۱-۲۲۸۷۱۱۶ E-mail: yaemam@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد هر گیاه زراعی به عنوان تابعی از اثر متقابل زیست توده و شاخص برداشت قابل توجیه است، بنابراین عملکرد از طریق افزایش شاخص برداشت یا زیست توده یا هر دو قابل افزایش است. از آنجا که افزایش شاخص برداشت در بسیاری از گیاهان زراعی به سقف خود نزدیک شده است، (در برخی هیبرید های ذرت شاخص برداشت بین ۰/۵۰ تا ۰/۵۵ است)، بنابراین، برای افزایش عملکرد پتانسیل نیاز به افزایش زیست توده گیاه زراعی است، که این موضوع به معنای ازدیاد میزان فتوسنتز گیاه است (Natu & Ghildiyal, 2005).

در این راستا کارائی مصرف آب به عنوان معیاری از عملکرد گیاه، به ویژه در شرایط کمبود آب و کارائی مصرف نیتروژن در فرآیند فتوسنتز به عنوان معیاری از عملکرد گیاه در شرایط کمبود نیتروژن، که دارای رابطه بسیار نزدیکی با میزان فتوستز گیاه است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. Ryle & Hesketh (1968) معتقدند که در گیاه ذرت در شرایط کمبود نیتروژن کاهش فتوسنتز در درجه اول بر اثر افزایش مقاومت مزوفیلی و تا حدودی بر اثر افزایش مقاومت روزنه‌ای است که منجر به کاهش کارائی مصرف آب می‌گردد. Muchow & Sinclar (1994) گزارش کردند که در ذرت و سورگوم میزان فتوسنتز به ازای هر واحد غلظت نیتروژن برگ، که تحت عنوان کارائی مصرف نیتروژن در عمل فتوسنتز بیان می‌شود، کاملاً متناسب با میزان نیتروژن برگ بوده و با افزایش مقدار نیتروژن برگ کاهش یافته و در نهایت به صفر می‌رسد. Field (1983) و Sobrado (1994) معتقدند که بین کارائی مصرف آب و کارائی مصرف نیتروژن در عمل فتوسنتز رابطه منفی وجود دارد، در حالی که Meinzer & Zhu (1998) در پژوهشی با گیاه نیشکر به این نتیجه رسید که این دو پارامتر با یکدیگر سازگار بوده و رابطه مثبتی با هم دارند. او معتقد است که وجود رابطه مثبت یا منفی بین این دو شاخص بستگی به چگونگی تعیین کارائی مصرف نیتروژن در فرآیند فتوسنتز داشته و متناسب با شرایط محیطی غالب در محل آزمایش متفاوت خواهد بود.

بدین ترتیب هدف از انجام پژوهش حاضر مقایسه دو هیبرید ذرت KSC 700 و KSC 704 از نظر مقاومت به کمبود آب و کمبود نیتروژن بر اساس کارائی مصرف آب و کارائی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز بوده است. به علاوه، رابطه بین کارائی مصرف آب و کارائی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز در رژیم‌های متفاوت رطوبتی و نیتروژن مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن در مقادیر متفاوت آب قابل دسترس خاک بر کارائی مصرف آب و کارائی مصرف نیتروژن بر میزان فتوسنتز دو هیبرید ذرت، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در بهار و تابستان سال ۱۳۸۵ در گلخانه بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه (۱۵ کیلومتری شمال غربی شیراز به طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) انجام شد. شرایط نوری و دمای گلخانه تابع محیط طبیعی بیرون بود. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر متفاوت آب قابل دسترس در خاک در ۴ سطح (۰/۵، ۰/۸، ۱ و ۱/۲ ظرفیت مزرعه‌ای)، مقادیر مختلف نیتروژن در خاک (شامل دو سطح ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار که به ترتیب معادل ۲۰ و ۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در هر کیلوگرم خاک می‌باشد) و دو هیبرید متفاوت ذرت (به اسامی KSC700 و KSC704) از گروه ذرتهای خیلی دیررس بود. این هیبریدها در مقایسه با هیبریدهای مورد استفاده در کمربند ذرت ایالات متحده نظیر: 34K77 و 33R87 عملکرد دانه کمتری دارند. پیش از انجام آزمایش و اعمال تیمارها برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش که از لایه سطحی (۱۵-۰ سانتی‌متری) از محل دانشکده کشاورزی جمع آوری شده بود، به شرح زیر تعیین شد: میزان ماده آلی خاک (۰/۰۵٪)، نیتروژن کل (ناچیز)، فسفر قابل جذب (۱۳/۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، پتاسیم قابل جذب (۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، درصد رس (۲۶٪)، سیلت (۵۴٪) و شن (۲۰٪) بافت خاک سیلتی لوم و از سری رامجردی بود.

www.SID.ir

Archive of SID

چگونگی کاشت

در این آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی بزرگ (۱۸ لیتری) استفاده شد و خاک مورد آزمایش به صورت دست نخورده طبق روش Meyer et al. (1987) آماده و در گلدان‌ها ریخته شد. در هر گلدان پنج بذر ذرت در عمق ۵ سانتی‌متری خاک در اوایل خرداد ماه کاشته شد. ظرفیت مزرعه‌ای خاک طبق روش Peters (1965)، (روش سلول فشاری) تعیین شد. میزان رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه‌ای پیش از کاشت ۱۳/۲۹٪ بود. به این ترتیب مقادیر ۵/۵۸، ۴/۶۵، ۳/۷۲ و ۲/۳۳ لیترآب که به ترتیب معادل با ۱/۲، ۱، ۰/۸ و ۰/۵ برابر ظرفیت مزرعه‌ای می‌باشند، به عنوان سطح آب قابل دسترس تعیین شد. این مقادیر برای ۳۵ کیلوگرم خاک در هر گلدان بود.

تعیین رطوبت خاک به روش وزنی (Peters, 1965) و آبیاری با فاصله زمانی یک روز در میان انجام می‌گرفت. یک هفته پس از سبزشدن بذرها عملیات تنک‌کردن صورت گرفت به نحوی که در هر گلدان یک بوته نگه داشته شد. با توجه به اینکه نیاز کودی ارقام دیررس ذرت بر اساس توصیه سازمان تحقیقات کشاورزی فارس برابر ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار می‌باشد (داده‌های منتشر نشده)، میزان نیتروژن خالص مورد نیاز برای هر گلدان برای سطوح ۶۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب معادل ۰/۷۱ و ۲/۱۳۵ گرم بود. دو سوم مقادیر نیتروژن مورد نیاز در زمان کاشت و باقی‌مانده در مرحله ۶ برگی (به صورت محلول) به هر گلدان داده شد. به منظور تأمین فسفر مورد نیاز بوته‌ها فسفر مورد نیاز به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در هر کیلوگرم خاک از منبع سوپر فسفات تریپل به صورت پیش کاشت به خاک هر گلدان اضافه گردید. لازم به ذکر است که رطوبت تمامی گلدان‌ها تا رسیدن به مرحلهٔ ۶ برگی در حد ظرفیت مزرعه نگه داشته شد و از مرحلهٔ ۶ برگی تا آخر فصل رشد اعمال تیمارهای تنش آبی صورت گرفت. به منظور حفظ رطوبت خاک در حد مقادیر دلخواه و به‌ویژه در مورد تیمار ۱/۲ ظرفیت مزرعه‌ای، جهت جلوگیری از خروج آب از گلدان‌ها و عدم شستشوی نیتروژن از خاک از ایجاد سوراخ در ته گلدان‌ها خودداری شد.

اندازه‌گیری صفات

سطح برگ (D)

سطح برگ در طول فصل رشد به صورت غیرتخریبی با استفاده از خط کش میلی‌متری و اندازه‌گیری طول و بزرگترین عرض پهنک برگ مطابق روش Meyer et al. (1987) تعیین شد.

کلروفیل (CH) و نیتروژن برگ (LN)

در پایان آزمایش، برگ‌های انفرادی از بوته‌ها جداشد و پس از تعیین مساحت، درآون در درجه حرارت ۸۰°C به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند، سپس نسبت سطح برگ هر بوته به وزن برگ‌های خشک برای هر بوته محاسبه شد. مقدار نیتروژن برگ برای نمونه‌های برگ خشک طبق روش کجلدال تعیین شد (Muchow & Sinclar, 1994). مقدار کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPID) برای آخرین برگ کاملاً توسعه یافته در کجلدال روزهای ۶۵ تا ۶۸ پس از کاشت هر روز محاسبه و تعیین‌شد(Markwell et al., 1995).

اندازه‌گیری های مربوط به تبادلات گازی

جهت برآورد میزان تثبیت خالص دی‌اکسیدکربن، هدایت روزنه‌ای و غلظت دی‌اکسیدکربن در فضای زیر روزنه و سایر پارامترهای مرتبط از یک سیستم تبادل گازی پرتابل[1] استفاده شد. جوان‌ترین برگ که کاملاً گسترش یافته بود برای اندازه‌گیری‌های تبادل گازی انتخاب شد. اندازه‌گیری‌های تبادل گازی بین ساعت ۱۱/۳۰ و ۱۴/۰۰ صورت گرفت به نحوی که متوسط تراکم جریان تابش فعال فتوسنتزی (PPFD)[2] بر روی سطح برگ نزدیک به ۲۰۹۱ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه بود (نزدیک به نقطه اشباع نوری) (Muchow & Sinclar, 1994). محفظه تبادل گازی بطور تقریبی در نقطه‌ای وسط پهنک برگ در فاصله بین زبانک و نوک برگ به دور برگ بسته شد (در تمام اندازه‌گیری‌ها از قسمت وسط پهنک برگ برای اندازه‌گیری استفاده شد). برگهای بالایی بوته به‌طور موقتی کنار زده شدند، تا سطح برگ مورد مطالعه که از صبح در معرض تابش خورشیدی بوده به‌طورکامل در برابر نور قرار گیرد. اندازه‌گیری‌های فتوسنتزی از نظر زمانی بین ۱۵۰ تا

1. Portable Photosynthesis System (Li-6200, Li-Cor-Biosciontific.Ltd.Hoddesdon, Herts, Enllodb)
2. Photosynthetic Photon Flux Density

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲۰ ثانیه تکمیل شد. در طول این فاصله زمانی درجه حرارت برگ بیشتر از ۲-۳°C افزایش نیافت. این اندازه‌گیری‌ها در طی ۳ روز متوالی از ۶۵ روز پس از کاشت صورت گرفت.

محاسبه شاخص‌های اندازه‌گیری شده

سرعت فتوسنتز (A)

$$A = U_S \Delta C$$

A میزان فتوسنتز بر حسب میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه، U_S تراکم یا توده جریان هوا به ازاء هر مترمربع سطح برگ برحسب مول بر متر مربع بر ثانیه و ΔC اختلاف غلظت دی‌اکسیدکربن در محفظه تبادل گازی بر حسب میکرومول بر مول است. البته مقدار فتوسنتز را می‌توان به طور مستقیم از دستگاه خواند.

میزان تعرق (E)

$$E = U_S \Delta w$$

E میزان تعرق بر حسب مول بر متر مربع بر ثانیه، Δw اختلاف غلظت بخارآب برحسب مول بر مول و U_S تراکم جریان مولی هوا به ازاء هر مترمربع سطح برگ برحسب مول بر مترمربع بر ثانیه.

مقاومت روزنه‌ای در برابر بخارآب (rs)

$$rs = \frac{(W_{leaf} - w_{an})}{\Delta wus} - rb$$

W_{leaf} غلظت بخارآب اشباع در درجه حرارت موجود در سطح برگ برحسب مول بر مول و برابر با:

$$w_{leaf} = \frac{es}{P}$$

es فشار بخارآب اشباع در درجه حرارت موجود در سطح برگ برحسب میلی‌بار و P فشار اتمسفر برحسب میلی بار، Δw اختلاف غلظت بخارآب برحسب مول بر مول، rb مقاومت لایه مرزی در برابر بخار آب برحسب متر مربع بر مول بر ثانیه، W_{an} غلظت بخارآب در بیرون از محفظهٔ برگ برحسب مول بر مول و us تراکم جریان مولی هوا به ازاء هر مترمربع سطح برگ برحسب مول بر متر مربع بر ثانیه.

غلظت دی‌اکسیدکربن در فضای زیر روزنه (C_i)

$$C_i = \frac{((gc - \frac{E}{2})C'an) - A}{gc + \frac{E}{2}}$$

$$g_c = \frac{1}{1/6rs + 1/37rb}$$

g_c هدایت روزنه‌ای در برابر دی‌اکسیدکربن برحسب مول بر متر مربع بر ثانیه، C'_{an} مقدار دی‌اکسیدکربن جریان‌یافته به خارج از محفظهٔ برگ برحسب میکرو مول بر مول، E میزان تعرق برحسب مول بر مترمربع بر ثانیه، A میزان فتوسنتز برحسب میکرومول بر مول، rb مقاومت لایه مرزی در مقابل بخارآب برحسب متر مربع بر مول بر ثانیه وrs مقاومت روزنه‌ای در مقابل بخارآب برحسب متر مربع بر مول بر ثانیه.

هدایت روزنه‌ای در مقابل بخارآب (gs)

$$gs = \frac{1}{rs}$$

gs هدایت روزنه‌ای در مقابل بخارآب برحسب مول بر متر مربع بر ثانیه و rs مقاومت روزنه‌ای در مقابل بخارآب برحسب متر مربع بر مول بر ثانیه.

کارایی مصرف آب فتوسنتزی (pWUE)

$$(A/gs) = \text{WUE}$$

pWUE کارایی مصرف آب فتوسنتزی بر حسب میکرومول بر مول، A میزان فتوسنتز بر حسب میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و gs هدایت روزنه‌ای بر حسب مول بر مترمربع بر ثانیه.

کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز(pNUE)[1]

به صورت شیب منحنی در هر نقطه هنگامی که محتوای نیتروژن برگ در برابر میزان فتوسنتز رسم می شد.

تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه داده‌ها از نرم افزار آماری MSTAT-C و برای رسم نمودارها و تجزیه رگرسیونی از برنامه Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که هیبرید ۷۰۴ مقاومت روزنه‌ای کمتری داشت، بعبارت دیگر هدایت روزنه‌ای (gs) آن

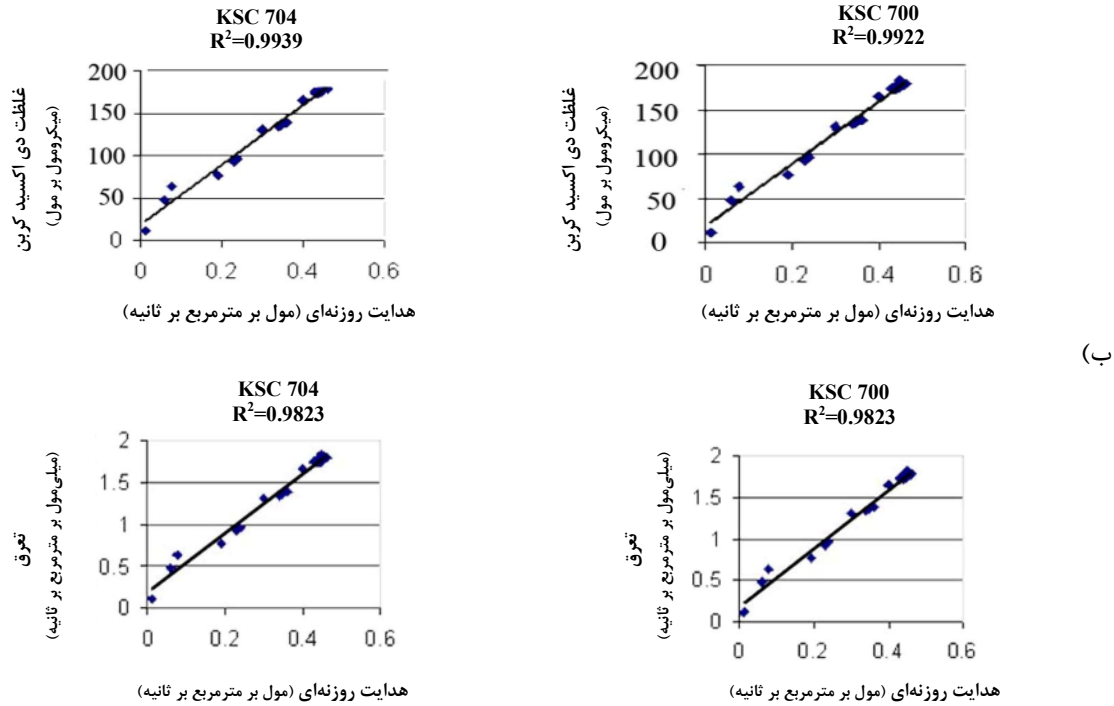
1. Photosynthetic Nitrogen Use Efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

زیادتر بود (جدول۱)، که این امر منجر به بهبود تبادل دی‌اکسیدکربن می‌شد و در نتیجه غلظت دی اکسید کربن بین‌سلولی (C_i) و همچنین تعرق هیبرید ۷۰۴ نیز زیادتر می‌شد (جدول ۱). همبستگی نزدیک بین هدایت روزنه‌ای، تعرق و غلظت دی‌اکسیدکربن بین سلولی مورد توجه سایر پژوهشگران نیز بوده است (Mabrouk et al., 1985) که در پژوهش حاضر نیز (شکل۱) چنین همبستگی‌های نزدیکی بدست آمده است، به نحوی که این ۳ پارامتر در هر دو هیبرید ذرت به موازات یکدیگر تغییر یافتند (جدول ۱).

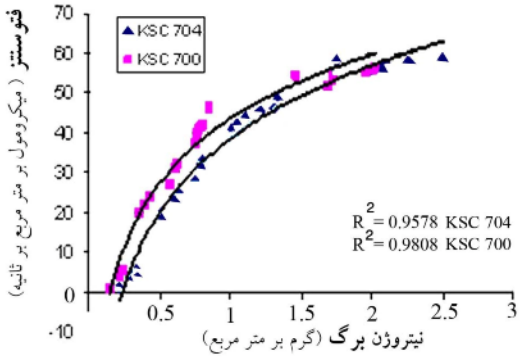
زیادتر بودن میزان فتوسنتز در هیبرید ۷۰۴ (جدول۱) در ارتباط با زیادتر بودن مقدار نیتروژن برگ در این هیبرید بوده است. نیتروژن دارای تأثیر مستقیم در عمل فتوسنتز به‌ویژه روی کارایی فتوسیستم۲ (PS II) می‌باشد (Marschner, 1995) و همچنین زیادتر بودن میزان هدایت روزنه‌ای در این هیبرید که منجر به ازدیاد غلظت دی‌اکسیدکربن بین‌سلولی می‌شود. در عین حال، برخلاف انتظار، علی‌رغم جذب بیشتر نیتروژن در هیبرید ۷۰۴ تفاوت معنی‌داری بین مقدار کلروفیل برگ و سطح برگ بین دو هیبرید مشاهده نگردید (جدول۱)، هرچند مقدار کلروفیل و سطح برگ تولیدی هیبرید ۷۰۴ اندکی زیادتر بود (جدول۱)، در توضیح این امر، Gunda et al. (2007) نیز از وجود رابطه منفی بین یافته‌های حاصل از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD (در تعیین میزان کلروفیل) و میزان فتوسنتز در هیبریدهای ذرت، در شرایط کمبود نیتروژن خاک یاد کرده‌اند. نبودن تفاوت معنی‌دار در میزان سطح برگ دو هیبرید حاکی از این واقعیت است که تفاوت میان دو هیبرید بر مبنای جذب بهتر نیتروژن نبوده چرا که مقدار کلروفیل برگ نیز تفاوت معنی‌داری بین دو هیبرید نشان نداده (Gunda et al., 2007) و به نظر می‌رسد باید به کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز بین دو هیبرید مربوط باشد. کارایی مصرف آب هیبرید۷۰۰ زیادتر بود (جدول۱) و این موضوع در ارتباط با زیادتر بودن کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز (جدول۱ و شیب منحنی‌ها در شکل ۲) این هیبرید بود. این مشاهده با گزارش‌هایی که رابطه مثبتی بین کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز، بدون توجه به تغییرات میزان رطوبت خاک، نشان داده اند، مطابقت داشته و نشانگرآن است که این دو پارامتر با یکدیگر سازگار می‌باشند (Meinzer & Zhu, 1998).



شکل ۱- رابطه هدایت روزنه‌ای با میزان دی اکسید کربن بین سلولی (الف) و تعرق (ب) در هیبریدهای ذرت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- رابطه مقدار نیتروژن برگ با میزان فتوسنتز در هیبریدهای ذرت
(شیب منحنی‌ها برابر با کارائی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز است)

برهمکنش رطوبت خاک و هیبریدها بر کارائی مصرف آب و کارائی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز ارزیابی گردید (جدول۲). بر اساس نتایج بدست آمده، کاهش میزان فتوسنتز خالص در بوته های مواجه با تنش خشکی در درجه اول بر اثر کاهش هدایت روزنه‌ای بوده (Fageria et al., 2006; Wolf et al., 1988). هرچند در تنش‌های شدیدتر ممکن است این موضوع با افزایش مقاومت درون‌سلولی (مزوفیلی) نیز همراه باشد (Ryle & Hesketh, 1968). در پژوهش حاضر با کاهش میزان رطوبت خاک و مواجه شدن با تنش خشکی (تنش ملایم مانند تیمارFC ۰/۸یا تنش شدید مانند تیمار FC۰/۵) در اثر بسته شدن روزنه‌ها و افزایش مقاومت روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای، تعرق و غلظت دی اکسید کربن بین سلولی کاهش یافته است (جدول۲). به نظر می‌رسد علت کاهش هدایت روزنه‌ای، تعرق و غلظت دی‌اکسیدکربن بین‌سلولی در تیمار FC ۱/۲ کمبود اکسیژن در منطقه ریشه بوده باشد، همانگونه که توسط سایر پژوهشگران هم گزارش گردیده است (Fageria et al., 2006; Meyer et al., 1987).

با کاهش رطوبت خاک، مقدار نیتروژن برگ، فتوسنتز، کلروفیل و سطح برگ هم کاهش یافت (جدول۲). مقادیر متفاوت رطوبت خاک میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه را تحت تأثیر قرار داد و جذب نیتروژن در تیمار FC بیشترین و در تیمار FC ۰/۵کمترین مقدار بود. کاهش نیتروژن برگ در تیمار FC ۰/۵ در ارتباط با محدودیت آب قابل دسترس خاک در جذب عناصرغذایی از محلول خاک بوده است (Zaklina & Christof, 2001)، بویژه زمانی که گیاه با کمبود نیتروژن هم مواجه بوده است (Pandey et al., 2000).

کاهش شدید فتوسنتز در تیمار ۰/۵FC در رابطه با بسته شدن ناگهانی روزنه‌ها و کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن بین‌سلولی بر اثر کاهش هدایت روزنه‌ای بوده است (Wolf et al., 1988). در عین حال تاثیر رژیم‌های متفاوت رطوبتی بر میزان فتوسنتز معنی‌دار بود (جدول۲). کاهش فتوسنتز در تیمار ۱/۲FC ممکن است به دلیل کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه در اثر کمبود اکسیژن، همانگونه که توسط سایر پژوهشگران نظیر Meyer et al. (1987) هم مورد توجه قرار گرفته است و همچنین کاهش تنفس ریشه‌ها در شرایط غرقاب و عدم تهویه مناسب در منطقه ریشه بوده باشد (Fageria et al., 2006).

کاهش سطح برگ در رابطه با کاهش میزان رطوبت موجود در خاک بوده و کاهش سطح برگ و مقدار کلروفیل در تیمار تنش خشکی توسط سایر پژوهشگران هم مورد توجه قرار گرفته است (Wolf et al., 1988; Zaklina & Christof, 2001). در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد کاهش سطح برگ در تیمار ۱/۲FC بر اثر محدودیت جذب نیتروژن از خاک در شرایط کمبود اکسیژن باشد (Meyer et al., 1987).

جدول۱- میانگین تعرق (E)، فتوسنتز(A)، دی اکسید کربن بین سلولی(C_i)، هدایت روزنه ای(gs) ، نیتروژن برگ(LN)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (pWUE)، کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز (pNUE)، کلروفیل برگ (CH) و سطح برگ (LA) در هیبریدهای ذرت

هیبرید	E (mmol m^{-2} s^{-1})	A (µmol m mmol)	C_i (µmol mol^{-1})	gs (mol m^{-2} s^{-1})	LN (g m^{-2})	WUE (µmol mol^{-1})	pNUE (µmolCO_2 $mmolN^{-1}s^{-1}$)	CH (µg cm^{-2})	LA (m^2 $plant^{-1}$)
KSC ۷۰۰	۱/۲۹۴b*	۳۶/۰۶b	۱۴۵/۰b	۰/۳۲۰۱b	۰/۸۹۰۳b	۱۰۸/۹a	۰/۵۷۴۳a	۴۳/۸۳a	۰/۵۶۱۲a
KSC ۷۰۴	۱/۳۸۱a	۳۷/۹۹a	۱۵۸/۹a	۰/۳۳۹۸a	۱/۱۶۹a	۱۰۶/۴b	۰/۴۷۵۵b	۴۴/۳۳a	۰/۵۶۵۱a

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی مصرف آب با کاهش مقدار آب قابل دسترس در خاک و در شرایط تهویه نامناسب و کمبود اکسیژن (تیمار ۱/۲FC) به صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲)، لیکن، در شرایط FC و ۰/۸ FC و۱/۲ FC میان دو هیبرید تفاوت معنی‌داری از نظر کارایی مصرف آب مشاهده نگردید، به عبارت دیگر در شرایط مطلوب آبیاری و در شرایط تهویه نامناسب هیچکدام از دو هیبرید بر دیگری برتری نداشتند، که مورد توجه اونیل (O'Neill et al., 2004) نیز قرار گرفته است. با نگاهی به کارایی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز در هر یک از سطوح رطوبتی و مقایسه دو هیبرید به خوبی دلیل این امر روشن می‌شود. بین دو هیبرید در سطوح رطوبتی متفاوت از نظر کارایی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۲). لیکن، در شرایط تیمار ۰/۵FC کارایی مصرف آب در هیبرید KSC 700 به صورت بارزی زیادتر بود، زیرا کارایی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز به صورت معنی‌داری زیادتر بود (جدول۲). این موضوع دلیلی بر برتری احتمالی هیبرید ۷۰۰ در شرایط تنش رطوبتی است (جدول ۲).

به نظر می‌رسد اختلال در فتوسنتز و کاهش کارایی مصرف آب در تیمار ۱/۲ FC بیشتر از آنچه که مربوط به کاهش هدایت روزنه‌ای باشد، متابولیکی بوده و نتیجه محدودیت تنفس ریشه‌ها باشد (Meyer et al., 1987). روند تغییرات کارایی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز در جهت عکس مقدار نیتروژن برگ بود (جدول ۲)، که این نتیجه با یافته‌های موچو و سینکلار مطابقت دارد (Muchow & Sinclar, 1994). برهمکنش مقادیر نیتروژن مصرفی و هیبریدها بر ویژگی‌های فیزیولوژیک دو هیبرید ذرت در جدول ۳ نشان داده شده است.

میزان کارایی مصرف آب با کاهش مقدار نیتروژن خاک به گونه معنی‌داری کاهش یافت (جدول۳). در حالی که این موضوع در ارتباط با کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز برعکس بود (جدول۳). بین دو هیبرید در شرایط مطلوب نیتروژن از نظر کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن فتوسنتزی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول۳). لیکن، در شرایط کمبود نیتروژن کارایی مصرف آب هیبرید ۷۰۰ به‌طور معنی‌داری زیادتر از هیبرید ۷۰۴ بود. کارایی مصرف نیتروژن این هیبرید در فرایند فتوسنتز نیز در شرایط کمبود نیتروژن به صورت معنی‌داری زیادتر از هیبرید ۷۰۴ بود (جدول ۳).

جدول۲- میانگین تعرق (E)، فتوسنتز (A)، دی‌اکسیدکربن بین سلولی (C_i)، هدایت روزنه‌ای (gs)، نیتروژن برگ (LN)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (pWUE)، کارایی مصرف نیتروژن فتوسنتزی (pNUE)، کلروفیل برگ(CH) و سطح برگ (D) ذرت تحت تأثیر برهمکنش مقادیر متفاوت رطوبت خاک و هیبرید های ذرت

تیمار		E (mmol m^{-2} s^{-1})	A (µmol m^{-2} s^{-1})	C_i (µmol mol^{-1})	gs (mol m^{-2} s^{-1})	LN (g m^{-2})	WUE (µmol mol^{-1})	pNUE (µmolCO_2 Mmol N^{-1} s^{-1})	CH (µg cm^{-2})	D (m^2 $plant^{-1}$)
رطوبت خاک (~FC)	هیبرید									
۱/۲	KSC ۷۰۰	۱/۳۲۸d*	۳۵/۰۰d	۱۴۷/۸d	۰/۳۳۵۰d	۰/۶۸۵۰e	۱۰۴/۳c	۰/۴۸۱۳c	۴۳/۵۰b	۰/۵۲۴۲c
۱/۲	KSC ۷۰۴	۱/۳۵۲d	۳۶/۰۰d	۱۶۰/۵c	۰/۳۴۰۰d	۰/۹۰۵۰d	۱۰۵/۵c	۰/۴۲۰۲cd	۴۴/۰۰b	۰/۵۳۹۵c
۱	KSC ۷۰۰	۱/۶۶۲bc	۴۹/۸۷b	۱۸۸/۷b	۰/۴۱۵۰bc	۱/۳۲۴c	۱۲۰/۲a	۰/۲۸۵۷de	۵۵/۶۷a	۰/۶۵۷۸a
۱	KSC ۷۰۴	۱/۷۸۸a	۵۳/۰۹a	۲۰۵/۶a	۰/۴۴۸۳a	۱/۷۵۰a	۱۱۸/۴a	۰/۲۲۷۸e	۵۶/۸۳a	۰/۶۴۹۷ab
۰/۸	KSC ۷۰۰	۱/۵۹۷c	۴۶/۶۴c	۱۸۶/۷b	۰/۴۰۵۰c	۱/۲۴۸c	۱۱۵/۰b	۰/۳۰۱۷de	۵۳/۶۷a	۰/۶۱۳۵b
۰/۸	KSC ۷۰۴	۱/۷۳۲ab	۴۹/۵۸b	۲۰۳/۵a	۰/۴۳۵۰ab	۱/۵۸۸b	۱۱۳/۸b	۰/۲۵۷۷de	۵۴/۵۰a	۰/۶۲۴۸ab
۰/۵	KSC ۷۰۰	۰/۵۸۸۳e	۱۲/۷۳e	۵۶/۹۰e	۰/۱۲۵۳e	۰/۳۰۳۳f	۹۶/۱۲d	۱/۲۲۹a	۲۲/۵۰c	۰/۴۴۹۳d
۰/۵	KSC ۷۰۴	۰/۶۵۱۷e	۱۳/۳۰e	۶۶/۰۰e	۰/۱۳۵۸e	۰/۴۳۲۲f	۸۸/۰۶e	۰/۹۹۶۲b	۲۲/۰۰c	۰/۴۴۶۳d

* در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم ندارند.

www.SID.ir

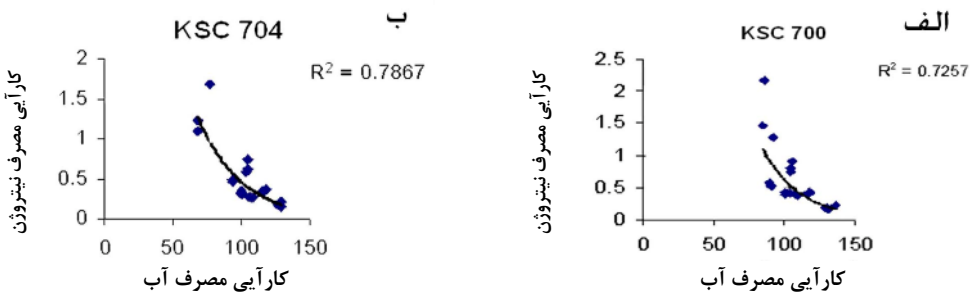
Archive of SID

جدول ۳- میانگین تعرق (E)، فتوسنتز (A)، دی اکسید کربن بین سلولی (C_i)، هدایت روزنه‌ای (gs)، نیتروژن برگ (LN)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (pWUE)، کارایی مصرف نیتروژن فتوسنتزی (pNUE)، کلروفیل برگ (CH) و سطح برگ (D) ذرت تحت تاثیر برهمکنش مقادیر متفاوت نیتروژن خاک و هیبرید های ذرت

D (m^2 $plant^{-1}$)	CH (μg cm^{-2})	pNUE ($\mu molCO_2$ $Mmol$ N^{-1} s^{-1})	WUE (μmol mol^{-1})	LN (g m^{-2})	gs (mol m^{-2} s^{-1})	C_i (μmol mol^{-1})	A (μmol m^{-2} s^{-1})	E ($mmol$ m^{-2} s^{-1})	تیمار	
									نیتروژن $kgha^{-1}$	هیبرید
۰/۶۳۴۴a	۴۹/۱۷a	۰/۴۰۲۲c	۱۲۱/۱a	۱/۱۷۵b	۰/۳۴۴۲a	۱۵۴/۲b	۴۲/۵۳b	۱/۳۶۷b*	۱۸۰	KSC ۷۰۰
۰/۶۴۲۳a	۵۰/۲۵a	۰/۳۴۲۸c	۱۱۹/۶a	۱/۴۵۹a	۰/۳۶۵۰a	۱۶۹/۶a	۴۴/۵۵a	۱/۴۵۲a	۱۸۰	KSC ۷۰۴
۰/۴۸۸۰b	۳۸/۵۰b	۰/۷۴۶۳a	۹۶/۷۴b	۰/۶۰۵۸d	۰/۲۹۶۰b	۱۳۵/۸c	۲۹/۵۹d	۱/۲۲۰c	۶۰	KSC ۷۰۰
۰/۴۸۷۹b	۳۸/۴۲b	۰/۶۰۸۲b	۹۳/۲۹c	۰/۸۷۹۲c	۰/۳۱۴۶b	۱۴۸/۳b	۳۱/۴۳c	۱/۳۰۹b	۶۰	KSC ۷۰۴

* در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم ندارند.

به این ترتیب مشاهده می‌شود که کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز به هنگام مقایسه در سطوح یکسان رطوبت خاک یا سطوح یکسان نیتروژن خاک همواره با یکدیگر سازگار بوده و دارای رابطه مثبتی هستند (Meinzer & Zhu, 1998). به عبارتی چنانچه مقایسه میان این دو پارامتر در طول شیب کاهش رطوبت خاک صورت نگیرد و در هر سطح رطوبتی به تنهایی با مقدار نیتروژن مقایسه شود، رابطه مثبتی بدست می‌آید که با نتایج مینزر و زو مطابقت دارد (Meinzer & Zhu, 1998). لیکن، به هنگام بررسی این دو پارامتر در سطوح متفاوت رطوبت خاک و نیتروژن که درآن کلیه سطوح رطوبتی خاک (مطلوب، معادل ظرفیت مزرعه ای، تنش ملایم، معادل ۰/۸ ظرفیت مزرعه ای، تنش اکسیژن، معادل ۱/۲ ظرفیت مزرعه ای و تنش شدید، معادل ۰/۵ ظرفیت مزرعه‌ای) در برابر مقادیر متفاوت نیتروژن خاک (مطلوب معادل ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و کمبود معادل ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) قرار داده می‌شود، بین این دو پارامتر رابطه منفی به دست می‌آید (شکل۳)، که در این صورت با نتایج Field et al. (1983) و Sobrado (1994) هماهنگی دارد. در توضیح این تضاد ظاهری می‌توان استدلال کرد که، در شرایط کم بودن رطوبت خاک (در پژوهش حاضر در تیمار ۰/۵ ظرفیت مزرعه‌ای) به علت کمتر باز بودن روزنه‌ها (افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش هدایت روزنه‌ای) کارایی مصرف آب (A/gs) در یک میزان معین فتوسنتز به دلیل کاهش مخرج کسر (هدایت روزنه‌ای) افزایش می یابد، حال آنکه در این شرایط کمبود رطوبت خاک، نیتروژن با کارائی کمتری در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Meinzer & Zhu, 1998) و کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز کاهش می‌یابد (شکل ۳).



شکل۳- رابطه کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن در فرایند فتوسنتز در هیبرید KSC 700 (الف) و KSC704 (ب)

www.SID.ir

Archive of SID

بدین ترتیب می‌توان چنین نتیجه گیری کرد که در این بررسی هیبرید ۷۰۰ با کارائی زیادتر مصرف آب در شرایط کمبود رطوبت خاک یا کمبود نیتروژن خاک بر هیبرید ۷۰۴ برتری دارد. زیرا کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز برای هیبرید ۷۰۰ در شرایط کمبود آب و نیتروژن زیادتر از هیبرید ۷۰۴ بود. چنانچه پژوهش‌های تکمیلی مزرعه‌ای هم این موضوع را تایید کند، می‌توان از این هیبرید در نقاط دارای محدودیت رطوبت استفاده بیشتری کرد. همچنین توصیه می‌شود مقایسه‌های لازم بین سایر هیبریدهای موجود که در حال حاضر در دیگر نقاط کشور کشت می‌شوند با هدف دستیابی به حداکثر عملکرد در شرایط کمبود آب و نیتروژن صورت گیرد و انتخاب هیبریدها در هر منطقه بر اساس سازگاری کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن در فتوسنتز با شرایط آب و هوایی آن منطقه صورت گیرد.

REFERENCES

1. CAST, Council for Agricultural Science and Technology. (1999). Gulf of Mexico hypoxia: Land and Sea interactions. *Task force report*. 134. CAST, Ames, IA.
2. Christensen, L. A. (2002). *Soil, nutrient and water management systems used in U.S. corn production.* Agricultural information bulletin. 774. USDA Economic research service. Retrieved August 20, 2004. From Http://www.ers.usda. Gov/publications/alb.
3. Fageria, N. K., Baligar, V. C. & Clark, R. B. (2006). *Physiology of crop production*. Food Product Press. 345pp.
4. Falkenmark, M. & Lundquist, J. (1998). Towards water security: political determination and human adaptation crucial. *Natural Resources Forum*, 22, 37-51.
5. Field, C., Merino, J. & Mooney, H. A. (1983). Compromises between water use efficiency and nitrogen-use efficiency in five species of California evergreens. *Oecologia*, 60, 384-389.
6. Gunda, S. A., Nazma, B., Mosisa, W., Marianne, B. & Walter, J. H. (2007). Leaf senescence induced by nitrogen deficiency as indicator of genotypic differences in nitrogen efficiency in tropical maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 106-114.
7. Mabrouk, A. E., James, H. C. & Ana, H. P. (1985). Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. *Photosynthesis Research*, 7, 137-149.
8. Markwell, J., Osterman, J. C. & Mitchell, J. L. (1995). Calibration Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, 46, 467-472.
9. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press London.
10. Meinzer, F. C. & Zhu, J. (1998). Nitrogen stress reduces the efficiency of the C_4, CO_2 concentrating system and therefore quantum yield in saccharum species. *Journal of Experimental Botany*, 49, 1227-1234.
11. Meyer, W. S., Barrs, H. D., Moiser, A. R. & Schaefer, N. L. (1987). Response of maize to three short term periods of water logging at high and low nitrogen levels on undisturbed and repacked soil. *Irrigation Science*, 8, 257-272.
12. Muchow, R. C. & Sinclar, T. R. (1994). Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field- grown maize and sorghum. *Crop Science*, 34, 721-727.
13. Natu, P. S. & Ghildiyal, M. C. (2005). Potential targets for improving photosynthesis and crop yield. *Current Science*, 88, 1918-1928.
14. O'Neill, P. M., Shanahan, J. F., Schepers, J. S. & Caldwell, B. (2004). Agronomic responses of corn hybrids form different eras to deficit and adequate levels of water and nitrogen. *Agronomy Journal*, 96, 1660-1667.
15. Pandey, R. K., Marnaville, J. W. & Chetima, M. M. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*, 46, 15-27.
16. Peters, D. B. (1965). Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and mineralogical properties. *Agronomy Monograph. American Society of Agronomy, Inc, Madison*, 9, 279-285.
17. Raun, W. R. & Johnson, G. V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91, 357-363.
18. Ryle, G. J. A. & Hesketh, J. D. (1968). Carbon dioxide uptake in nitrogen-deficient plants. *Crop Science*, 9, 451-454.
19. Sobrado, M. A. (1994). Leaf age effects on photosynthetic rate, transpiration rate and nitrogen content in a tropical dry forest. *Physiologia Plantarum*, 90, 210-215.
20. Wolf, D. W., Henderson, D. W., Hsiao, T. C. & Alvino, A. (1988b). Interactive water and nitrogen

www.SID.ir

Archive of SID

effects on senescence of maize: II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agronomy Journal*, 80, 865-870.

21. Zaklina, B. & Christof, E. (2001). Nitrate uptake ability by maize roots during and after drought stress. *Plant and Soil*, 229, 125-135.

www.SID.ir