Archive of SID

مجله دانش کشاورزی پایدار/ جلد ۱۹/۱ شماره ۱/ سال ۱۳۸۸

ارزیابی تحمل به خشکی در لاین های اینبرد نوترکیب گندم نان حاصل از تلاقی ارقام آذر۲ و 87Zhong291 با استفاده از پارامترهای فلورسنس کلروفیل

مظفر روستایی[۱]، ابوالقاسم محمدی*[۲]، اسلام مجیدی[۳]، احمد عمری[٤]، مولاری نشیت[٤] و رضا حق پرست[٥]

تاریخ دریافت:۸۷/۱۰/۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۱

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج

٤- پژوهشگر مرکز تحقیقات بین المللی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک (ICARDA)

٥- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه

*مسئول مکاتبه E-mail: mohammadi@tabrizu.ac.ir

چکیده

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تولید محصول در شرایط دیم را تحت تاثیر قرار می دهد. در این تحقیق، کاربرد پارامترهای فلورسنس کلروفیل به عنوان روشی برای ارزیابی تحمل به خشکی در گندم بررسی شد. مواد مورد مطالعه شامل 142 لاین اینبرد نوترکیب گندم در نسل F8 حاصل از تلاقی رقم آذر2 و لاین 87Zhong291 بود. محل آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در دو شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی اجرا شد. پارامترهای فلورسنس مورد بررسی شامل فلورسنس حداقل (F0)، فلورسنس حداکثر (Fm)، فلورسنس قابل دسترس (Fv)، حداکثر مقدار سودمندی یا بهره‌وری از فتوسیستم II (Fv/Fm)، شاخص فتوسنتز (PI)، خاموش‌گرهای شیمیایی (QUE)، پتانسیل آب برگ (LWP)، پتانسیل تبدیل انرژی فتوشیمیایی (YPEC) و خاموش‌گرهای غیرشیمیایی (NPQ) بودند. از نظر پارامترهای فوق‌الذکر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها تحت دو شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی وجود داشت. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و آبیاری تکمیلی به ترتیب 928 و 2547 کیلوگرم در هکتار بود. تحت شرایط تنش خشکی بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به ترتیب 1935 و 272 و در آبیاری تکمیلی به ترتیب 3805/4 و 3804/9 کیلوگرم در هکتار بود. گروه‌بندی افراد جمعیت به گروه لاین‌های پر و کم محصول نشان داد که فقط تحت تنش خشکی بین گروه‌ها از نظر پارامترهای فلورسنس تفاوت معنی‌دار وجود داشت. بر اساس تجزیه رگرسیون، بین عملکرد دانه و پارامترهای فلورسنس به غیر از QUE رابطه مثبت و معنی‌دار در شرایط تنش خشکی وجود داشت ولی رابطه QUE با عملکرد دانه منفی و معنی دار بود. در حالی‌که تحت شرایط آبیاری تکمیلی رابطه خطی معنی‌دار بین پارامترها و عملکرد دانه مشاهده نشد. همبستگی بین پارامترهای فلورسنس در شرایط تنش خشکی مثبت یا منفی و معنی‌دار بود. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان از پارامترهای فلورسنس به همراه صفات مورفوفیزیولوژیک در اصلاح گندم دیم به عنوان معیارهای گزینشی برای تحمل به خشکی استفاده کرد

واژه‌های کلیدی: پارامترهای فلورسنس، گزینش، گندم، Fv، Fv/Fm و PI

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Drought Tolerance in Recombinant Inbred Lines of Wheat Derived from Cross Between Azar2 and 87Zhong291 Using Chlorophyll Fluorescence Parameters

M Rostaei[1], SA Mohammadi[2*], E Majidi[3], A Amri[4], M Nashit[4] and R Haghparast[5]

[1]PhD Student, Tehran Science and Research Unit, Azad Islamic University
[2]Professor, Dept of Agronomy and Plant Breeding, University of Tabriz, Iran
[3]Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj
[4]Researcher, International Center for Agricultural Research in Dry Areas
[5]Assistant Professor, Sararood Dryland Research Institute Kermanshah
*Corresponding author: E-mail:mohammadi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Drought is one of the most important abiotic stresses affecting food production under dryland-rainfed conditions. In the present study, fluorescence parameters as non-destructive methods were used to assess drought tolerance in winter bread wheat. A population of 142 recombinant inbred lines in F8 generation, derived from a cross between Azar2 (Winter type) and 87Zhong291 (Facultative type), was used. Experiment was conducted using randomized complete block design with three replications under rainfed (drought stress) and supplementary irrigation during 2006-2007 seasons at Maragheh Experiment Station of the Dryland Agricultural Research Institute (DARI). The chlorophyll fluorescence characters including minimal fluorescence level from dark-adapted leaves (F_o), maximal fluorescence level from dark-adapted leaves (F_m), variable fluorescence level (F_v), maximum quantum efficiency of PSII photochemistry (F_v/F_m), non-photochemical quenching (NPQ), photochemical quenching (QUE), leaf water potential related to drought resistance (LWP), yield of photochemical energy conversion (YPEC), and performance index (PI) were measured. There were significant differences among genotypes with respect to chlorophyll fluorescence parameters under both conditions. Average grain yield under drought and irrigated conditions were 928 and 2547 Kg/ha, respectively. Under drought condition, grain yield ranged from 272 to 1935 Kg/ha. It varried from 3805.4 and 3804.9 Kg/ha under supplementary irrigation. Grouping of geneotypes based on grain yield revealed significant differences between high and low yielding groups with respect to chlorophyll fluorescence parameters only under drought condition. Based on regression analysis, significant and positive relationships were observed between grain yield and all chlorophyll fluorescence characters except QUE under droght condition. QUE had negative and significant association with grain yield. However, no significant linear relationships was found between grain yield and chlorophyll fluorescence parameters under irrigated condition. Correlation analysis indicated positive or negative significant correlation between chlorophyll fluorescence parameters. The results of present study indicated that chlorophyll fluorescence parameters along with morpho-physiological characters could be used as selection criteria in breeding wheat for drought tolerance.

Keywords: Fluorescence parameters, Selection, Wheat, Fv, Fv/Fm and PI

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گندم یکی از مهم ترین محصولاتی است که سالیانه در سطح 6/5 میلیون هکتار در ایران کشت می شود که 60 درصد سطح زیر کشت آن در دیم زارها و بقیه در شرایط آبی کشور واقع شده است (روستایی 2000 و روستایی و همکاران 2002). تولید گندم های زمستانه در شرایط دیم توسط عوامل بسیاری از جمله خشکی، سرما، گرما و غیره محدود می شود. برای درک بهتر فرایند تحمل به خشکی در گیاهان از ابزارهای متعدی برای اندازه گیری خصوصیات فیزیولوژیک مثل پرومتر، دستگاه اندازه گیری دمای کانوپی و ابزارهای فلورمتر در مطالعات مختلف استفاده شده است اخیرا برای اندازه گیری فلوسانس کلروفیل بدون تخریب بافت گیاه برای درک روابط خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه به عنوان روشی برای بررسی تحمل گیاهان به بسیاری از تنش های محیطی استفاده شده (بیکر و روزنگویست 2004 و کریستوفر و همکاران 2008).

اختلال در فتوسنتز که به وسیله تنش های محیطی و غیرمحیطی القاء می شود، به طور معنی دار در تحریک خصوصیات و مراحل سنتتیک فلورسنس در گیاهان نقش دارد (مک آلیستر ومایرز1940 و کاتستی و زدلیتچ 1941). با وجود این، مطالعات نشان دادند که بسیاری از بازدارنده های فتوسنتز بطور مستقیم در فرایند فتوسنتز درگیر نیستند ولی می توانند تغییراتی را در مراحل سنتتیک فلورسنس ایجاد نمایند (بلوورز 1989، پرسیوال و بیکر1991، کرودس 2000 و بارباگالو و همکاران 2003). بنابر این، تغییر در میزان فلورسنس کلروفیل نشان دهنده اختلال در فتوسنتز بوده و با اندازه گیری نسبت های مختلف از فلورسنس در طی زمان تنش می توان از آنها برای بررسی های تحمل به تنش ها استفاده کرد (حباش و همکاران 1985) . اخیراً تحقیقات زیادی درخصوص استفاده از پارامترهای فلورسنس کلروفیل انجام و میزان انتقال الکترون ها در چرخه فتوسیستم II (PSII) (گنتی و همکاران 1989)، و رابطه آنها با اسمیلات های CO_2 انجام شده است (کرال و همکاران1991، کرال و ادوارد 1991، کورنیک و قشقایی 1991 و هاربونسون و همکاران 1991).

رابطه بین پارامترهای فلورسنس و عملکرد فتوسنتز برگ گیاهان، برای گزینش تحمل به تنش های محیطی در شرایط طبیعی و گلخانه ای و در طی نگهداری محصولات بعد از برداشت نیز استفاده شده است (بیکر وروزنگویست 2004). یانگ و همکاران (2007) از پارامترهای فلورسنس کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی برای بررسی تحمل به از دست رفتن آب در گندم استفاده کردند. آنها نه مکان ژنی (QTL) مرتبط با تحمل به خشکی در شرایط تنش و پنج مکان در شرایط آبی نرمال شناسایی کردند، همچنین دو مکان کنترل کننده کلروفیل c را روی کروموزوم های 7D، 7A و 1B مکان یابی کردند.

تغییرات سریع در فلورسنس کلروفیل که در بعد از تحریک به یک نقطه اوج می رسد باعث ایجاد تفاوت در بین پارامترهای فلورسنس در گیاهان می شود. مقادیر پارامترهای فلورسنس کلروفیل و رابطه آنها با کارایی تغییرات انرژی فتوسنتز، به عنوان روشی برای اصلاح گیاهان به تنش‌های غیرزیستی استفاده می‌شود (اسکریبر و بلگر 1995 و بیکر و همکاران 2001). جوز و همکاران (2004) با استفاده از پارامترهای فلورسنس کلروفیل در دو جمعیت لگوم گزارش کردند که تحت شرایط یکسان جمعیت *Stryphnodendaro adstringens* در مقایسه با جمعیت *Cassia ferruginea* در مقادیر نور بالا به اشباع نوری یا فتوسنتزی می رسد ($\mu md.n^{-2}.s^{-1}$ 600 در مقایسه با $\mu md.n^{-2}.s^{-1}$ 35). همچنین آنها نشان دادند که کارایی بالای فتوسنتز در فتوسیستم II در این جمعیت به خاطر بالا بودن مقدار Fv/Fm (0/814) در مقایسه با 0/783 در جمعیت *Cassia ferruginea* بود.

لیچ تنتالر و همکاران (2005) با استفاده از فلورمتر PAM میزان های مختلف پارامترهای فلورسنس کلروفیل را با تابش نور rfd در سطوح مختلف برگ تعیین کردند. تابش بیشتر نور و تنش گرمایی در سطح بالایی برگ ها به طور شدید موجب کاهش مقدار عملکرد فتوسنتز تا نصف و برخی مواقع نزدیک صفر شد، در حالی که این تغییرات در سطح پایین برگ ها بسیار کم

www.SID.ir

Archive of SID

بود. پارامترهای فلورسنس در دو رقم سیب Labo و Jester در آلودگی با آفت مورد بررسی و پارامترهای آغازین فلورسنس (F0) ، حداکثر فلورسنس (Fm) و میزان حداکثر فلورسنس قابل دسترس (Fv/Fm) و سطح زیر منحنی فلورسنس(Sc) اندازه گیری شد (وجسیچ وبروکووسکا 2004). نتایج نشان داد که با افزایش هجوم کرم به سیب ها، همه این پارامترها به طور پیوسته کاهش یافتند. تنها پارامتری که در اثر تغذیه کرم ها از سیب ها متاثر نگردید پارامتر Trm (نصف زمان توسعه از F0 تا Fm) بود. شاخه های دو رقم Labo و Jester با تغذیه کرم ها خسارت دیده بودند ولی واکنش های فتوشیمیایی در برگ های Jester نشان داد که این رقم کمتر از حمله آفت به خاطر کاهش کمتر در مقدار(Fv/Fm) در مقایسه با رقم Labo متاثر شده است. در این مطالعه هدف تعیین مقادیر پارامترهای فلورسنس در مرحله پر شدن دانه در برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم زمستانه تحت شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی بود تا بتوان از آنها به عنوان معیارهایی برای گزینش ژنوتیپ ها متحمل به خشکی استفاده کرد.

مواد و روش ها

مواد گیاهی

مواد گیاهی مورد مطالعه شامل 142 لاین اینبرد نوترکیب نسل F8 گندم نان حاصل از تلاقی رقم آذر2 ولاین291 87Zhong بود. رقم آذر2 گندمی زمستانه و مقاوم به خشکی است که در سال 1378 برای کاشت در دیمزارهای مناطق سردسیر و معتدل سرد کشور معرفی شد. لاین 291 87Zhong با تیپ رشد بینابین و منشا کشور چین یکی از لاین های پرپتانسیل در اقلیم معتدل دیم می باشد.

شرایط اجرای آزمایش

ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در 30 کیلومتری شرق مراغه و با ارتفاع 1750 متر از سطح دریا با طول جغرافیایی 46 درجه و 17 دقیقه و عرض جغرافیایی37 درجه و 15 دقیقه واقع است. مزرعه آزمایشی در سال قبل تحت آیش بوده و بافت خاک آن در عمق 20-0 سانتی متری لومی رسی با pH = 7/8 و EC = 0/37 میکروموز بر سانتی متر گزارش گردید (فیضی اصل وهمکاران 1383). آزمایش در 12 مهر پاییز سال 85 کشت گردید. میزان 120 کیلوگرم کود اوره در هکتار و 40 کیلوگرم سوپرفسفات آمونیوم در زمان کاشت به صورت جایگذاری مصرف گردید (فیضی اصل و ولیزاده 1382). میزان تراکم بذر در واحد سطح، بر اساس 350 دانه در متر مربع و وزن هزاردانه ژنوتیپ‌ها تعیین گردید. هر کرت آزمایشی شامل 6 خط 4 متری با فاصله خطوط 20 سانتی متر بود. آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی انجام شد.

کل بارندگی فصل زراعی 380 میلی متربود. آزمایش آبیاری تکمیلی در زمان کاشت برای سبز شدن ژنوتیپ‌ها، 40 میلی متر و در زمان ظهور سنبله نیز به منظور کاهش اثر تنش خشکی به میزان30 میلی‌مترآبیاری گردید. کل مقدار آبی مصرف شده در این آزمایش (70 میلی متر آبیاری + 380 میلی‌متر باران) بود. در شرایط تنش خشکی، آزمایش در مرحله شروع ساقه دهی به وسیله سقف مصنوعی جهت جلوگیری از ریزش باران روی آزمایش پوشانیده شدند و در نهایت 320 میلی‌متر باران دریافت کردند (محمودی 1386).

پارامترهای فلورسنس

پارامترهای فلورسنس مورد بررسی شامل فلورسنس حداقل (F0)، فلورسنس حداکثر (Fm)، فلورسنس قابل دسترس (Fv)، حداکثر مقدار سودمندی یا بهره وری از فتوسیستم II (Fv/Fm)، شاخص فتوسنتز (PI)، خاموشگرهای شیمیایی (QUE)، پتانسیل آب برگ (LWP)، پتانسیل تبدیل انرژی فتوشیمیایی (YPEC) و خاموشگرهای غیرشیمیایی (NPQ) بودند. پارامترها در برگ پرچم و با استفاده از دستگاه فلورومتر (Handy Pea V 1.3) اندازه گیری شدند (سساک و سیفل 1997). نور مورد استفاده در دستگاه فلورومتر $500\mu mol.m^{-2}s^{-1}$ بود. پارامترها بعد از

www.SID.ir

Archive of SID

ساعت 11 ظهر و زمانی‌که علایم تنش خشکی در برگ پرچم ظاهر شد، اندازه گیری شدند. برای اندازه گیری ابتدا گیره ها را بر روی پهنک برگ پرچم بسته و سوراخ وسطی گیره‌ها بسته شدند، تا عمل سازگاری با تاریکی انجام گیرد، ده دقیقه بعد از تاریک سازی، ابتدا گیره ها به سر دستگاه فلورومتر وصل کرده و سپس سوراخ وسطی گیره را به منظور ورود نور به محفظه تاریک باز کرده و بلافاصله دگمه روی دستگاه فلورومتر را فشارداده شد تا پارامترهای فلورسنس کلروفیل اندازه‌گیری و ثبت شدند (بیلگر 1995 و بیکر و روزنویست 2004). اندازه گیری پارامترها بعد از گرده افشانی ژنوتیپ و در طی چهار نوبت (از هر هفت روز یکبار) انجام شد. بعد از رسیدن فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌ها، کرت‌های آزمایشی برداشت و عملکرد دانه آنها با ترازوی دقیق (با حساسیت 2 گرم) توزین شدند. مساحت برداشت کرت‌ها بعد از حذف حاشیه‌ها 4 متر مربع بود.

در این بررسی به منظور ارزیابی پارامترهای فلورسنس کلروفیل در جمعیت، تعداد 20 لاین با حداقل عملکرد و 20 لاین دیگر با حداکثر عملکرد از هر دو شرایط (تنش خشکی و آبیاری تکمیلی) به همراه حداقل و حداکثر هر پارامتر در جمعیت و میانگین والدین مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است.

تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزار های Genstat 10.0 و SPSS 9.0 انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین ژنوتیپ ها از نظر عملکرد دانه در دو شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول تجزیه واریانس ارایه نشده است). بر اساس نتایج به دست آمده تحت تنش خشکی بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب 1935 و 272 کیلوگرم در هکتار و متوسط عملکرد والدین 943 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 1). در آزمایش تحت تنش خشکی لاین های شماره 97 و 99 به ترتیب با 1937 و 1935 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید نمودند. در آزمایش آبیاری تکمیلی لاین های شماره 17 و 26 به ترتیب با 3805/4 و 3804/9 کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشتند. درآزمایش آبیاری تکمیلی متوسط عملکرد دانه والدین جمعیت 2732 کیلوگرم در هکتار بود که عملکرد دو لاین برتر حدود یک تن بیشتر از والدین بود (جدول 1). میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ ها در شرایط تنش و نرمال به ترتیب 928 و 2547 کیلوگرم در هکتاربود.

گروه بندی بر اساس عملکرد دانه نشان داد که تحت تنش خشکی، میانگین عملکرد دانه 20 لاین پر محصول و کم محصول به ترتیب 1399 و 332 و در شرایط آبیاری تکمیلی 3447 و 1725 کیلوگرم در هکتار بود که تفاوت معنی دار بین گروه‌ها در هر دو شرایط ارزیابی وجود داشت (جدول 1).

پارامترهای فلورسنس کلروفیل

تجزیه واریانس پارامترهای فلورسنس کلروفیل تحت تنش خشکی نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر پارامترهای فلورسنس کلروفیل اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول تجزیه واریانس ارایه نشده است). کمترین مقدار فلورسنس آغازین (F0) به لاین های

www.SID.ir

Archive of SID

شماره 135 و 117 به ترتیب با 75 و 77 و بیشترین مقدار آن به لاین‌های شماره 70 و 20 به ترتیب با 107 و 106/13 تعلق داشت. کمترین و بیشترین مقدار فلورسنس حداکثر (Fm) به ترتیب 86/5 و 406/4 بود که از لاین‌های شماره 121 و 19 بدست آمد. دامنه تغییر فلورسنس در دسترس (Fv) 218/2 بود که نشان دهنده تنوع ژنتیکی بالای این پارامتر در جمعیت است. نتایج نشان داد که کمترین مقدار حداکثر مقدار سودمندی یا بهره وری از فتوسیستم II (Fv/Fm)، مربوط به لاین‌های شماره 121 و 122 با 0/471 و 0/510 بود در حالیکه حداکثر آن در لاین‌های 29 و 98 به ترتیب با 0/75 و 0/74 مشاهده شد. لاین‌های شماره 121 و 133 به ترتیب با 2/023 و 2/083 کمترین و لاین های 29 و53 با 4/098 و 4 بیشترین مقدار پتانسیل آب برگ (LWP) را دارا بودند. از نظر پارامتر خاموشگرهای شیمیایی (QUE)، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای در جمعیت وجود داشت، حداقل و حداکثر این پارامتر به لاین‌های شماره 29 و 121 به ترتیب با 0/331 و 1/311 مربوط بود. از نظر پتانسیل تبدیل انرژی فتوشیمیایی (YPEC)، بین لاین ها تفاوت معنی دار وجود داشت. به طوریکه لاین‌های 121 و 128 با 0/328 و 0/348 کمترین و لاین‌های 29 و 95 با 0/516 و 0/527 بیشترین مقدار این پارامتر را داشتند. تنوع ژنتیکی برای پارامتر خاموشگرهای غیرشیمیایی (NPQ) در جمعیت بسیار زیاد و دامنه تغییر برای این پارامتر در جمعیت 0/721 بود. از نظر شاخص فتوسنتز (PI) تنوع زیادی بین لاین ها مشاهده شد. کمترین مقدار شاخص فتوسنتز از لاین‌های شماره 127 و 128 به ترتیب با 0/626 و 0/567 و بیشترین آن از لاین‌های شماره 20 و 68 با 35/05 و 43/18 حاصل شد (جدول1). شاخص فتوسنتزی بالا نشان دهنده فعالیت فیزیولوژیکی مناسب رقم یا لاین برای انجام فتوسنتز می‌باشد. بنابراین، کاهش این پارامتر بیانگر اثر تنش در لاین یا رقم مورد نظر است (رتو و همکاران 2004).

همانند شرایط تنش خشکی، تحت آبیاری تکمیلی نیز بین ژنوتیپ ها از نظر پارامترهای فلورسنس کلروفیل تفاوت معنی دار وجود داشت. کمترین مقدار فلورسنس آغازین (F0) به لاین شماره 85 با 81/17 و بیشترین آن به لاین‌های شماره 8 و 55 به ترتیب با 113/67 و 111/17 مربوط بود (جدول1). کمترین و بیشترین مقدار فلورسنس حداکثر (Fm) به ترتیب 264 و 467/83 بود که از لاین‌های شماره 126 و 42 بدست آمد. دامنه تغییر برای فلورسنس در دسترس (Fv) 202/17 بود که نشان دهنده تنوع ژنتیکی بسیار زیاد در بین جمعیت است. از نظر حداکثر مقدار سودمندی یا بهره وری از فتوسیستم II (Fv/Fm)، لاین‌های شماره 102 و 126 با 0/62 و 0/59 کمترین و لاین‌های 42 و 82 با 0/78 کمترین مقدار داشتن. حداقل و حداکثر پتانسیل آب برگ (LWP) به لاین‌های شماره 116 و 126 با 2/76 و 2/59 و لاین‌های 13 و 42 با 4/55 و 4/63 متعلق بود. از نظر QUE، لاین‌های شماره 13، 42 و 82 با 0/29 دارای کمترین مقدار این پارامتر و لاین‌های شماره 102 و 126 با 0/90 و 0/77 بیشترین آن را داشتند. برای پتانسیل تبدیل انرژی فتوشیمیایی (YPEC)، لاین‌های 54، 81، 126 و 128 با 0/45 کمترین و لاین‌های 73، 117 و 123 به ترتیب با 0/57، 0/57 و 0/60 بیشترین مقدار آن را دارا بودند. دامنه تغییرات برای پارامتر خاموشگرهای غیرشیمیایی (NPQ) 0/59 بود. کمترین مقدار شاخص فتوسنتز (PI) از لاین‌های شماره 116 و 126 به ترتیب با 3/18 و 3/55 و بیشترین آن از لاین‌های شماره 5 و 138 به ترتیب با 31/17 و 39/22 حاصل شد (جدول1).

تغییرات پارامترهای فلورسنس در گروه لاین های با عملکرد حداکثر و حداقل

از نظر پارامترهای فلورسنس بین گروه لاین های با عملکرد دانه حداقل و حداکثر فقط تحت شرایط تنش خشکی تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول 1).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱ - حداقل و حداکثر پارامترهای فلورسنس در جمعیت لاین های اینبرد نوترکیب گندم نان و میانگین پارامترها در ۲۰ لاین پرمحصول و کم محصول تحت تنش خشکی و آبیاری تکمیلی

	پارامتر	Fo*	Fm	Fv	Fm/Fv	QUE	LWP	YPEC	NPQ	PI	Yield
آبیاری تکمیلی	حداکثر	۱۱۳/۷	٤٦۷/۸	۳٦٦/۲	۰/۷۸	۰/۹	٤/٦۳	۰/٦۰	۱/۰٦	۳۹/۲۲	۳۸۵۰
	حداقل	۸۱/۲	۲٦٤	۱٦٤	۰/۵۹	۰/۲۹	۲/۵۹	۰/٤۵	۰/۳۳	۳/۱۸	۱۰۸٦
	میانگین ۲۰ لاین پرمحصول	۹۹/۸۱	۳٦۰/۵٤	۲٦۰/۷۳	۰/۷۱	۰/٤۱	۳/۶۱	۰/۵۰	۰/۷۵	۱۲/٤۱	۳٤٤۷
	میانگین ۲۰ لاین کم محصول	۱۰۰/۳۳	۳۷۵/٦۳	۲۷۵/۲٤	۰/۷۲	۰/۳۹	۳/۷۵	۰/٤۹	۰/۸٤	۱۵/٤۸	۱۷۲۵
	رقم آذر۲	۹۹/۵۷	۳۱۳/۳	۲۱۳/٦	۰/٦٦	۰/٤۸	۳/۱۷	۰/٤۵	۰/٦۳	۷/٦۰	۲٤۷۷
	لاین 87Zhong291	۹۷/۸۳	۳۵۷/۹	۲٦۰/۱	۰/۷۱	۰/۵۲	۳/٦٤	۰/٤۹	۰/۷٦	۱۲/۵	۲۹٦۹
	LSD%5	۱۱/۲	۹۵/۰۷	۹۲/۲۱	۰/۰۸۸۱	۰/۳۳۵۵	۰/۹۰۰٦	۰/۰۷٦۳	۰/۲۸۸۸	۱۳/۸۹	۱۰٤۳/۸
تنش خشکی	حداکثر	۱۰۷	۴۰۶/۴	۳۰٤/۸	۰/۷۵	۱/۳۱	٤/۱۰	۰/۵۳	۰/۹٦	٤۳/۲	۱۹۳٦/۷
	حداقل	۷۵	۸۶/۵	۸٦/۵	۰/٤۷۱	۰/۳۳	۲/۰۲	۰/۳۳	۰/۲٤	۰/۵۷	۲۷۲
	میانگین ۲۰ لاین پرمحصول	۹۹/۱۸	۳۵۰/۰۸	۲۵۰/۹۰	۰/۷۰٦	۰/٤۳	۳/۵٤	۰/٤۸	۰/۷۷	۱۲/۰۹	۱۳۹۹
	میانگین ۲۰ لاین کم محصول	۸٤/۵۲۵	۲۱۸/۵	۱۳۳/۹۷	۰/۵۹۹	۰/۷۲	۲/۶۰	۰/٤۲	۰/٤٤	۲/۹۳	۳۳۲
	رقم آذر۲	۹۰/۸	۲۸۲/۳	۱۹۱/٤	۰/٦٦	۰/۵۳	۳/۰۷	۰/٤۳	۰/۷۰	۷/۵۷	۸۷٦
	لاین 87Zhong291	۹۳	۲۹۸/۱	۲۰٤/۲	۰/۵٦	۰/۵٦	۳/۱۵	۰/٤۵	۰/٦٦	۸/٦۳	۱۰۱۰
	LSD%5	٦/٤۵	٦٤/۰۷	٦۳/۱۷	۰/۰۵۳۸	۰/۱۳۵٤	۰/٦۳۱٤	۰/۰٤۳۹	۰/۲۰٦۱	۸/۱٦٤	٤۲۱/۱٤

*فلورسنس حداقل (**F0**)، فلورسنس حداکثر (**Fm**)، فلورسنس قابل دسترس (**Fv**)، حداکثر مقدار سودمندی یا بهره وری از فتوسیستم II (**Fv/Fm**)، شاخص فتوستز (**PI**)، خاموشگرهای شیمیایی (**QUE**)، پتانسیل آب برگ (**LWP**)، پتانسیل تبدیل انرژی فتوشیمیایی (**YPEC**)، خاموشگرهای غیرشیمیایی (**NPQ**) و عملکرد دانه (**Yield**).

www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و پایین تحت تنش خشکی برای پارامترهای F0، Fm، Fv و Fv/Fm معنی دار و به ترتیب 14/9، 132، 117 و 0/11 بود. افزایش این پارامترها در ژنوتیپ های با عملکرد بالا تحت تنش خشکی نشان دهنده اهمیت این صفات در مقاومت به خشکی محسوب می‌شود. یانگ و همکاران (2007) در گندم از پارامترهای فلورسنس کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی برای ارزیابی تحمل به از دست رفتن آب استفاده و گزارش کردند که افزایش در از دشت رفتن آب موجب تغییر در میزان فلورسنس کلروفیل برگ‌ها می‌شود. هاواکس و لانوی (1985) نشان دادند که تغییرات فلورسنس کلروفیل، اغلب در حداکثر کمبود آبی ایجاد می گردد. لاترو و همکاران (1995) گزارش کردند که با حمله آفت به گیاه لوبیا و ایجاد تنش مقادیر پارامترهای Fm، F0 و Fv/Fm به شدت کاهش یافت.

تحت تنش خشکی، مقدار F0 در گروه پر و کم محصول به ترتیب 99/18 و 84/5 بود. مقدار Fm نیز در گروه لاین های پر محصول بطور معنی دار بیشتر از گروه لاین های کم محصول بود (جدول 1). کاهش Fm تحت تنش خشکی شاید در نتیجه آسیب دیدن چرخه تجزیه آب و یا انتقال الکترون ها درفتوسیستم II (PSII) باشد (رترتو و همکاران 2006).

از نظر پارامتر Fv نیز لاین هایی با عملکرد بالا، 116/9 واحد Fv بیشتری در مقایسه با گروه لاین هایی با عملکرد کم برخوردار بودند. رتو و همکاران (2004) گزارش کردند در سیب زمینی در شرایط تنش خشکی بین ژنوتیپ ها از نظر پارامتر (Fv/(F0+Fv)) تفاوت معنی دار وجود داشت. نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که تیغه های میانی تیلاکوئیدها به تنش رطوبتی بسیار حساس نیستند ولی ممکن است فعالیت آنها به وسیله تنش خشکی شدید و شدت نور بالا تحت تاثیر قرار گیرد (برادبری و بیکر 1981 و 1984).

مقدار پارامتر Fv/Fm در گروه لاین های پرمحصول و کم محصول تحت تنش خشکی به ترتیب 0/706 و 0/599 بود. جوزه و همکاران (2004) بالا بودن مقدار Fv/Fm تحت تنش خشکی در ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا را به انتقال الکترون در چرخه فتوسنتز آنها در مقایسه با ژنوتیپ های کم محصول نسبت دادند. آنها عقیده دارند در ژنوتیپ‌هایی که دراثر تنش خشکی کاهش عمکلرد نشان دادند، اختلال در چرخه انتقال الکترون باعث کاهش Fv/Fm و در نتیجه عملکرد شده است.

بررسی پارامتر پتانسیل آب برگ گیاه (LWP) نشان داد این پارامتر در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط تنش بیشتر بود (4/63 در مقابل 4/10)، ولی تفاوت گروه لاین هایی با عملکردهای متفاوت از نقطه نظر این پارامتر تحت آبیاری تکمیلی معنی دار نبود. در حالیکه در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ های با عملکرد بیشتر، دارای LWP بیشتری نسبت به ژنوتیپ های حساس به خشکی بودند (جدول 1). بلوم (1988) عقیده دارند که ژنوتیپ های متحمل به خشکی از مکانیسمی برای جذب و نگهداری آب در بافت ها برخوردار بودند که ژنوتیپ های حساس نمی‌توانند به خوبی آنها تحت تنش خشکی آب بافت خود را مطابق با فعالیت های متابولیسمی تنظیم نمایند.

نتایج نشان داد از نظر PI بین دو شرایط آبیاری تکمیلی (14/0) و تنش خشکی (10/5) تفاوت معنی دار وحود داشت که نشان دهنده شرایط مناسب فیزیولوژیک در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به تنش خشکی بود. مقدار بالای PI نشانگر فعالیت فیزیولوژیکی مناسب ژنوتیپ برای انجام فتوسنتز می باشد ولی وقوع تنش باعث کاهش این پارامتر می شود (رتو و همکاران 2004). تفاوت گروه‌های پرمحصول و کم محصول از نظر PI در شرایط تنش خشکی 9/16 بود. جوزه و همکاران (2004) بیان کردند که به علت محدودیت آب و بسته شدن روزنه ها و ایجاد اختلال در فرایند فتوسنتز در ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی، در مجموع مقدار پارامتر PI در آنها کاهش می‌یابد.

رابطه عملکرد دانه و پارامترهای فلورسنس

تجزیه رگرسیون نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی رابطه خطی معنی دار بین پارامترهای فلورسنس و عملکرد دانه لاین های وجود داشت ولی در شرایط آبیاری تکمیلی، این رابطه فقط برای پارامتر NPQ معنی-

www.SID.ir

Archive of SID

دار بـود (شـکل 1). در شـرایط تـنش خـشکی ضـریب رگرسیون کلیه پارامترهای فلورسنس بغیـر از QUE بـا عملکرد دانه مثبت معنی دار بود.

همبستگی بین پارامترهـای فلورسـنس تحـت تـنش خشکی معنی دار بود، ولی در شرایط آبیاری تکمیلی F0 بـا Fv/Fm ، PI، QUE، LWP، YPEC و NPQ رابطـه خطی معنی دار نشان نداد. در بین پارامترهای فلورسنس کلروفیل فقط رابطـه QUE بـا سـایر پارامترهـا منفـی و معنـی داربـود. ضـریب همبـستگی LWP بـا Fv/Fm، 0.97** برآورد شد که نشان دهنده اهمیت پتانسیل آب بـرگ در عملکـرد فتوسـنتز مـی‌باشـد. بـالاترین ضـریب همبـستگی بـین پارامترهـای Fv وFm (r = 0.99**) تحـت هردو شرایط ارزیابی بود (جدول2).

با توجه به نتایج حاصـل از ایـن تحقیـق مـی تـوان از پارامترهـای فلورسـانس کلروفیـل بـه همـراه صـفات مورفوفیزیولوژیک دیگربه عنوان معیارهـای برایگـزینش لاین های مقاوم به خشکی و پرمحصول استفاده نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

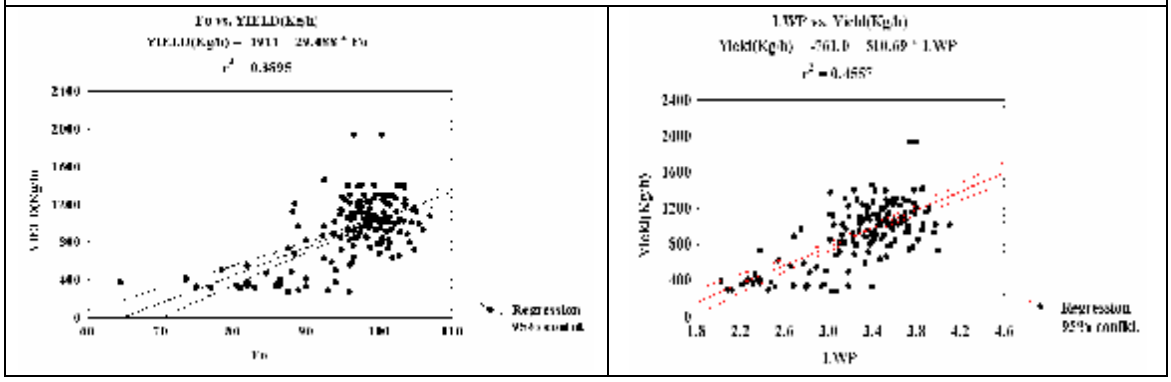
جدول ۲- ضرایب همبستگی پارامترهای فلورسنس کلروفیل تحت تنش خشکی و آبیاری تکمیلی در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان

	F0+	FM	FV	FV.FM	QUE	LWP	YPEC	NPQ
تنش خشکی								
FM	۰/۸۲**							
FV	۰/۷۸**	۰/۹۹**						
FV/FM	۰/۶۱**	۰/۹۲**	۰/۹۳**					
QUE	۰/۵۷**	-۰/۸٤**	-۰/۸٦**	-۰/۹۷**				
LWP	۰/٦۳**	۰/۹۵**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	-/۹۰**			
YPEC	۰/۵۸**	۰/۸۲**	۰/۸۳**	۰/۸۸**	-/۸۷**	۰/۸٦**		
NPQ	۰/٦۰**	۰/۹۰**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	-/۸۵**	۰/۹٤**	۰/٦۷**	
PI	۰/۵٤**	۰/۷۸**	۰/۸۰**	۰/۷۸**	-/٦۵**	۰/۸۰**	۰/٦۱**	۰/۷۹**
آبیاری تکمیلی								
FM	۰/٤۰**							
FV	۰/۳۱**	۰/۹۹**						
FV/FM	۰/۱ns	۰/۸۹**	۰/۹۲**					
QUE	-/۰۶ns	-/۷۳**	-/۷۵**	-/۸۸**				
LWP	۰/۰۲ns	۰/۹۲**	۰/۹۵**	۰/۹۳**	-/۷۸**			
YPEC	۰/۰۹ns	۰/۷٦**	۰/۷۸**	۰/۷۹**	-/٦۹**	۰/۷۹**		
NPQ	۰/۰۱ns	۰/۷٦**	۰/۷۸**	۰/۸۲**	-/٦۹**	۰/۸۳**	۰/۳٦**	
PI	-/۰۲ns	۰/۷٦**	۰/۷۹**	۰/۷٦**	-/٦۰**	۰/۸٤**	۰/۵۱**	۰/۸۵**

+ فلورسنس حداقل (F0)، فلورسنس حداکثر (Fm)، فلورسنس قابل دسترس (Fv)، حداکثر مقدار سودمندی یا بهره وری از فتوسیستم II (Fv/Fm)، شاخص فتوستز (PI)، خاموشگرهای شیمیایی (QUE)، پتانسیل آب برگ (LWP)، پتانسیل تبدیل انرژی فتوشیمیایی (YPEC) و خاموشگرهای غیرشیمیایی (NPQ)

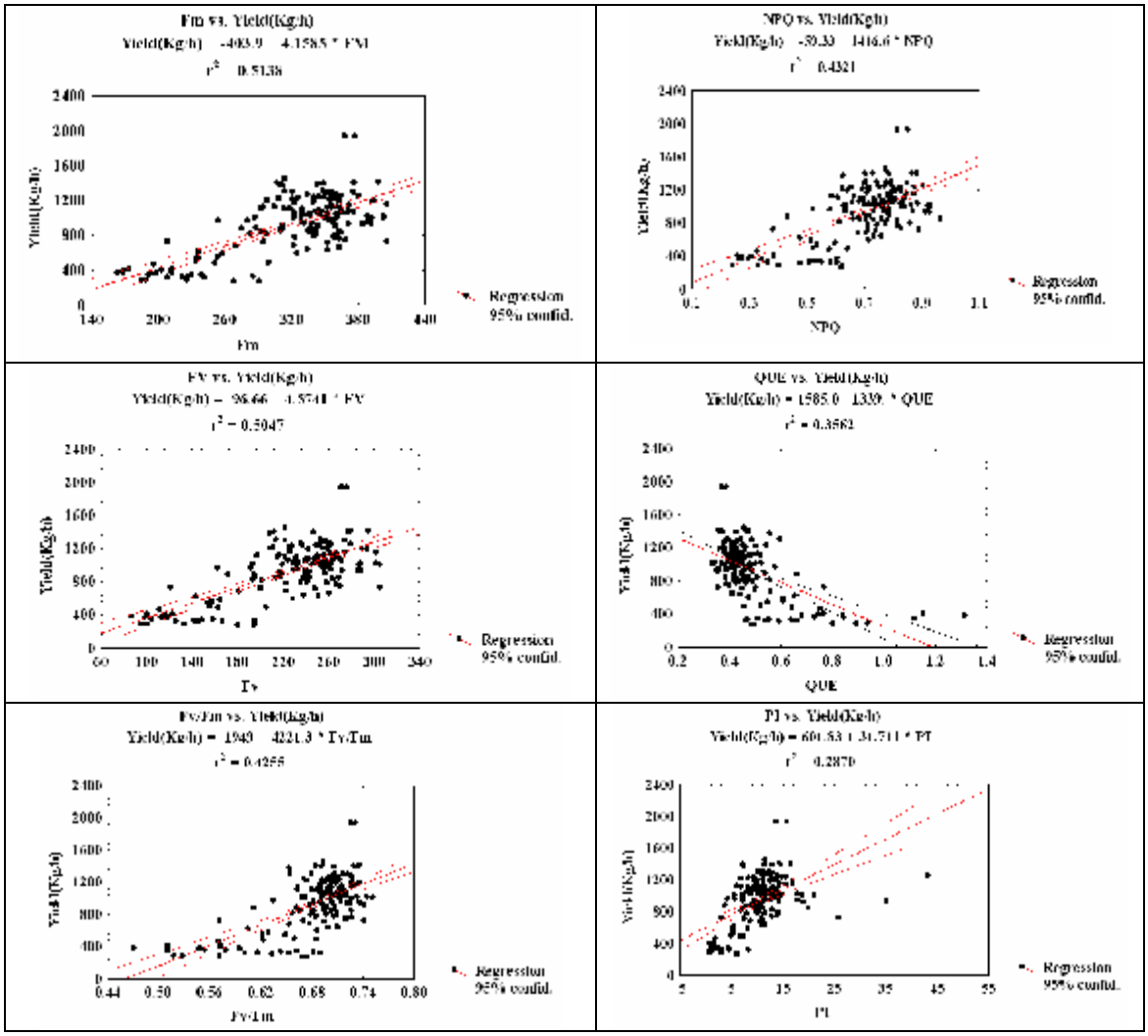
ns ، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

تنش خشکی (Drought)



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- رابطه رگرسیونی عملکرد دانه با پارامترهای فلورسنس کلروفیل در لاین های اینبرد نوترکیب گندم نان تحت تنش خشکی

منابع مورد استفاده

فیضی اصل و و ولی زاده غ، 1382. تاثیر زمان و مصرف ازت بر عملکرد گندم دیم. مجله خاک و آب. جلد 17، شماره 1، صفحه‌های 29 تا 38.

فیضی‌اصل و، کسرایی ر، مقدم م و ولیزاده م، 1383. بررسی تشخیص کمبود و محدودیت‌های جذب عناصر غذایی با استفاده از روش های مختلف با مصرف کودهای فسفر و روی برای گندم دیم رقم سرداری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد 11، شماره 3. صفحه‌های 23 تا 33.

محمودی ح، 1386. نتایج تحلیلی داده های هوا شناسی ایستگاه های تحقیقات کشاورزی دیم کشور در سال زراعی 86-85 . انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور.

Baker NR, Oxborough K, Lawson T and Morison JIL, 2001. High resolution imaging of photosynthetic activities of tissues, cells and chloroplasts in leaves. Journal of Experimental Botany 52: 615–621.

www.SID.ir

Archive of SID

Baker NR and Rosengvist E, 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. Journal of Experimental Botany 55: 1607–1621.

Barbagallo RP, Oxborough K, Pallett KE and Baker NR, 2003. Rapid, non-invasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. Plant Physiology 132: 485–493.

Bilger W, 1995. Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: Schulze ED and Caldwell MM (Eds). Ecophysiology of Photosynthesis, Springer, Berlin, pp. 49-70.

Blowers MH, 1989. Applications of chlorophyll fluorescence to study the penetration of herbicides into leaves. PhD thesis, University of Essex, Colchester, UK.

Blum A, 1988. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica 100: 77-83.

Bradbury M and Baker NR, 1981. Analysis of the slow phases of the in vivo chlorophyll fluorescence induction curve. Changes in the redox state of photosystem II electron acceptors and fluorescence emission from photosystems I and II. Biochimica et Biophysica Acta 635: 542–551.

Bradbury M and Baker NR, 1984. A quantitative determination of photochemical and non-photochemical quenching during the slow phase of the chlorophyll fluorescence induction curve of bean leaves. Biochimica et Biophysica Acta 765: 275–281.

Christopher JT, Manschadi AM, Hammer GL and Boierell E, 2008. Developmental and physiological traits associated with high yield and stay-green phonotype in wheat. Australian Journal of Agricultural Research 59: 354-364.

Cornic G and Ghashghaie J, 1991. Effect of temperature on net CO_2 assimilation and photosystem II quantum yield on electron transfer of French bean leaves (*Phaseolus vulgaris* L.) during drought stress. Planta 183: 178–184.

Crudace AJ, 2000. The investigation of the in vivo behavior of a maize herbicide isoxaflutole. PhD thesis. University of Essex, Colchester, UK.

Genty B, Briantais JM and Baker NR, 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochimica et Biophysica Acta 990: 87–92.

Habash D, Percival MP, and Baker NR, 1985. Rapid chlorophyll fluorescence technique for the study of penetration of photosynthetically active herbicides into leaf tissue. Weed Research 25: 389–395.

Harbinson J, Genty B and Baker NR, 1991. The relationship between CO_2 assimilation and electron transport in leaves. Photosynthesis Research 25: 213–224.

www.SID.ir

Archive of SID

Havaux M, and Lannoye R, 1985. Drought resistance of hardy wheat cultivars measured by a rapid chlorophyll fluorescence test. Journal of Agricultural Sciences Cambridge 104: 501–504.

Jose PL, Goulart MF and Lovato MB, 2004. Chlorophyll fluorescence parameters in populations of two legume trees: *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Mimosoideae) and *Cassia ferruginea* (Schrad.) Schrad. ex DC. (Caesalpinoideae). Revista Brasil Bot 27(3): 527-532.

Kautsky H, and Zedlitz W, 1941. Fluoreszenzkurven von chloroplas-ten-grana. Naturwissenschaften 29: 101–102.

Krall JP, and Edwards GE, 1991. Environmental effects on the relationship between quantum yield of carbon assimilation and in vivo PSII electron transport in maize. Australian Journal of Plant Physiology 18: 267–278.

Krall JP, Edwards GE, and Ku MSB, 1991. Quantum yield of photosystem II and efficiency of CO_2 fixation in Flaveria (Asteraceae) species under varying light and CO_2. Australian Journal of Plant Physiology 18: 369–383.

Latrou G, Cook CM, Stamou G, and Lanaras T, 1995. Chlorophyll fluorescence and leaf chlorophyll content of bean leaves injured by spider mites (Acari: Tetranychidae). Experimt App Acarol 19: 581-591.

Lichtenthaler HK, Buschmann C and Knapp M, 2005. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R_{Fd} of leaves with the PAM fluorometer. Photosynthetica, 43 (3): 379-393.

McAlister ED and Myers J, 1940. The time-course of photosynthesis and fluorescence observed simultaneously. Smithsonian Institute Miscellaneous Collections 99: 1–37.

Reto JS, Michael MT and Srivastava A, 2004. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. Pp: 2-38. In: Georg C and Govindjee P (Eds). Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis.

Roustaii, M. 2000. Study on agronomic traits for increasing grain yield of wheat in cold dryland areas. Seed and Plant, Vol.16,No.3,December 2000, pp.285-299.

Roustaii M, Sadekzadeh D, Zadehasan E and Arshad Y, 2002. Factor analysis for studying characteristic relations influencing grain yield of wheat in drylands. Agri Sci J 3(1): 1-10.

Retuerto R, Fernández-Lema B and Obeso JR, 2006. Changes in photochemical efficiency in response to herbivory and experimental defoliation in the dioecious tree Ilex. International Journal of Plant Sciences, 167: 279–289.

Percival MP, and Baker NR, 1991. Herbicides and photosynthesis. 1–26. In: Baker NR and Percival MP (Eds). Herbicides. Elsevier, Amsterdam,

www.SID.ir

Archive of SID

Schreiber U and Bilger W, 1995. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: The basics and some aspects of practical relevance. In: Raghavendia AS (Ed), Photosynthesis, Cambridge Univ Press, pp. 320–326.

Sesak Z and Siffel P, 1997. Leaf-age related differences in chlorophyll fluorescence. Photosynthetica 33: 347-369.

Wojciech W and Borkowska B, 2004. Chlorophyll α fluorescence as a diagnostic tool for assessment of apple resistance against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Horticulture, 7: (1).

Yang DL, Lian JR, Ping CX and Wei L, 2007. Quantitative trait loci mapping for chlorophyll fluorescence and associated traits in wheat (*Triticum aestivum*). Journal of Integrative Plant Biology 49(5): 646-654.

www.SID.ir