مجله علوم گياهان زراعي ايران
دوره ۴۰، شماره ۲، ۱۳۸۸ (۱۴۴-۱۳۵)

تاثير رژيم هاي مختلف آبياري بر چند ژنوتيپ ذرت: I. فلورسانس كلروفيل، خصوصيات رشد و عملكرد دانه

حميدرضا عشقي‌زاده[۱] و پرويز احسان‌زاده[۲]*
۱، ۲، دانشجوي كارشناسي ارشد ودانشيار، دانشكده كشاورزي، دانشگاه صنعتي اصفهان
(تاريخ دريافت: ۸۶/۱/۱۹- تاريخ تصويب: ۸۶/۸/۲۳)

چكيده

قسمت اعظم ايران در قلمرو آب و هواهاي خشك جهان قرار مي‌گيرد. بنابراين با عنايت به محدوديت روز افزون منابع آب، كشاورزان مي بايستي در آينده به توليد گياهان زراعي از جمله ذرت (***Zea mays* L.**) با آب آبياري كمتري روي آورند، كه اين امرممكن است منجر به افزايش وقوع تنش ها در گياه شود. از اين رو اين تحقيق با هدف بررسي تاثير شرايط مختلف رطوبتي بر فلورسانس كلروفيل، خصوصيات رشد و عملكرد دانه ذرت و ارزيابي امكان بكارگيري نسبت **Fv/Fm** به عنوان معياري براي تعيين زمان آبياري در شرايط مزرعه در سال زراعي ۱۳۸۵ با استفاده از آزمايش كرت هاي خرد شده در قالب طرح بلوک كامل تصادفي با سه تكرار در مزرعه‌ي پژوهشي دانشكده كشاورزي دانشگاه صنعتي اصفهان اجرا شد. وضعيت آبياري به عنوان فاكتور اصلي بود كه در آن فاصله‌ي آبياري‌ها بر اساس ميلي‌متر تبخير تجمعي از طشت تبخير كلاس **A** و در چهار سطح I_1 (آبياري پس از ۸۵-۷۰-۸۵)، I_2 (۱۱۰-۷۰-۱۱۰)، I_3 (۱۳۵-۹۵-۱۳۵) و I_4 (۱۶۰-۹۵- ۱۶۰ ميلي متر به ترتيب در سه مرحله كاشت ـ انتقال، انتقال ـ خميري شدن دانه و خميري شدن دانه تا رسيدگي فيزيولوژيكي) و چهار هيبريد ذرت به عنوان فاكتور فرعي شامل سينگل كراس هاي ۷۰۴ (V1)، ۷۰۰ (V2)، ۵۰۰ (V3) و تري وي كراس۶۴۷ (V4) بود. از نظر پارامترهاي فلورسانس كلروفيل (**F0**، **Fm** و **Fv/Fm**) در مرحله‌ي ۱۰ برگي گياهان بجز در مورد **F0** كه بين هيبريدهاي ذرت اختلاف معني‌دار در سطح ۱% وجود داشت و همچنين در مرحله ي ظهور گل آذين نر نيز بجز در مورد پارامتر **Fv/Fm** كه در آن بين سطوح آبياري اختلاف معني‌دار وجود داشت و در مورد پارامتر **Fm** كه بين هيبريدها اختلاف معني‌دار در سطح 0% درصد وجود داشت، در ساير موارد اختلاف معني‌داري مشاهده نشد. شاخص سطح برگ و ارتفاع گياهان هم روند با كم شدن آب مصرفي كاهش يافت. سطح I_4 آبياري كمترين عملكرد دانه (۷۶۷۰ كيلوگرم در هكتار) را در مقايسه با ساير سطوح آبياري داشت و در بين هيبريدها نيز هيبريد سينگل كراس ۷۰۰ بالاترين عملكرد دانه (۱۱۲۲۰ كيلوگرم در هكتار) را به خود اختصاص داد. در اين آزمايش همزمان با افزايش ميزان محدوديت رطوبتي، كاهش در سطح فتوسنتز كننده از طريق كاهش ميزان سطح برگ نقش مهمتري نسبت به كارايي فتوسيستم **II**، در عملكرد مورد انتظار داشت. همچنين با توجه به نزديک بودن نسبت **Fv/Fm** در رژيم هاي مختلف آبياري و نيز پراكندگي داده هاي به دست آمده كه متاثر از شرايط محيطي است، به نظر نمي‌رسد كه تحت چنين شرايطي اين عامل معيار مناسبي براي تعيين زمان آبياري در شرايط مزرعه باشد.

واژه‌هاي كليدي: ذرت، فلورسانس كلروفيل، خصوصيات رشد، عملكرد دانه.

* نويسنده مسئول: پرويز احسان‌زاده تلفن: ۰۹۱۳-۳۱۶۳۳۵۰ E-mail: ehsanp@cc.iut.ac.ir

مقدمه

قسمت اعظم ایران در قلمرو آب و هواي خشك جهان قرار مي‌گيرد. علاوه برکمي بارندگي، نوسانات شديد آن در مناطق مختلف کشور در مقياس‌هاي فصلي و سالانه وقوع خشکسالي هاي ضعيف تا شديد را امري اجتناب ناپذير ساخته است، وقوع اين خشکسالي ها، اثر بسيار زيانباري را بر بخش‌هاي کشاورزي و اقتصادي کشور تحميل مي‌کند (Anonymous, 2005).

در سال زراعي ۸۶-۱۳۸۵ سطح زير کشت ذرت دانه‌اي در ايران معادل ۳۶۰ هزار هکتار بوده که از آن معادل ۱/۷ميليون تن دانه بدست آمده است. در اين ميان استان اصفهان با ٤۳۵۰ هکتار سطح زير کشت و توليد ۳۱۳۹۵ تن دانه از نظر ميزان توليد در رده‌ي هشتم کشور و از نظر عملکرد در واحد سطح در رده‌ي پنجم کشور قرار دارد. با اين وجود ميزان واردات دانه ذرت به کشور در سال ۸۵ معادل ۲ ميليون تن بوده است (Anonymous, 2005; FAO, 2006).

حساسيت ذرت با شدت تنش رطوبتي با مرحله‌ي نمو فيزيولوژيکي که تنش در آن اتفاق مي افتد، ارتباط دارد. از اينرو زمان وقوع بارش يا برنامه آبياري يک عامل مهم اقتصادي در توليد ذرت مي‌باشد (Harder et al., 1982; Grant et al., 1989). برنامه ريزي آبياري بايد به صورتي باشد که با مصرف کمترين ميزان آب بيشترين عملکرد محصول بدست آيد. با عنايت به محدوديت روز افزون منابع آب در ايران کشاورزان مي‌بايستي در آينده به توليد گياهان زراعي از جمله ذرت با آب آبياري کمتري روي بياورند، که اين امر ممکن است منجر به افزايش وقوع تنش در گياه شود (Earl et al., 2003; Cakir, 2004; Anonymous, 2005).

از جمله بارزترين واکنش‌هاي گياهان به عامل تنش زاي محيطي افت فتوسنتز ناشي از اختلال در فعاليت فتوسيستم II مي‌باشد (Macdonald et al., 1993; Andrews et al., 1995;). تحت چنين شرايطي به دنبال کاهش توليد و ذخيره فرآورده هاي انتقال الکترون يعني ATP و NADPH در واکنش‌هاي نوري فتوسنتز، عملکرد کوانتومي فتوسيستم II (Φ_{PSII}) افت پيدا مي‌کند. در واقع مقدار فرونشاندن (Quenching) انرژي الکترون برانگيخته شده از مسيرغيرفتوشيميايي[1] افزايش يافته و از اين طريق فتوسيستم II به طور منفي تنظيم مي‌گردد. هنگامي که نور در سطح معمول مي‌باشد، بخش غالب آن در فعاليت‌هاي فتوشيميايي به مصرف مي‌رسد و در نهايت تنها بخش کمي از انرژي نوراني به صورت فلورسانس ساطع مي‌گردد که به آن فلورسانس کمينه (F_0) مي‌گويند. در اين صورت فرونشاندن انرژي الکترون برانگيخته شده از طريق فتوشيميايي (Φ_P)[2] نزديک به ۱ است. در مقابل هنگامي که برگ در معرض پالسي از نور اشباع قرار مي‌گيرد تمامي مولکولهاي موسوم به کوئينون آ (QuinoneA) دست کم به صورت موقت به صورت احيا در آمده و به دليل تداوم واکنش‌هاي فتوشيميايي فتوسيستم II، فلورسانس به ميزان بالايي افزايش مي يابد که به آن فلورسانس بيشينه (F_m) اطلاق مي‌گردد. در چنين حالتي فرونشاندن انرژي الکترون برانگيخته شده از طريق فتوشيميايي (Φ_P) نزديک به صفر است (Maxwell & Johnson, 2000). تجزيه فلورسانس کلروفيل روشي سريع و غير تخريبي را براي ارزيابي نحوه‌ي عملکرد سيستم فتوسنتزي در طول و بعد از تنش محيطي فراهم مي‌کند و اطلاعات حاصل از آن براي مشخص کردن سرعت انتقال الکترون و چگونگي فرونشاندن انرژي الکترون برانگيخته به کار مي‌رود (Macdonald et al., 1993). حتي امروزه در گونه هاي C_4 مثل ذرت که ميزان تنفس نوري در آنها پايين است، اندازه‌گيري فلورسانس کلروفيل جانشين اندازه‌گيري تبادل گازي براي سنجش کارايي انرژي تابش فعال فتوسنتزي[3] جاري شده است (Maxwell & Johnson, 2000). تنش‌هاي محيطي از جمله تنش کمبود آب باعث کاهش حداکثر عملکرد کوانتومي فتوسيستم II ($F_v/F_m = (F_m-F_0)/F_m$) در شرايط سازگار شده با تاريکي مي‌گردند. از اينرو در ژنوتيپ‌هاي مختلف مقدار کاهش عملکرد کوانتومي (F_v/F_m) و يا ثبات تغييرات فلورسانس ($F_v = F_m-F_0$) در بازه‌ي زماني به عنوان معياري از درجه تحمل و مقاومت به تنش مورد استفاده قرار گرفته است (Masojidek et al., 1991; Grafts-Brander & Salvucci, 2002; Yamasaki et al., 2002).

هدف از انجام اين آزمايش، مطالعه تاثير شرايط مختلف رطوبتي بر خصوصيات رشد و فلورسانس کلروفيل چهار هيبريد ذرت و ارزيابي امکان بکارگيري پارامترهاي

1. Nonphotochemical fluorescence quenching (qNP)

2. Photochemical quenching (qn)

3. Photosynthetically Active Radiation

فلورسانس کلروفيل به عنوان معياري براي زمان آبياري در شرايط مزرعه بود.

مواد و روش‌ها

اين تحقيق در فصل زراعي ۱۳۸۵ با استفاده از آزمايش کرت هاي خرد شده در قالب طرح بلوک‌هاي کامل تصادفي با سه تکرار در مزرعه پژوهشي دانشکده کشاورزي دانشگاه صنعتي اصفهان واقع در لورک نجف آباد با عرض جغرافيايي ۳۲ درجه و ۳۲ دقيقه‌ي شمالي و طول جغرافيايي ۵۲ درجه و ۲۲ دقيقه شرقي و ارتفاع ۱۶۳۰ متر از سطح درياي آزاد اجرا شد. ميانگين دراز مدت بارش و درجه حرارت هوا به ترتيب حدود ۱۴۰ ميليمتر و ۱۴/۵ درجه سانتيگراد در سال است، که نزولات عمدتاً در اواخر پاييز، زمستان و اوايل بهار اتفاق مي‌افتد.

فاکتور اصلي رژيم آبياري شامل چهار سطح (جدول۱) و فاکتور فرعي هيبريد شامل چهار هيبريد سينگل کراس‌هاي S.C.۷۰۴ (V_1)، S.C.۷۰۰ (V_2)، S.C.۵۰۰ (V_3) و تري وي کراس۶۴۷ T.W.C. (V_4) بود. دو هيبريد اول در گروه ديررس و دو هيبريد بعدي در گروه ميان رس قرار داشته و طبق برخي گزارش‌ها براي کاشت در شرايط اصفهان مناسب هستند (Darkhal, 2003).

هر کرت فرعي شامل ۴ رديف کاشت به فاصله‌هاي ۷۵ سانتيمتر و طول ۶ متر بود. در روي رديف‌ها در فاصله‌هاي ۱۵ سانتيمتري ۲عدد بذر در عمق تقريبي ۵-۴ سانتيمتر کاشته و اولين آبياري در تاريخ ده خرداد ۱۳۸۵ انجام شد. بر اساس آزمايش خاک (جدول۲) ميزان ۱۰۰ کيلوگرم کود اوره به صورت پايه و ۱۰۰ کيلوگرم ديگر نيز به صورت سرک در مرحله‌ي ۱۰ برگي داده شد. براي جلوگيري از گسترش علف‌هاي هرز، علف کش آترازين (۰/۹ کيلوگرم ماده‌ي موثره)+ ارادیکان (۴/۸ کيلوگرم ماده موثره در هکتار) همراه با آبياري اول مصرف گرديد.

در مرحله‌ي ۴-۳ برگي تعداد گياه در هر نقطه کاشت به يک بوته تقليل يافت، تا تراکم نهايي۸۸۸۸ بوته در هکتار حاصل شود. اعمال رژيم‌هاي آبياري پس از استقرار بوته‌ها و تنک کردن آنها آغاز شد. براي کنترل ميزان آب ورودي از سر ريز مستطيلي شکل درابتداي ورودي هر کرت اصلي استفاده شد و بر اساس رابطه (۱) دبي آب و ميزان آب براي مساحت مورد نظر محاسبه گرديد (Cakir, 2004) که در آن H (ارتفاع آب) و L (طول تاج) بر حسب متر و Q (دبي) بر حسب متر مکعب بر ثانيه بود.

$$Q = ۰/۰۱۸۴ (L - ۰/۲H) H^{۳/۲} \quad (۱$$

براي انجام آبياري ميزان ۷۷۷/۷ مترمکعب آب در هکتار در هر نوبت آبياري داده مي‌شد.

همچنين به دليل وجود زنجره‌هاي ناقل بيماري ويروس موزاييک کوتولگي ذرت[1] گياهان در دو مرحله بوسيله‌ي سم حشره‌کش ديازينون مايع ۶۰ ٪ به ميزان ۳ ليتر در هکتار سم‌پاشي گرديدند ولي در هر صورت آلودگي در حد محسوسي به ويژه در هيبريد تري وي کراس ۶۴۷ تداوم داشت.

در دو مرحله ۱۰ برگي و مرحله‌ي ظهور گل آذين نر فلورسانس کلروفيل اندازه‌گيري شده و بدين منظور از جوانترين برگ کامل، در آخرين روز تيمار محدوديت رطوبتي و قبل از آبياري مجدد در بين ساعات۱۱:۰۰ تا ۱۳:۰۰ استفاده شد.

تمام اندازه‌گيريها در يک محدوده‌ي دو ساعتي به منظور به حداقل رساندن تغييرات روزانه در شدت جريان فوتون فتوسنتزي[2] در طول نمونه‌برداري و کم کردن اثرات آن بر روي پارامترهاي مورد اندازه‌گيري صورت گرفت. سنجش وضعيت فلورسانس بوسيله دستگاه فلورومتر[3] و از محل ميانه‌ي برگ و ما بين رگبرگ اصلي و لبه‌ي برگ در چهار بوته اندازه‌گيري شد (O'Neill et al., 2006) .

پارامترهاي اندازه‌گيري شده شامل موارد ذيل بودند:

فلورسانس کمينه: $F_.$

فلورسانس بيشينه: F_m

بيشينه‌ي پتانسيل کارايي کوانتومي فتوسيستم II:

$$F_v / F_m = (F_m - F_.) / F_m$$

در مرحله‌ي ظهور گل آذين نر شاخص سطح برگ[4] با اندازه‌گيري طول (L) و عرض (W) برگ‌هاي ۴ گياه و از طريق رابطه‌ي (۲) تخمين زده شد (Khajehpour et al., 1998) .

(۲

شاخص سطح برگ = (طول برگ × عرض‌برگ) × (۰/۷۴۷)

1. Maize Dwarf Mosaic Virus(MDMV)
2. Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)
3. Chlorophyll Fluorometer, Opti-Science, OS-30p, London
4. Leaf Area Index (LAI)

همزمان با اندازه‌گيري شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه از سطح خاک تا زبانک آخرین برگ ظهور یافته نیز اندازه‌گيري شد.

جدول۱- سطوح تیمار رژیم آبیاري در مراحل مختلف نمو بر اساس میلیمتر میزان تبخیر تجمعي از طشت تبخیر/ کلاس A

سطوح تیمار آبیاري	مراحل نمو		
	از کاشت تا مرحله انتقال (۱)	از مرحله‌ي انتقال تا خمیري شدن دانه (۲)	از خمیري شدن تا رسیدگي فیزیولوژیک (۳)
I_1	۸۵	۷۰	۸۵
I_2	۱۱۰	۷۰	۱۱۰
I_3	۱۳۵	۹۵	۱۳۵
I_4	۱۶۰	۹۵	۱۶۰

وقایع فنولوژیکي شامل: مراحل سبز شدن، چهار برگي، هشت‌برگي،ده برگي، دوازده برگي، چهارده برگي، کاکل‌دهي و گرده‌افشاني و رسیدگي فیزیولوژیک (با مشاهده لایه سیاه در دانه‌هاي میاني) بر اساس رسیدن ۵۰% بوته‌هاي هر کرت فرعي به مرحله مورد نظر ثبت شد و روز درجه رشد هر مرحله بر اساس دماي پایه ۱۰ درجه سانتیگراد به دست آمد. آبیاري در اواخر شهریور قطع گردید. در زمان برداشت دو ردیف طرفین به منظور حذف اثرات حاشیه اي برداشت نگردید. دو ردیف باقیمانده پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهاي هر کرت جهت اندازه‌گيري عملکرد دانه، مورد استفاده قرار گرفت.

صفات اندازه‌گيري شده با استفاده از نرم‌افزار «اس.آ.اس» تجزیه و تحلیل آماري شده، میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌اي دانکن مقایسه و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

نتایج و بحث

پارامترهاي فلورسانس کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌هاي مربوط به پارامترهاي فلورسانس کلروفیل (F_0، F_m و F_v/F_m) در مرحله ۱۰ برگي نشان داد که بجز در مورد F_0 که بین هیبریدهاي ذرت اختلاف معني‌دار در سطح ۱% وجود داشته در سایر موارد تفاوت معني‌داري بین سطوح رژیم آبیاري و بین هیبریدهاي مورد مطالعه وجود ندارد (جدول۳). در میان سطوح رژیم آبیاري در مورد پارامتر F_0، I_1 با مقدار ۴۰۱/۱۷ بیشترین و I_3 با ۳۳۷/۶۷ کمترین میزان را به خود اختصاص داده‌اند (جدول۴). سطوح I_4 و I_3 با مقادیر ۸۷۷/۳ و ۹۷۷/۸ به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر F_m و نیز سطوح I_1 و I_3 با ۰/۵۱۷ و ۰/۵۹۱ کمترین و بیشترین مقادیر F_v/F_m را در این مرحله داشتند. در بین هیبریدها نیز S.C.۷۰۴ و T.W.C.۶۴۷ با ۳۴۲/۱۳ و ۳۶۹/۵ در مورد پارامتر F_0، S.C.۷۰۴ و S.C. ۵۰۰ با ۱۱۱۰/۵۸ و۷۶۲/۳۹ براي پارامتر F_m و S.C.۵۰۰ و S.C.۷۰۰ با ۰/۵۲۷ و ۰/۶۰۸ در ارتباط با نسبت F_v/F_m به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر را داشتند (جدول۴).

جدول۲- مشخصات فیزیکوشیمیایي خاک محل اجراي آزمایش در لایه ۳۰ سانتي متري سطح خاک

بافت خاک	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	پتاسیم قابل جذب (میلي گرم در کیلوگرم)	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکي (دسي زیمنس بر متر)	ماده آلي (%)
رسي ـ لومي	۳۴	۴۸	۱۵	۲۸۳	۱۸/۵	۰/۰۴۵	۷/۷	۲/۳۹	۰/۸۱

جدول۳- تجزیه واریانس پارامترهاي فلورسانس کلروفیل (F_0، F_m و F_v/F_m) در مرحله ۱۰برگي و ظهور گل آذین نر در هیبریدهاي مختلف ذرت و در رژیم‌هاي مختلف آبیاري

منابع تغییر	درجه آزادي	مرحله ۱۰ برگي			مرحله ظهور گل آذین نر		
		F_0	F_m	F_v/F_m	F_0	F_m	F_v/F_m
تکرار	۲	۱۳۶۸۶ ns	۸۳۴۲ ns	۰/۰۵۶**	۱۳۳۱۰ ns	۵۵۵۷۸ ns	۰/۰۱۱ ns
آبیاري	۳	۱۰۸۶۶ ns	۲۲۴۲۸ ns	۰/۰۱۵ ns	۳۹۳۰۷ ns	۵۲۱۱ ns	۰/۰۶۷*
خطاي الف	۶	۲۲۵۳۶	۶۰۵۹۵	۰/۰۴۹	۴۶۱۹۷	۳۷۳۰۲	۰/۰۲۷
هیبرید	۳	۲۴۴۵ ns	۲۵۱۷۵۰**	۰/۰۱۳ ns	۳۹۲۳۳ ns	۱۵۱۷۹۳*	۰/۰۳۱ ns
هیبرید × آبیاري	۹	۶۹۷۰ ns	۳۳۵۳۷ ns	۰/۰۱۴ ns	۱۴۶۵۶ ns	۲۱۱۰۲ns	۰/۰۲۰ ns
خطاي ب	۲۴	۷۷۲۵	۵۶۰۹۷	۰/۰۰۹	۱۴۶۱۸	۳۴۱۰۷	۰/۰۱۹

* و **: اختلاف معني‌دار در سطح ۵% و ۱% وجود دارد. ns: اختلاف معني‌دار وجود ندارد.

جدول۴- مقايسه ميانگين پارامترهاي فلورسانس كلروفيل (F_0، F_m و F_v/F_m) اندازه‌گيري شده در مرحله ۱۰ برگي و ظهور گل‌آذين نر در هيبريدهاي مختلف ذرت و در رژيم‌هاي مختلف آبياري

عامل آزمايشي	مرحله ۱۰ برگي			مرحله ظهور گل آذين نر		
آبياري	F_0	F_m	F_v/F_m	F_0	F_m	F_v/F_m
I_1	۴۰۱ a	۹۴۵ a	۰/۵۱۷ a	۳۰۹ a	۹۷۵ a	۰/۶۴۵ a
I_2	۳۴۹ a	۹۵۵ a	۰/۵۸۲ a	۳۵۱ a	۹۹۴ a	۰/۶۸۳ a
I_3	۳۳۸ a	۹۷۷ a	۰/۵۹۱ a	۴۴۲ a	۹۷۱ a	۰/۵۱۰ b
I_4	۳۳۹ a	۸۷۷ a	۰/۵۸۹ a	۳۳۹ a	۱۰۱۶ a	۰/۵۹۲ a
هيبريد						
V_1	۳۴۲ a	۱۱۱۰ a	۰/۶۰۸ a	۳۸۱ a	۱۰۷۱ a	۰/۶۳۶ a
V_2	۳۶۸ a	۹۰۷ ab	۰/۵۷۹ a	۴۳۲ a	۹۴۴ ab	۰/۵۳۳ a
V_3	۳۴۷ a	۷۶۲ b	۰/۵۲۷ a	۳۲۰ a	۸۵۱ b	۰/۶۱۵ a
V_4	۳۶۹ a	۹۷۵ ab	۰/۵۶۵ a	۳۰۸ a	۱۰۹۰ a	۰/۶۴۶ a

ميانگين‌هاي با حروف مشابه براي هر عامل آزمايشي در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌اي دانكن در سطح ۵% اختلاف معني‌داري ندارند.

نتايج تجزيه واريانس مربوط به پارامترهاي فلورسانس در مرحله‌ي ظهور گل آذين نر نيز نشان داد بجز در مورد پارامتر F_v/F_m كه در آن بين سطوح رژيم آبياري و در مورد پارامتر F_m كه بين هيبريدها اختلاف معني‌دار در سطح ۵% درصد وجود داشت، در ساير موارد روند مشابه مرحله‌ي ۱۰ برگي مشاهده شد (جدول۴). در ميان سطوح رژيم آبياري در مورد پارامتر F_0، I_3 با مقدار ۴۴۱/۹۱ بيشترين و I_1 با ۳۰۸/۸۸ كمترين ميزان را به خود اختصاص دادند. سطوح I_3 وI_4 با مقادير۹۷۱/۲۱ و ۱۰۱۶/۶۵به ترتيب كمترين و بيشترين مقادير F_m و نيز سطوح I_3 و I_2 با ۰/۵۱۰ و ۰/۶۸۳ كمترين و بيشترين مقادير F_v/F_m را در اين مر حله داشتند. در بين هيبريدها نيز T.C.۶۴۷ و S.C.۷۰۰ با ۳۰۸/۲۱ و ۴۳۱/۵۸ در مورد پارامتر F۰، S.C.۵۰۰ وT.C. ۵۴۷ با ۸۵۱/۴۰ و ۱۰۹۰/۲۱ براي پارامتر F_m و S.C.۷۰۰ و T.C. ۶۴۷ با ۰/۵۳۳ و ۰/۶۴۶ در ارتباط با F_v/F_m به ترتيب كمترين و بيشترين مقادير را داشتند (جدول۴).

Grafts-Brander & Salvucci (2002) در بررسي تنش خشكي در ذرت، محاسبات هفتگي فلورسانس كلروفيل را جهت تخمين ميانگين كارايي كوانتوم فتوسيستمII (Φ_{II}) انجام دادند. نتايج نشان داد، تيمارهاي تنش خشكي در هر دو سال آزمايش به طور معني‌داري برروي Φ_{II} اثر گذاشتند و ميزان كارايي با ادامه يافتن تنش كاهش يافت، ولي پس از آبياري مجدد تا نزديک مقادير تيمارهاي شاهد بهبودي مي‌يافتند. با اينحال شواهد كمي از آسيب پاياني به ظرفيت فتوسنتزي برگ وجود داشت. Morant-Manceau et al. (2004) در بررسي تنش شوري بر روي تريتيكاله هگزاپلوييد و گونه هاي والد آن اعلام كردند كه به نظر مي‌رسد كاهش در سرعت فتوسنتزي اين سه غله تحت تنش شوري بخاطر افزايش در انرژي نگهداري باشد زيرا سرعت تنفس (كه در طول دوره‌ي تاريكي اندازه‌گيري شده است) تحت تنش شوري افزايش يافت و مطالعه فلورسانس كلروفيل اين گياه نشان داد كه عملكرد فيزيولوژيک تيلاكوييدها در مقابل خسارت شوري تا حدود زيادي حفظ مي‌شود. همچنين Masojidek et al. (1991) در بررسي اثر همزمان تنشهاي خشكي و نور شديد در ذرت خوشه اي و ارزن مرواريدي مشاهده كردند كه تنش خشكي (پتانسيل آب كمتر از ۱- مگاپاسكال) ميزان آسيميلاسيون دي‌اكسيدكربن، فلورسانس و انتقال الكترون را كاهش داد. در تركيبي از تنش خشكي و شدت نور بالا ميزان آسيميلاسيون دي‌اكسيدكربن و فلورسانس در برگها به شدت بازداشته شدند (فعاليت انتقال الكترون فتوسنتزي و فلورسانس در كلروپلاست‌ها اما نه فعاليت فتوسيستم۱).

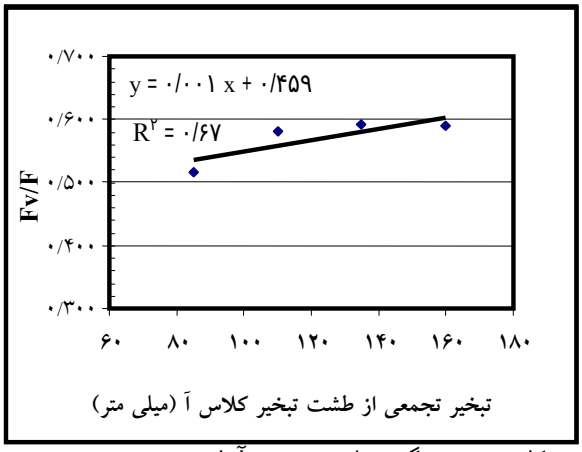
اثر تنش حرارتي بر برگهاي ذرت به خوبي قبل از هر اثر مخربي با اختلال در نحوه‌ي فرو نشاندن انرژي الكترون از طريق غيرفتوشيميايي بوسيله نسبت F_v/F_m بيان

مي‌شود. تنش گرمايي بيش از ۴۲/۵ درجه در برگ F_v/F_m را كاهش داد. به خوبي شناخته شده است كه فتوسيستم II به دماهاي بالا حساس است زيرا مكاني است كه بيشترين تركيبات فتوسنتزي حساس به گرما در آن وجود دارند (Grafts-Brander & Salvucci, 2002). O'Neill et al. (2006)، در ارزيابي چهار ژنوتيپ ذرت كه تحمل متفاوتي به خشكي داشتند ابراز داشتند در شرايط كمبود آب دماي برگ ۲/۸ درجه سانتيگراد كمتر و كارايي فتوسيستم PS_{II} (Φ_{II}) و سرعت تبادل الكترون مقاديرشان براي هيبريدهاي متحمل نسبت به حساس ۵۰% بيشتر بود، در حالي كه در همه هيبريدها مقادير اين پارامترها تحت شرايط بدون تنش مشابه بود.

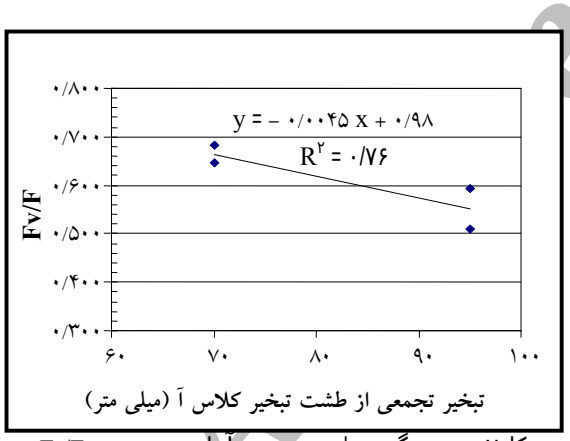
به نظر مي‌رسد با توجه به نتايج بدست آمده در آزمايش حاضر هيبريدهاي مورد مطالعه در مقابل محدوديت رطوبتي واكنش مشابهي داشته و تفاوتي در تحمل نسبت به اين عامل در آنها مشاهده نمي‌شود. از سوي ديگر اندازه‌گيري فلورسانس كلروفيل در مرحله‌ي ظهور گل آذين نر وضعيت گياه را بهتر نشان مي دهد و در آن رژيم‌هاي آبياري I۱ و I۲ كه محدوديت رطوبتي كمتري محسوب مي شوند، نسبت به رژيم‌هاي آبياري I۳ و I۴ مقادير F_v/F_m بالاتري را نشان مي‌دهند در صورتي كه در مرحله ۱۰ برگي عكس اين حالت ديده مي‌شود (شكل‌هاي ۱ و ۲).

خصوصيات نموي و رشد گياه

مراحل نمو گياه تحت تاثير رژيم‌هاي آبياري قرار نگرفت و طول دوره‌ي رشد گياهان عمدتاً تحت تاثير ژنوتيپ آنها قرار داشت به گونه‌اي كه S.C.۵۰۰ نسبت به ساير ارقام در مراحل مختلف رشد جلوتر بود و رسيدگي فيزيولوژيک آن زودتر اتفاق افتاد. ولي در بين ساير ارقام تفاوتي در مراحل مختلف رشد ملاحظه نگرديد (مقادير درجه روز رشد هيبريد سينگل كراس ٧٠٤، ٧٠٠، ٥٠٠ و تري وي كراس ٦٤٧ به ترتيب برابر با ١٦٧٦/٥، ١٦٦٦/٥، ١٦٠٦/٠ و ١٦٨٦/٥ بود). اين در حالي است كه Nesmith & Ritchie (1992) بيان كردند كه كمبود آب پيش از گرده افشاني باعث تاخير در ظهور گل آذين نر، كاكل ها و شروع رشد خطي پر شدن دانه ذرت شد و عملكرد ۱۵ تا ۲۵ ٪ در مقايسه با شاهد كاهش يافت و به طور كلي توسعه‌ي رشد گياه در پاسخ به كمبود آب خاک پيش از گلدهي در شرايط مزرعه به سرعت كم شد. ولي در مطالعه حاضر با توجه به شرايط سطوح آبياري و همزمان بودن مراحل فنولوژيكي به نظر مي‌رسد كه تاثير محدوديت رطوبتي از طريق كم كردن پتانسيل رشد اندام‌ها بوده و گياهان در اين شرايط در طول بازه زماني يكسان در مقايسه با شرايط رطوبتي مناسب اندام‌هاي كوچک‌تري را توليد كرده‌اند.



شكل ۱- همبستگي خطي بين رژيم آبياري و نسبت F_v/F_m در مرحله ۱۰ برگي



شكل۲- همبستگي خطي بين رژيم آبياري و نسبت F_v/F_m در مرحله ظهور گل آذين نر

شاخص سطح برگ و ارتفاع گياه

تاثير رژيم آبياري بر روي شاخص سطح برگ در مرحله ظهور گل آذين نر كه در آن بيشينه اين شاخص وجود دارد در سطح آماري ۱% معني‌دار بود، بطوريكه سطح I۱ آبياري با ۵/۴ بيشترين و I۴ با ۳/۷ كمترين مقدار را داشتند. در بين ارقام نيز هيبريد S.C.۷۰۴ با ۴/۹ بالاترين و S.C.۵۰۰ با ۳/۸ كمترين مقدار را داشتند (جدول۵). روندي مشابه شاخص سطح برگ در مورد

ارتفاع گياه نيز ديده شد و سطح آبياري I_1 و I_4 با ۲۲۶ و۱۸۸ سانتيمتر به ترتيب بيشترين و كمترين مقادير و در بين هيبريدها نيز S.C.۷۰۰ و T.W.C.۶۴۷ با ۲۱۲ و ۱۹۵ سانتيمتر بيشترين و كمترين ارتفاع را داشتند (جدول ۵).

Cakir (2004) نشان داد، تاثير دوره‌هاي كوتاه كمبود آب به تاخير انداختن ظهور برگ و كاهش توليد سطح برگ است و كمبود آب در مرحله رشد رويشي، ظهور برگ را بيش از شش روز ـ بسته به تعداد برگ ـ و ظهور گل آذين نر را بيش از سه روز و نيز پيدايش رنگ برگ را به تاخير انداخت. Traore et al. (2000) نيز در پژوهش خود به اين نتيجه رسيدند كه تنش خشكي سطح برگ را تا بيش از ۳۳٪ و ارتفاع گياه را تا ۱۵ ٪ بسته به تعداد برگ و زمان تنش كاهش داد، كه اين روند بين ذرت هاي معمولي و تراريخته يكسان بود. همچنين كمبود آب در دوره رشد سريع ذرت ميزان ماده خشك نهايي را ۳۲-۲۸ درصد كاهش داد. حفظ تورژسانس در منطقه‌ي طويل شدن برگ تنها تا زماني ادامه مي يابد كه عرضه‌ي مواد فتوسنتزي جاري يا ذخيره شده قابل دسترس باشد و پس از آن تورژسانس كاهش مي يابد و تحت اين شرايط رشد برگ كم مي‌شود (Michelena & Boyer, 1982).

عملكرد دانه

عملكرد دانه به طور معني‌داري ($p<۰/۰۱$) تحت تاثير آبياري و هيبريد قرار گرفته است. سطوح I_1 و I_4 آبياري با ۱۲۳۴۰ و ۷۶۷۰ كيلو گرم دانه در هكتار به ترتيب بيشترين و كمترين ميزان دانه و در بين هيبريدها نيز S.C.۷۰۰ و T.W.C. ۶۴۷ با ۱۱۲۲۰ و ۹۲۸۰ كيلو گرم دانه در هكتار به ترتيب بالاترين (هرچند غيرمعني‌دار) و پايين‌ترين عملكرد دانه را دارا بودند (جدول ۵).

پتانسيل پايين آب در گياه در شرايط تنش ظاهراً توانايي تخمدان‌ها را براي تامين آسيميلات مورد نياز جهت ادامه رشد كاهش مي‌دهد. همچنين تحت اين شرايط كاهش تورژسانس تخليه‌ي آوند آبكش محور گل را باز مي‌دارد و ممكن است جريان آسيميلات را بطور غيرمستقيم از طريق بازدارندگي توسعه‌ي سلولي و تقسيم آن كاهش دهد (Schussler & Westgate, 1991). Andrade et al. (2002) بيان كردند كه اثرات مستقيم تنش بر روي دانه‌بندي از طريق كاهش در تسهيم ماده خشك به سمت بلال و يا تعداد دانه‌هايي كه تشكيل مي‌شود و يا كاهش تخصيص ماده خشك به بلال در طول دوره‌ي بحراني رشد براي مشخص شدن تعداد دانه است.

تنش خشكي در هنگام رشد فعال گياه توسعه‌ي طولي قسمت‌هاي آن را به تاخير مي‌اندازد و پس از رفع تنش بهبود به سرعت صورت نمي‌گيرد. كاهش در اندازه گياه منجر به كم شدن ماده سازي در زمان نمو بلال مي‌شود، از اينرو توليد ماده خشك به اندازه‌ي سطح فتوسنتز كننده وابسته است. تنش زود هنگام از طريق كاهش در سطح فتوسنتز كننده در زمان توسعه‌ي بلال اثر غيرمستقيمي بر روي عملكرد دانه دارد (Denmead & Shaw, 1960). كمبود دسترسي به آب باعث تسريع در پيري برگ‌ها و در نتيجه كاهش بيوماس كل و دانه مي‌شود (Wolfe et al., 1988a, b).

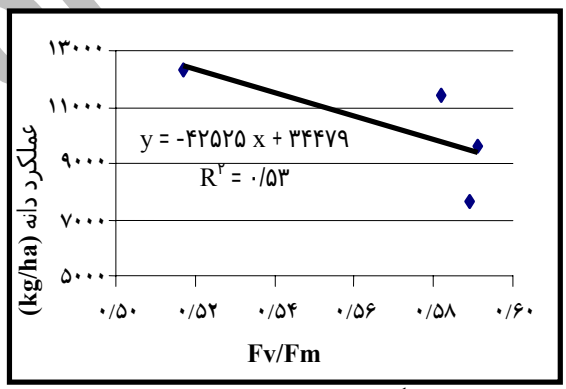
جدول۵- مقايسه ميانگين صفات اندازه‌گيري شده در هيبريدهاي مختلف ذرت و در رژيم‌هاي مختلف آبياري

عامل آزمايشي		صفت		
		شاخص سطح برگ	ارتفاع گياه (سانتيمتر)	عملكرد دانه (كيلوگرم در هكتار)
رژيم آبياري	I_1	۵/۴۳^{a**}	۲/۲۶^{a}	۱۲۳۴۰^{a}
	I_2	۴/۲۸^{b}	۲/۱۴^{ab}	۱۱۳۸۰^{ab}
	I_3	۳/۸۹^{bc}	۱/۹۰^{bc}	۹۶۱۰^{bc}
	I_4	۳/۶۶^{c}	۱/۸۸^{c}	۷۶۷۰^{c}
هيبريد	V_1	۴/۶۰^{a}	۱/۹۷^{b}	۱۰۲۲۰^{ab}
	V_2	۴/۹۳^{a}	۲/۱۲^{a}	۱۱۲۲۰^{a}
	V_3	۳/۸۹^{b}	۲/۰۸^{ab}	۱۰۲۸۰^{ab}
	V_4	۳/۸۵^{b}	۱/۹۵^{b}	۹۲۸۰^{b}

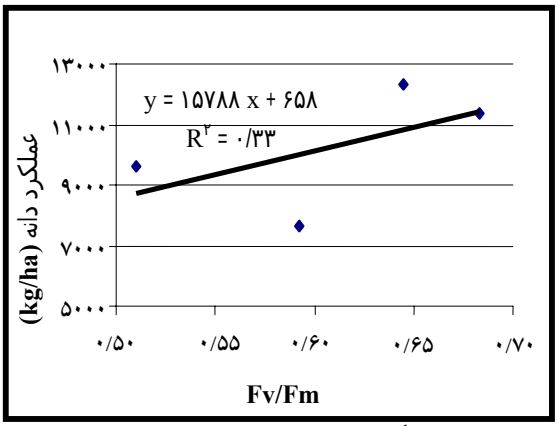
** ميانگين‌هاي با حروف مشابه براي هر عامل آزمايشي در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌اي دانكن در سطح ۱% اختلاف معني‌داري ندارند.

عدم محدوديت رطوبتي در سطح I_1 آبياري سبب افزايش سطح برگ، ارتفاع و عملکرد دانه در مقايسه با ساير سطوح گرديد. در صورتي که سطح I_4 آبياري که در همه‌ي مراحل رشد با محدوديت رطوبتي روبرو بود با حدود ۳۲% کاهش در سطح برگ، ۱۶% کاهش در ارتفاع و ۳۷% کاهش در عملکرد دانه نسبت به سطح I_1 مواجه شد (جدول۳).

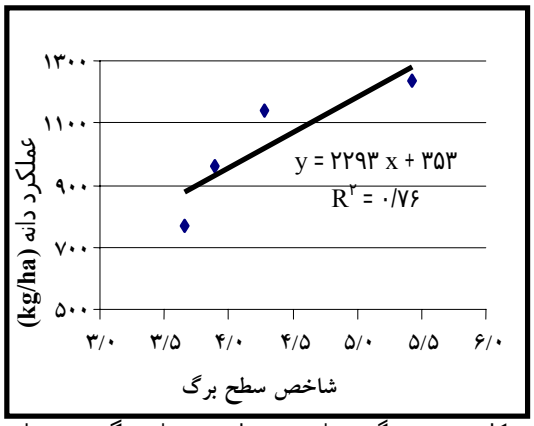
با توجه به نتايج به دست آمده به نظر مي‌رسد که در اين آزمايش همزمان با افزايش ميزان محدوديت رطوبتي کاهش در سطح فتوسنتز کننده از طريق کاهش ميزان سطح برگ نقش مهمتري نسبت به کارايي فتوسيستم II که از طريق رابطه‌ي F_v/F_m بدست مي‌آيد (پيوستگي منفي بين کارايي فتوسيستم II و عملکرد در مرحله ۱۰ برگي و پيوستگي مثبت آن در مرحله ظهور گل آذين نر و ضرايب همبستگي پايين با عملکرد دانه). در عملکرد مورد انتظار داشت (شکل‌هاي ۳، ۴ و ۵).



شکل۳- همبستگي خطي بين نسبت F_v/F_m در مرحله ده برگي و عملکرد دانه در رژيم‌هاي مختلف آبياري



شکل۴- همبستگي خطي بين نسبت F_v/F_m در مرحله ظهور گل‌آذين نر و عملکرد دانه در رژيم‌هاي مختلف آبياري



شکل۵- همبستگي خطي بين شاخص سطح برگ در مرحله ظهور گل آذين نر و عملکرد دانه در رژيم‌هاي مختلف آبياري

به عبارت ديگر سطح فتوسنتز کننده در شرايط مزرعه اهميت بالاتري نسبت به کارايي فتوسنتزي آن دارد (رابطه مثبت و ضريب همبستگي r=۰/۷۷). همچنين با توجه به نزديک بودن نسبت F_v/F_m در رژيم‌هاي مختلف آبياري و نيز پراکندگي داده‌هاي به دست آمده که متاثر از شرايط محيطي است، به نظر نمي‌رسد که تحت چنين شرايطي اين عامل معيار مناسبي براي زمان آبياري در شرايط مزرعه باشد و به دست آوردن نتايج دقيق‌تر در اين زمينه نيازمند اندازه‌گيري اين پارامترها در همه‌ي مراحل رشد و نيز بر روي برگ‌هاي فعال بيشتر (از برگ بلال به بالا) و مقايسه آنها با يکديگر و نيز بررسي روند اين پارامترها در فواصل بين دو آبياري مي‌باشد. طيف هيبريدهاي مورد بررسي نيز از نظر ميزان تحمل به خشکي بايد گسترده بوده و مقايسه بين پارامترهاي فلورسانس در بين ارقام حساس و متحمل صورت بگيرد. در کل در اين آزمايش هيبريد S.C.۷۰۰ از نظر عملکرد دانه در بين ساير ارقام برتري داشت که با افزايش ميزان مصرف آب ميزان توليد آن نيز افزايش يافت.

سپاسگزاري

از راهنمايي‌هاي جناب آقاي دکتر محمدرضا خواجه‌پور و همکاري آقاي مهندس قباد شعباني، مساعدت آقاي دکتر فرهاد عزيزي در تهيه‌ي بذر، دانشکده‌ي کشاورزي دانشگاه صنعتي اصفهان بخاطر اختصاص بودجه براي اجراي اين تحقيق (پايان‌نامه کارشناسی ارشد) و از همکاري صميمانه سرپرست و کارکنان مزرعه‌ي تحقيقاتي دانشکده کشاورزي بويژه جناب آقاي مهندس عراقي تشکر و قدرداني مي‌گردد.

REFERENCES

1. Anonymous. (2005). *Agriculture statistical report of I. R. Iran, fruits and crop plants products-2003*. Ministry of Jihad of Agriculture. (In Farsi).
2. Anonymous. (2005). *Methods of evaluating drought*. WWW.Agrometeorology.ir. (In Farsi).
3. Andrade, F. H., Echarte, L., Rizzalli, R., Della Maggiora, A. & Casanovas, M. (2002). Kernel number predication in maize under nitrogen or water stress. *Crop Science*, 42, 1173-1179.
4. Andrews, J. R., Fryer, M. J. & Baker, N. R. (1995). Characterization of chilling effects on photosynthetic performance of maize crops during early season growth using chlorophyll fluorescence. *Journal of Experimental Botany*, 46, 1195-1203.
5. Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, 1-16.
6. Darkhal, H. (2003). *An evalution of climatic requirements for varying maize hybrids and their impacts on grain yield and components*. Project Report of Agricultural Research Institute of Isfahan. (In Farsi).
7. Denmead, O. T. & Shaw, R. H. (1960). The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal*, 52, 272-274.
8. Earl , H. J. & Davis, R. F. (2003) . Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95, 688-696.
9. FAO. (2006). Food and agriculture organization of the United Nations. Food outlook, Global market analysis. Statistical appendix. No.1. June.
10. Fardad, H. (1996). Principles *of irrigation: methods of irrigation*. Tehran University Press. Pp 442-459. (In Farsi).
11. Fryer, M. J., Andrews, J. R., Oxborough, K., Blowers, D. A. & Baker, N. R. (1995). Factors associated with depression of photosynthetic quantum efficiency in maize at low growth temperature. *Plant Physiology*, 108, 761-767.
12. Grafts-Brander, S. J. & Salvucci, M. E. (2002). Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. *Plant Physiology*, 129, 1773-1780.
13. Grant, R. F., Jackson, B. S., Kiniry, J. R. & Arkin, G. F. (1989). Water-deficit timing effects on yield component in maize. *Agronomy Journal*, 81, 61-65.
14. Harder, H. J., Carlson, R. E. & Shaw, R. H. (1982). Yield, yield components, and nutrient content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress. *Agronomy Journal*, 74, 275-278.
15. Khajehpour, M. R., Sharifzadeh, F. & Akbary, G. A. (1998). Estimating leaf area in maize. *Agricultural Sciences and Technology Journal*, 12 (1), 5-13. (In Farsi).
16. Macdonald, G. E., Shilling, D. G. & Bewick, T. A. (1993). Effects of endothall and other aquatic herbicides on chlorophyll fluorescence, respiration and cellular integrity. *Journal of Aquatic Plant Management*, 31, 50-55.
17. Masojidek, J., Trivedi, S., Halshaw, L., Alexiou, A. & Hall, D. O. (1991). The synergistic effect of drought and light stresses in sorghum and pearl millet. *Plant Physiology*, 96, 198-207.
18. Maxwell, K. & Johnson, G. N. (2000). Review article: Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of Experimantal Botany*, 51, 659–668.
19. Michelena, V. A. & Boyer, J. S. (1982). Complete turgor maintenance at low water potential in the elongation region of maize leaves. *Plant Physiology*, 69, 1145-1149.
20. Morant-Manceau, A., Pradier, E. & Tremblin, G. (2004). Osmatic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 161, 25-33.
21. Nesmith, D. S. & Ritchie, J. T. (1992). Short – and long-term responses of corn to a pre-anthsis soil water deficit. *Agronomy Journal*, 84, 107-113.
22. O'Neill, P. M., Shanahan, J. F. & Schepers, J. S. (2006). Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrids response to variable water conditions. *Crop Science*, 46, 681–687.
23. Schussler, J. R. & E. Westgate, M. E. (1991). Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. *Crop Science*, 31, 1196-1203.
24. Traore, S. B., Carlson, R. E., Pilcher, C. D. & Rice, M. E. (2000). Bt and non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agronomy Journal*, 92, 1027-1035.
25. Wolfe, D. W., Henderson, D. W., Hsiao, T. C. & Alvino, A. (1988a). Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize:I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. *Agronomy Journal*, 80, 859-864.
26. Wolfe, D. W., Henderson, D. W., Hsiao, T. C. & Alvino, A. (1988b). Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: II. Phptosynthtic decline and longevity of individual leaves. *Agronomy Journal*, 80, 865-870.

27. Yamasaki, T., Yamakawa, T., Yamane, Y., Koike, H., Satoh, K. & Katoh, S. (2002). Temperature acclimation of photosynthesis and related changes in photosystem II electron transport in winter wheat. *Plant Physiology*, 128, 1087-1097.