"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نهم، شماره ۱، بهار ۱۳۸٦

غربال کردن ژنوتیپ‌های برنج برای تحمل به تنش دمای پائین با استفاده از فلئورسانس کلروفیل

Screening of rice genotypes for tolerance to low temperature- using chlorophyll fluorescence

پیمان حسیبی[۱]، فواد مرادی[۲] و مجید نبی‌پور[۳]

چکیده

حسیبی، پ.، ف.مرادی و م.نبی پور. ۱۳۸۶. غربالگری ژنوتیپ‌های برنج برای تحمل به تنش دمای پائین با استفاده از فلئورسانس کلروفیل. **مجله علوم زراعی ایران.** ۹ (۱): ۳۱-۱۴.

برنج گیاهی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که نسبت به درجه حرارت‌های پایین بسیار حساس و رشد آن در دمای پایین با مشکل مواجه می‌شود. فلئورسانس کلروفیل یکی از روش‌های متداول در غربال کردن گیاهان زراعی و بررسی تغییرات فتوسنتز آن‌ها در مواجهه با تنش‌های غیرزیستی می‌باشد. در این روش معمولاً رابطه بین مؤلفه‌های فلئورسانس کلروفیل و عملکرد فتوسنتزی برگ‌ها برای غربال گیاهان حساس و متحمل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این آزمایش به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش سرما، هفتاد وهفت ژنوتیپ برنج (شامل ۴۹ لاین متحمل به تنش دمای پایین ارسالی از IRRI سری ۲۰۰۵ و ۲۸ واریته زراعی ایرانی) به روش آبکشت در فیتوترون پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کاشته شدند. قدرت رویش گیاهچه به روش استاندارد IRRI تعیین، و مؤلفه‌های فلئورسانس و تغییرات کلروفیل برگ سنجیده شدند. نتایج نشان داد که در شرایط تنش سرما (۱۵/۱۳ درجه سانتی گراد، شب/روز) مؤلفه‌های Fv:Fm، Φ_{PSII}، ETR، qP، عدد کلروفیل‌متر و قدرت رویش گیاهچه کاهش معنی‌داری نسبت به شرایط طبیعی (۲۲/ ۲۹ درجه سانتی‌گراد، شب/روز) داشتند که بیانگر وارد شدن خسارت به زنجیره انتقال الکترون و افزایش اتلاف حرارتی و همچنین کاهش جذب فتوشیمیایی الکترون‌ها می‌باشد. ژنوتیپ‌های ۳۳، ۳۴، ۳٦ از IRRI و ۴۴ از فیلیپین دارای بیشترین میزان مؤلفه‌های Fv:Fm و Φ_{PSII} در شرایط تنش و بدون تنش بودند و از این نظر متحمل به سرما ارزیابی شدند، در حالیکه رقم ایرانی هویزه کمترین تحمل نسبت به تنش سرما را نشان داد و از نظر مؤلفه‌های فوق در پایین‌ترین سطح خود قرار داشت. همچنین در شرایط تنش همبستگی معنی‌داری بین وزن خشک ریشه و قدرت رویش دیده شد، که نشان‌دهنده حساسیت ریشه به دما پایین است. با توجه به نتایج این آزمایش، از بین مؤلفه‌های فلئورسانس کلروفیل، مؤلفه حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو (Fv:Fm)، بهترین معیار برای انتخاب لاین‌های متحمل به تنش دمای پائین بوده و می‌توان از آن در برنامه‌های به‌نژادی به عنوان معیار انتخاب در نسل‌های در حال تفکیک و ارقام برنج استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش دمای پائین، فلئورسانس کلروفیل، عدد کلروفیل متر، غربال کردن.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۱/۴

۱ـ دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه شهید چمران
۲ـ استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (مکاتبه کننده)
۳ـ استادیار دانشگاه شهید چمران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

مقدمه

واکنش گیاهان زراعی به دماهای پایین بستگی به شرایط آب و هوایی که از آن منشا گرفته‌اند, دارد. گیاهی مانند برنج با منشا گرمسیری و نیمه گرمسیری, نسبت به دماهای پایین بسیار حساس و رشد و نمو آن در دماهای کمتر از ۱۵ °C دچار مشکل می‌شود (Allen and Ort, 2001). مهم‌ترین واکنش گیاهان حساس به سرما, افزایش سریع سطح بازدارندگی فتوسنتزی است (Ort, 2002) که حتی در شدت‌های متوسط نور نیز می‌تواند منجر به خسارت نوری و یا اختلال در فعالیت فتوسیستم دو (PSII) شود. اولین اثر کاهش دما, بازداری سوخت و ساز کربن است (Allen and Ort, 2001; Leegood and Edwards, 1996) که باعث کاهش تولید محصولات انتقال الکترون در چرخه نوری (ATP و NADPH) و عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در شرایط نوری (Φ_{PSII}) می‌شود (Anderews *et al*., 1995; Bruggemann and Linger, 1994; Francheboud and Leipner, 2003). این کاهش سرعت تولید محصولات فتوسنتزی و ATP, سبب کاهش عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در گیاه شده و با افزایش میزان خاموشی غیرفتوشیمیایی, به عنوان یک تنظیم‌کننده بازدارنده در فتوسیستم دو عمل می‌کند (Francheboud and Leipner, 2003).

یکی از محدودیت‌های برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی, فقدان تکنیک غربال کردن سریع و دقیق برای انتخاب ژنوتیپ‌های برخوردار از رشد و سوخت ساز بهتر در شرایط تنش است (Baker and Rosenquis, 2004). روش‌های فعلی, نیاز به امکانات پیشرفته و گران قیمت آگروشیمیائی دارد که در آن‌ها تلفیقی از چندین روش شیمیایی و بیولوژیک مورد استفاده واقع می‌شود. این شیوهٔ گزینش به ربز غربال کردن نوین مشهور است (Berg *et al*., 1999; Evans, 1999). روش‌های معمول انتخاب گلخانه‌ای بیشتر بر پایه مشاهده گیاهان طی یک دوره چند هفته‌ای استوار بوده و کارایی چندانی برای انتخاب تعداد زیادی تک بوته را ندارد. حال انکه اندازه‌گیری فلئورسانس کلروفیل روش کاملا غیرتخریبی بوده و از دقت و سرعت بالایی نیز برخوردار است (Oxborough, 2004; Barbagallo *et al*., 2003).

میزان تحمل به سرما در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس را می‌توان از کاهش عملکرد کوانتومی ناشی از القای تنش سرما تعیین نمود (Bruggemann and Linger, 1994). از این نظر از نسبت Fv:Fm برای غربال و ارزیابی نتاج حاصل از تلاقی واریته‌های برنج متحمل به سرما با برنج‌های پرمحصول در کشور نپال استفاده شده است (Sthapit *et al*., 1995). برای بسیاری از گیاهان زراعی، سرما می‌تواند موجب سوختگی برگ و از بین رفتن کلروفیل آن‌ها شود. مثلا در ذرت زمانی که گیاهان در ۱۴°C رشد داده شدند, نمو بوته‌ها ناقص، و ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها محدود گردید (Baker and Nie, 1994) که علت آن ممانعت از تولید تعدادی از پروتئین‌های تیلاکوئید رمز شده توسط کلروپلاست, در مقایسه با پروتئین‌های کلروپلاستی رمز شده توسط هسته سلول گزارش شده است (Nie and Baker, 1991). چنین اشفتگی‌هایی در نمو کلروپلاست باعث کاهش بسیار زیادی در مقادیر Fv:Fm و عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو می‌شود (Fryer *et al*., 1995). در نتیجه، این مؤلفه‌های فلئورسانس می‌توانند به طور بالقوه برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به سرما در طی نمو برگ به کار روند. در ذرت سازش یافته به دماهای پایین, افزایش نسبی جریان الکترون به سمت گیرنده‌های الکترون (مانند $NADP^+$) باعث افزایش عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در برگ این گیاهان گردید (Fryer *et al*., 1998).

مؤلفه Fv مابه التفاوت Fm و F_0 بوده و نسبت Fv به Fm (Fv:Fm) کاربرد زیادی در درک وضعیت واکنش‌های نوری فتوسنتز دارد و می‌تواند به عنوان یک

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

معیار عملی مفید برای تعیین میزان تنش تحت شرایط سرما و حتی شدت‌های نور کم به کار رود (Adams *et al*., 1995; Oquist and Hunner, 1991; Adams *et al*., 1990).

میزان انتقال الکترون[1] (ETR) و qP با افزایش تنش کمبود آبی و بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابند زیرا چرخه احیای نوری مخزن الکترون (فتوسیستم) از کارایی کمتری نسبت به احیای CO_2 می‌باشد (Stryer, 1988)، در نتیجه بخش بیشتری از انرژی نورانی وارد شده به صورت اتلاف حرارتی یا qN نمایان می‌گردد. لی (Lee, 2001) گزارش نمود که طی مطالعات ۳۰ ساله اخیر در کشور کره جنوبی، دمای بحرانی ارقام مختلف برنج در مرحله جوانه‌زنی ۱۰ °C، گیاهچه ۱۳ °C، رشد رویشی ۱۵ °C، زایشی ۱۷ °C (از شکل‌گیری خوشه تا انتهای گلدهی) و رسیدن دانه ۱۴ °C می‌باشد. وی همچنین اضافه نمود که ارقام ایندیکا حساسیت بسیار بیشتری به تنش سرما داشته و رشد گیاه درهر مرحله، قبل از رسیدن به نقطه بحرانی نیز به شدت کاهش می‌یابد (Lee, 2001).

بررسی آمار چهل ساله هواشناسی شمال کشور نشان می‌دهد که شالیزارهای این ناحیه همواره در خطر بروز تنش سرما بوده و حتی در پاره‌ای سال‌ها دمای هوا به پایین‌تر از نقطه بحرانی تحمل برنج می‌رسد. تنش سرما همواره یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاه برنج در شالیزارهای کشور بوده و سالانه موجب بروز خسارت به زراعت برنج خصوصا در خزانه و مراحل ابتدای رشد می‌شود. بر اساس آمار ۴۰ ساله (۱۳۷۹-۱۳۴۰) سازمان هواشناسی کشور در منطقه "لاهیجان" استان گیلان، میانگین حداقل دما در فروردین‌ماه ۸/۵، اردیبهشت ۱۲/۹، خرداد ۱۶/۷، تیر ۱۹/۰، مرداد ۱۹/۲، شهریور ۱۶/۹، مهر ۱۳/۰، آبان ۸/۷ ، آذر ۵/۰ ، دی ۲/۷ ، بهمن ۲/۵ و اسفند ۴/۶ درجه سانتیگراد بوده است و این در حالی است که در طول همین دوره، حداقل مطلق ثبت شده در فروردین ۰/۰ (سال ۱۳۵۴) ، اردیبهشت ۲/۰ (سال ۱۳۵۳)، خرداد ۸/۰ (سال ۱۳۴۴)، تیر ۵/۰ (۱۳۴۴)، مرداد ۷/۰ (۱۳۴۳)، شهریور ۵/۰ (۱۳۴۴)، مهر ۲/۰ (۱۳۵۳)، آبان ۰/۰ (۱۳۵۱) ، آذر ۶/۰- (۱۳۴۲)، دی ۸/۰- (۱۳۵۲)، بهمن ۹/۰- (۱۳۵۱) و اسفند ۶/۰- (۱۳۶۴) درجه سانتیگراد بوده است. روند مشابهی نیز در استان مازندران دیده می‌شود، با این تفاوت که حداقل مطلق دما در این استان در سال‌های اخیر اتفاق افتاده است . به طور مثال در مدت مشابه در شهرستان "تنکابن"، میانگین حداقل دما در فروردین ۹/۰، اردیبهشت ۱۴/۰، خرداد ۱۷/۸، تیر ۲۰/۰، مرداد ۲۰/۶، شهریور ۱۷/۸، مهر ۱۳/۱، آبان ۸/۸ ، آذر ۴/۶۰ ، دی ۲/۴ ، بهمن ۲/۷ و اسفند ۵/۰ درجه سانتیگراد بوده است. حداقل مطلق ثبت شده در همین مدت، فروردین ۰/۰ (سال ۱۳۷۸) ، اردیبهشت ۴/۵ (۱۳۶۳)، خرداد ۸/۵ (۱۳۷۹)، تیر ۱۲/۵ (۱۳۷۹)، مرداد ۱۵/۰ (۱۳۵۴)، شهریور ۵/۰ (۱۳۵۶)، مهر ۴/۲ (۱۳۵۶)، آبان ۲/۰- (۱۳۷۸) ، آذر ۵/۵- (۱۳۴۲)، دی ۸/۵- (۱۳۴۳)، بهمن ۸/۰- (۱۳۵۱) و اسفند ۷/۰- (۱۳۷۹) درجه سانتیگراد بوده است. همچنین آمار هواشناسی در سال‌های اخیر (۸۴-۸۳) نشان‌دهنده پایین‌تر بودن میانگین دمای سالانه نسبت به میانگین چهل ساله مورد نظر است. در حال حاضر برای مقابله با این معضل کشاورزان یا با به تأخیر انداختن تاریخ کاشت ازسرما اول فصل دوری جسته، که خود سبب افزایش احتمال بروز تنش سرما در مرحله رشد زایشی می‌شود، یا از پوشش پلاستیکی استفاده می‌نمایند که همچنان احتمال بروز تنش سرما را در مرحله گیاهچگی مرتفع نساخته و هر ساله شاهد خسارت در نقطه‌ای از شمال کشور هستیم . سطح زیر کشت تنش دیده از خسارت دمای پائین متغیر بوده و تا کنون آمار دقیقی ارائه نشده است، هرچند تمامی شالیزارهای شمال کشور به نوعی با این معضل روبرو هستند.

1- Electron transport rate

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

هدف از این تحقیق، شناسایی لاین (های) متحمل به تنش به دمای پائین از بین برخی ژنوتیپ‌های داخلی و خارجی جهت استفاده در برنامه‌های دورگ‌گیری تولید ارقام متحمل به تنش دمای پایین، و تعیین مهمترین مؤلفه فلئورسانس کلروفیل و استفاده از آن در غربال سریع و دقیق ژنوتیپ‌های متحمل بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش که در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی-کرج در سال ۱۳۸۵ انجام شد، ژنوتیپ‌های مختلف برنج از نظر تحمل به سرما، از کشورهایی مانند آرژانتین، کره شمالی، کره جنوبی، ژاپن، چین، فیلیپین، ترکیه، ماداگاسکار، هند و همچنین مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج[1] (IRRI) از سری خزانه بین‌المللی ارقام برنج متحمل به تنش سرما[2] (IRCTN) سال ۲۰۰۵، به همراه ۲۸ واریته زراعی برنج از نقاط مختلف ایران (جدول ۱) مورد بررسی قرار گرفتند. فاکتور اصلی دما، دارای دو سطح و فاکتور فرعی ژنوتیپ شامل ۷۷ ژنوتیپ بود که به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کاملا" تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش، بذرهای ارقام مختلف ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتیگراد، چرخه نوری ۱۲ ساعت روشنایی/ تاریکی با شدت ۷۵ میکرو مول فوتون (میکرو انیشتین) بر مترمربع درثانیه و رطوبت نسبی ۷۵ درصد در ژرمیناتور جوانه‌دار شدند. کاشت بذور در تاریخ اول خرداد ماه ۸۵ براساس روش گریگوریو و همکاران (Greegorio *et al.*, 1998) انجام شد. به طور خلاصه، بذور ابتدا جوانه‌دار شده و سپس در سوراخ‌های تعبیه شده در صفحات یونولیتی دو سانتیمتری که توسط تور پلاستیکی پوشش داده شده بودند، قرار داده شدند. برای هر رقم یک ظرف کاشت حاوی ۲۰ سوراخ در نظر گرفته شد که در هر سوراخ سه بذر کشت گردید. در ابتدا به مدت سه روز، ظروف با اب مقطر پر شده و پس از ان اب مقطر با محلول یوشیدا (Yoshida, 1981) جایگزین شد. پس از این مدت ظروف به فیتوترون با دمای ۲۹/۲۲ (شب/روز) درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و طول روز ۱۲ ساعت شب/روز، با شدت تشعشع ۵۰± ۴۰۰ میکرو انیشتین بر مترمربع بر ثانیه، منتقل گردیدند. از فیتوترون در دو نوبت استفاده گردید. در نوبت اول، برای سطح شاهد تیمار دمایی، کلیه بوته‌ها به مدت ۲۸ روز در این شرایط نگهداری شدند، درحالیکه برای تیمار تنش سرما در نوبت دوم بر اساس گزارش لی (Lee, 2001)، پس از ۱۴ روز، دمای فیتوترون به مدت دو هفته تا ۱۵/۱۳ درجه سانتیگراد (شب/روز) کاهش داده شد. پس از گذشت ۲۸ روز پس از کاشت، زمانی که گیاه در ابتدای مرحله پنجه‌زنی قرار داشت کلیه اندازه‌گیری‌ها انجام شد. در این زمان ارقام براساس دستورالعمل IRRI برای تعیین قدرت رویش نمره‌دهی شدند، به طوریکه ۱= عالی (بدون تفاوت با شاهد) ۳= خوب (کمی تفاوت ظاهری- کاهش ارتفاع- با شاهد (بدون سوختگی)، ۵= متوسط (سوختگی نوک برگ‌ها، کمتر از ۱۵% برگ‌ها)، ۷= بد (سوختگی بین ۱۵ تا ۴۰ % برگ‌ها و یا مرگ ۲۰% بوته‌ها)، ۹= مرگ کامل (سوختگی بیش از ۴۰% برگ‌ها و یا مرگ بیش از ۵۰% بوته‌ها). سپس مؤلفه‌های فلئورسانس کلروفیل از اخرین برگ توسعه یافته (در برگ‌های سالم وسط برگ و در برگ‌های خسارت دیده، قسمت سبز برگی که لیگول آن مشخص شده بود) در شرایط سازگارشده با تاریکی و روشنایی شامل Fm (فلئورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی)، F_0 (فلئورسانس حداقل در شرایط سازگار شده با تاریکی)، Fv:Fm (حداکثر عملکرد کوانتومی درشرایط سازگار شده با تاریکی)، Fm' (فلورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با نور)، F_0' (فلورسانس حداقل در شرایط سازگار شده با نور)، Φ_{PSII} (عملکرد کوانتومی

1- International Rice Research Institute

2- International Rice Cold Tolerance Nursery

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

جدول ۱- نام و منشا ژنوتیپ‌های برنج

Table 1. Name and origin of rice genotypes

شماره No.	نام Name	کد Code	منشا Origin	شماره No	نام Name	کد Code	منشا Origin
1	79061-TR61-3-3-1-1	IRCTN1	Turkey	40	IR74520-29-4-2-2-2-4-1-1	IRCTN40	IRRI
2	82079-TR489-3-1-1	IRCTN2	Turkey	41	CHINA 1039	IRCTN41	India
3	83025-TR643-1-1-1-1	IRCTN3	Turkey	42	IR6677-22-1-3-2-5	IRCTN42	IRRI
4	8601-TR888-2-1-2-1	IRCTN4	Turkey	43	PJ-2(NSICRC 104)	IRCTN43	Philippines
5	87041-TR990-11-2-1	IRCTN5	Turkey	44	PJ-2(NSICRC 110)	IRCTN44	Philippines
6	88018-TR1043-6-2-3-1	IRCTN6	Turkey	45	PSB RC44(IR59468-B-B-3-2)	IRCTN45	Philippines
7	88024-TR1049-3-1-1-1	IRCTN7	Turkey	46	PSB RC46	IRCTN46	Philippines
8	88024-TR1049-6-1-2-1	IRCTN8	Turkey	47	PSB RC92(IR9202-25-1-3)	IRCTN47	Philippines
9	88076-TR1101-9-2-1	IRCTN9	Turkey	48	RCPL3-2	IRCTN49	India
10	STEJAREE 45	IRCTN10	Turkey	49	K39-96-1-1-1-2	IRCTN50	India
11	88088-TR1113-4-1-1	IRCTN11	Turkey	50	Line 6		Iran
12	88090-TR1115-4-1-1	IRCTN12	Turkey	51	Anbori ghermez		Iran
13	89010-TR1130-8-1-1-2	IRCTN13	Turkey	52	LD 183		Iran
14	90040-TR1232-4-1-1	IRCTN14	Turkey	53	Rasmi		Iran
15	90051-TR1243-2-2-1	IRCTN15	Turkey	54	Shafagh		Iran
16	CU 11	IRCTN16	India	55	Chaparsar 5		Iran
17	GWANSAN 2	IRCTN17	N-Korea	56	Gerdeh-Zanjan		Iran
18	H231-59-3-1	IRCTN18	Argentina	57	Fajer		Iran
19	NONG 56	IRCTN19	N-Korea	58	Champa6		Iran
20	TATSUMI-MOCHI	IRCTN20	Japan	59	Hovaizeh		Iran
21	OLBYE 1	IRCTN21	Korea	60	Champa16		Iran
22	ROJOFOTSY 653	IRCTN22	Madagascar	61	Amol3		Iran
23	ZHI 20-5	IRCTN23	China	62	Neda		Iran
24	SR22746-68-2-3-4-2-4	IRCTN24	IRRI	63	Chaparsar Dailamani		Iran
25	HR17512-11-2-3-1-4-2-3	IRCTN25	IRRI	64	Domsiah Aleshtar		Iran
26	HR17570-21-5-2-5-2-2-1-5	IRCTN26	IRRI	65	Tarom domsiah		Iran
27	IR57107-2B-12-2-2-2	IRCTN27	IRRI	66	Kohrang		Iran
28	IR60059-4B-4-1-1-2-1	IRCTN28	IRRI	67	Nemat		Iran
29	IR66097-8-1-1-1	IRCTN29	IRRI	68	Anborbo Ilam		Iran
30	IR68373-R-R-B-22-2-2	IRCTN30	IRRI	69	Binam Tabriz		Iran
31	BARKAT(K78-13)	IRCTN31	India	70	Sari Chilik		Iran
32	IR71131-BF4-B-30-5	IRCTN32	IRRI	71	Khazar		Iran
33	IR72944-1-2-2	IRCTN33	IRRI	72	Omid bakhsh		Iran
34	IR73688-57-2	IRCTN34	IRRI	73	Hashemi		Iran
35	IR73688-82-2-3-2-2	IRCTN35	IRRI	74	Domsiah Vaisaan		Iran
36	IR3688-82-3	IRCTN36	IRRI	75	Sahel		Iran
37	IR73690-7-2-1-1-3-2-2-1	IRCTN37	IRRI	76	Onda		Iran
38	IR73694-41-2	IRCTN38	IRRI	77	Ghermez Sadri		Iran
39	IR74506-28-4-3-2-1-3-2-2	IRCTN39	IRRI				

فتوسیستم دو), ETR (سرعت انتقال الکترون), qP (خاموشي غیر فتوشیمیائی کلروفیل برانگیخته), توسط دستگاه فلئورسانس متر مدل PAM 2000 (والز- المان) و qN (خاموشي فتوشیمیائی کلروفیل برانگیخته),

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

اندازه‌گیری و ثبت گردید (جدول ۲). همچنین با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج SPAD-502 (مینولتا - ژاپن) مقدار واحدهای کلروفیل آخرین برگ اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری برای مقادیر پیوسته (مؤلفه های فلئورسانس) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATc و SAS به روش پارامتریک و برای مقادیر ناپیوسته مانند قدرت رویش به روش غیر پارامتریک انجام شد. محاسبات رگرسیون با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گردید.

نتایج و بحث

تبمارهای دمایی بر روی Fv:Fm که مشخص کننده حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط تاریکی می‌باشد، تأثیر معنی‌داری داشته و از این نظر بین ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل آن‌ها با دما، اختلاف معنی‌داری دیده شد (جدول ۳). در سطح شاهد مقدار این مؤلفه به طور معنی‌داری بیش از تنش سرما بود (جدول ٤). بیشترین مقادیر این مؤلفه به ترتیب متعلق به لاین ۲ با منشاء ترکیه به میزان ۰/۸۱ در تیمار شاهد و در شرایط تنش لاین ۳٦ به مقدار ۰/۸ با منشاء IRRI بود. کمترین مقدار این مؤلفه مربوط به لاین‌های ۱۶ از کشور هند و ۴ از کشور ترکیه به مقدار۰/۱۹ در شرایط تنش مشاهده گردید (جدول ۵).

از میان پنج لاین با منشاء کشور هند، لاین ۴۱ با مقدار۰/۷۹ در تیمار شاهد بیشترین و لاین ۱۶ به مقدار۰/۱۸۸ در تنش کمترین مقدار حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو (Fv:Fm) را داشتند. از میان ۱۷ لاین با منشاء IRRI، لاین ۳٦ با مقدار۰/۷۹۷ در شرایط تنش بیشترین و لاین ۳۰ با مقدار ۰/۵ در شرایط تنش کمترین را داشتند. از ۵ لاین با منشاء فیلیپین، لاین ۴۴ با مقدار۰/۷۹۵ در شرایط تنش بیشترین و لاین ۴۶ با مقدار ۰/۷۵۵ در شرایط تنش کمترین مقدار حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو را از خود نشان دادند. از میان ۲۸ واریته ایرانی مورد آزمایش واریته گرده زنجان با مقدار۰/۷۹۳ در شرایط تنش بیشترین، و رقم هویزه با ۰/۴۸۵ در شرایط تنش کمترین مقدار Fv:Fm را دارا بودند.

مؤلفه Φ_{PSII} که نشانگر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط روشنایی بوده و تخمینی از کارایی جذب نور به وسیله آنتن فتوسیستم دو (PSII) برای فرآیندهای فتوشیمیایی (احیای کینون A) است، در این آزمایش در کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). در سطح شاهد مقدار آن به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ٤) و در همین تیمار، بیشترین مقدار این مؤلفه مربوط به لاین ۲۰ از کشور ژاپن به میزان۰/۴۹۵ و کمترین میزان آن متعلق به رقم ایرانی ساری چیلیک به میزان ۰/۳۱ بود. در تنش سرما بیشترین میزان Φ_{PSII} در لاین شماره ۳۷ از IRRI به میزان ۰/۳۷ و کمترین آن مربوط به لاین ۲۴ با مبدا IRRI به میزان ۰/۱۴ دیده شد. در میان ۲۸ واریته ایرانی در تیمار شاهد، بیشترین مقدار Φ_{PSII} مربوط بود به رقم عنبوری قرمز (۰/۴۴) و کمترین مقدار در ارقام چمپای خوزستان، هویزه و ندا مشاهده گردید. درشرایط تنش سرما، بیشترین عملکرد کوآنتومی در رقم رسمی(۰/۳۲) و کمترین میزان در لاین ۶ خوزستان با مقدار ۰/۱۸۸ مشاهده شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مؤلفه سرعت انتقال الکترون (ETR) که معرف سرعت انتقال الکترون برحسب میکرو مول فوتون بر مترمربع در ثانیه به صورت خطی از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک می‌باشد، نشان داد سطوح فاکتور اصلی وفرعی و اثر متقابل آن‌ها دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند (جدول ۳). در شرایط شاهد مقدار آن به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ٤). بیشترین و کمترین مقدار آن در شاهد مربوط به لاین ۲۰ از ژاپن و ساری چیلیک (به ترتیب ۴۷/۸ و ۲۹/۸ میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه) و در تیمار تنش، لاین‌های ۳۳ و ۲۴ از IRRI (به ترتیب۳۷/۳ و ۱۴/۱ میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه) بود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

جدول ۲- مؤلفه‌های متداول فلئورسانس و معادلات مربوطه شامل عملکرد کوانتمی فتوسیستم دو, خاموشي فتوشيميايي, حداکثر عملکرد کوانتمی فتوسیستم دو و خاموشی غیرفتوشیمیایي

Table 2. Frequently used chlrophyll fluorescence parameters and their equations including $\Phi_{PSII,}$ qP, Fv:Fm and qN

مولفه Parameter		شناسه Symbol	معادله Equation
Photochemical quenching parameters	**مؤلفه های خاموشی فتوشیمیایی**		
Quantum yield of PSII	عملکرد کوآنتمی فتوسیستم دو	Φ_{PSII}	(Fm′- Ft)/ Fm′
Photochemical quenching	خاموشی فتوشیمیایی	qP	(Fm′- Ft)/ (Fm′- F_0)
Maximum quantum yield of PSII	حداکثر عملکرد کوآنتمی فتوسیستم دو	Fv:Fm	(Fm- F_0)/ Fm
Non-photochemical quenching	**مؤلفه خاموشی غیرفتوشیمیایی**	qN	(Fm-Fm′)/ Fm′

جدول ۳ . خلاصه تجزیه واریانس برای مؤلفه‌های فلئورسانس کلروفیل به همراه عدد کلروفیل متر و قدرت رویش ارقام مختلف برنج در تیمارهای دمای پایین و شاهد

Table 3. Summery of analysis variance for chlorophyll fluorescence as well as SPAD value and vigor in rice genotypes under low temperature treatments

SOV	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean squares میانگین مربعات						
			Fv:Fm	Φ_{PSII}	ETR	qN	qP	SPAD	قدرت رویش Vigor
Temperature (T)	دما	1	5.191**	2.76**	23207.7**	0.047 ^{ns}	3.428**	2375.8**	987.7**
Error a	خطای a	6	0.054	0.008	90.2	0.040	0.034	86.9	2.01
Genotype (G)	ژنوتیپ	76	0.084**	0.009**	91.1**	0.030**	0.039**	103.2**	7.36**
T * G	دما * ژنوتیپ	76	0.089**	0.009**	87.2**	0.027**	0.019**	74.9 ^{ns}	4.75**
Erorr b	خطای b	465	0.011	0.003	27.5	0.022	0.011	59.4	1.34

**: Significant at 1% Probability level. ** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

ns: Non- significant ns : غیر معنی دار

بیشترین همبستگی مثبت از میان صفات اندازه‌گیری شده بین Φ_{PSII} و ETR دیده شد که نشان‌دهنده نوعی ساز و کار تحمل به تنش اکسیداتیو (تنش ثانویه) ناشي از تنش سرما (تنش اولیه) در ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. باید توجه داشت که Φ_{PSII} تخمینی از کارایی جذب نور توسط آنتن فتوسیستم دو بوده و تغییرات احیاء کینون A را نشان می‌دهد. بنابراین در یک شدت نور معین، Φ_{PSII} سنجشی از کارایی کوانتومی انتقال خطی الکترون از طریق فتوسیستم دو مي‌باشد, در حالیکه ETR نشان‌دهنده سرعت انتقال الکترون از فتوسیستم دو به فتوسیستم یك بوده و ارتباط زیادی با سرعت فتوسنتز داشته و شاخصی از توانایی گیاه در محافظت فتوسیستم دو در برابر خسارت‌های اکسیداتیو محسوب می گردد (Fransis and Piekielek, 2000). ساز و کار دیگری که برای محافظت از تنش ثانویه در گیاه وجود دارد همان تنفس نوری است زیرا تنفس نوری در شرایط تنش سرما مي‌تواند مقداری از الکترون‌های تولید شده در فتوسیستم دو مورد مصرف نموده و دستگاه فتوسنتزی را در مقابل آسیب نوری ناشی از تنش سرما محافظت نماید (Francheboud and Leipner, 2003). بهرحال روشن شدن وجود تنفس نوری و بررسی میزان کارایی این سازوکار در ژنوتیپ‌های مورد بررسی, نیاز به تحقیق بیشتری دارد. استریر (Stryer, 1988) دریک مقاله مروری, بروگمان و لینگر (Bruggermann and Lnger, 1994) در آزمایشی بر روی گوجه فرنگی, اندروز و همکاران (Anderews *et al*., 1995) در مطالعه بر روی گیاه ذرت،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

جدول ۴- میانگین مؤلفه‌های فلئورسانس کلروفیل، عدد کلروفیل‌متر وقدرت رویش ارقام برنج درتیماردمای پایین وشاهد

Table 4. Means of chlorophyll fluorescence attributes, SPAD value and vigore in rice genotypes under control (N) and low temperature (S) conditions

شماره ژنوتیپ Genotype No.	Fm:Fv		Φ_{PSII}		ETR		qN		qP		SPAD		رویش قدرت Vigor	
	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S
1	0.78	0.21	0.37	0.25	37.2	25.5	0.59	0.49	0.80	0.61	30.0	25.6	3.50	4.00
2	0.81	0.23	0.39	0.24	38.5	24.2	0.56	0.53	0.84	0.68	36.3	25.8	1.00	4.00
3	0.80	0.22	0.37	0.30	36.7	29.4	0.56	0.49	0.77	0.74	35.6	26.7	2.25	4.00
4	0.79	0.19	0.35	0.23	34.0	23.3	0.53	0.47	0.71	0.60	29.2	22.1	3.75	6.00
5	0.80	0.28	0.44	0.20	43.1	19.9	0.50	0.44	0.82	0.60	33.7	25.9	2.50	4.00
6	0.79	0.20	0.47	0.21	46.7	20.7	0.52	0.45	0.79	0.56	32.3	25.5	3.50	4.00
7	0.79	0.32	0.46	0.23	46.0	23.5	0.42	0.41	0.81	0.57	31.8	22.4	3.25	4.00
8	0.80	0.30	0.45	0.25	43.8	25.4	0.50	0.65	0.79	0.64	33.9	23.2	3.00	4.00
9	0.79	0.23	0.39	0.23	38.3	24.1	0.50	0.74	0.77	0.83	29.2	20.8	2.75	6.50
10	0.80	0.30	0.47	0.23	45.9	24.6	0.50	0.74	0.83	0.78	33.1	22.7	2.00	4.00
11	0.80	0.41	0.46	0.28	44.9	19.6	0.55	0.73	0.85	0.39	35.0	21.4	2.25	7.50
12	0.80	0.31	0.47	0.18	46.3	19.2	0.55	0.78	0.84	0.51	36.8	22.2	2.00	4.00
13	0.78	0.50	0.46	0.27	44.8	22.7	0.47	0.57	0.77	0.57	29.1	24.0	5.00	4.00
14	0.80	0.21	0.44	0.20	43.2	20.0	0.55	0.49	0.82	0.53	33.9	25.1	3.50	4.00
15	0.79	0.30	0.41	0.23	39.1	22.3	0.51	0.53	0.76	0.72	29.7	27.0	3.50	4.25
16	0.78	0.19	0.39	0.25	38.3	26.7	0.50	0.74	0.74	0.83	25.9	24.8	2.25	3.00
17	0.78	0.23	0.38	0.19	36.3	19.9	0.51	0.81	0.66	0.45	24.0	28.0	4.00	6.00
18	0.79	0.34	0.45	0.24	42.7	25.4	0.46	0.77	0.80	0.63	29.9	28.3	3.50	6.00
19	0.78	0.51	0.47	0.24	45.4	24.9	0.47	0.73	0.77	0.50	26.1	25.7	3.00	6.75
20	0.79	0.51	0.50	0.23	47.8	24.5	0.50	0.76	0.82	0.70	29.9	28.2	3.50	6.00
21	0.79	0.49	0.48	0.28	45.7	29.6	0.49	0.77	0.84	0.74	31.4	29.1	4.00	5.75
22	0.79	0.47	0.45	0.17	43.7	17.1	0.47	0.55	0.81	0.44	26.9	18.1	1.25	4.00
23	0.79	0.51	0.44	0.23	42.5	22.9	0.46	0.39	0.77	0.56	28.8	23.6	2.50	3.00
24	0.79	0.54	0.40	0.14	38.1	14.1	0.42	0.43	0.71	0.37	27.9	17.8	3.00	8.00
25	0.80	0.52	0.38	0.24	37.9	24.1	0.55	0.50	0.79	0.65	32.2	27.5	2.00	5.75
26	0.80	0.51	0.35	0.33	34.9	34.1	0.47	0.53	0.70	0.71	30.7	28.0	3.00	3.75
27	0.79	0.52	0.40	0.29	39.7	30.0	0.52	0.52	0.77	0.65	28.0	30.2	2.25	3.00
28	0.78	0.53	0.34	0.24	33.9	24.0	0.45	0.51	0.72	0.66	23.5	27.7	6.00	6.50
29	0.79	0.55	0.37	0.29	35.5	28.9	0.48	0.56	0.76	0.69	30.9	30.7	3.50	3.75
30	0.79	0.50	0.42	0.29	41.1	28.9	0.56	0.49	0.86	0.62	30.3	30.5	3.00	3.00
31	0.79	0.54	0.40	0.27	39.3	27.3	0.56	0.50	0.81	0.63	31.4	33.0	2.00	3.00
32	0.79	0.67	0.36	0.32	34.7	31.9	0.55	0.55	0.80	0.72	29.9	28.7	3.00	5.00
33	0.79	0.80	0.44	0.36	42.4	37.3	0.54	0.51	0.87	0.73	31.4	29.4	2.25	4.00
34	0.79	0.80	0.38	0.33	36.6	33.6	0.60	0.51	0.85	0.69	29.5	26.7	1.50	4.00
35	0.79	0.76	0.41	0.32	40.2	32.5	0.56	0.59	0.80	0.72	31.2	28.0	1.50	4.50
36	0.79	0.80	0.40	0.33	38.2	33.5	0.54	0.59	0.84	0.71	30.5	26.6	3.00	4.00
37	0.79	0.75	0.36	0.37	32.4	30.4	0.54	0.54	0.78	0.68	28.9	26.3	3.25	6.25
38	0.79	0.79	0.41	0.32	39.8	32.2	0.55	0.57	0.83	0.73	32.0	28.1	2.50	5.50
39	0.79	0.78	0.37	0.36	36.6	35.8	0.55	0.56	0.81	0.78	30.8	27.1	2.00	5.50
40	0.79	0.78	0.36	0.28	34.7	28.1	0.48	0.58	0.75	0.73	29.3	27.4	2.00	6.00
41	0.79	0.78	0.39	0.24	37.4	24.1	0.56	0.53	0.80	0.56	27.9	23.5	2.25	5.75
LSD 5%	0.103		0.098		10.76		0.103		0.149		7.575		1.137	
S_X^-	0.037		0.035		3.873		0.037		0.054		2.726		0.409	

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

ادامه جدول ۴ Table 4. Continued

شماره ژنوتیپ Genotype No.	Fm:Fv		Φ_{PSII}		ETR		qN		qP		SPAD		رویش قدرت Vigor	
	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S	شاهد N	تنش S
42	0.79	0.79	0.40	0.31	38.5	31.1	0.54	0.55	0.80	0.66	32.6	27.0	1.75	6.00
43	0.79	0.77	0.39	0.26	36.8	25.8	0.56	0.48	0.82	0.55	29.5	24.6	2.50	6.00
44	0.79	0.80	0.44	0.33	42.3	32.6	0.48	0.52	0.78	0.73	31.9	28.9	1.75	4.50
45	0.79	0.79	0.39	0.23	37.4	22.4	0.47	0.59	0.77	0.66	29.0	23.4	1.00	3.00
46	0.78	0.76	0.38	0.25	36.6	25.0	0.50	0.51	0.75	0.65	25.5	23.4	2.50	3.50
47	0.77	0.77	0.32	0.21	30.7	20.9	0.49	0.53	0.66	0.60	19.8	23.2	3.50	3.75
48	0.79	0.76	0.38	0.23	36.2	22.7	0.49	0.36	0.74	0.47	27.8	19.1	1.00	4.50
49	0.79	0.73	0.34	0.17	32.3	17.1	0.55	0.40	0.66	0.43	24.4	18.1	3.50	5.75
50	0.78	0.70	0.36	0.19	34.6	19.7	0.47	0.39	0.67	0.50	27.6	24.5	4.50	6.75
51	0.79	0.76	0.44	0.28	43.6	28.5	0.52	0.39	0.79	0.56	33.3	23.4	1.00	3.50
52	0.78	0.78	0.31	0.20	30.2	20.3	0.49	0.50	0.68	0.48	28.0	26.3	2.25	3.00
53	0.79	0.75	0.43	0.32	41.2	31.6	0.50	0.50	0.82	0.81	31.1	26.9	2.00	3.50
54	0.78	0.76	0.37	0.30	35.7	29.7	0.47	0.35	0.69	0.57	28.6	26.5	1.50	3.25
55	0.78	0.77	0.32	0.28	30.7	26.5	0.46	0.49	0.64	0.58	28.5	25.8	1.00	4.25
56	0.79	0.79	0.35	0.30	33.9	29.9	0.51	0.47	0.73	0.69	31.3	28.5	3.00	3.25
57	0.78	0.77	0.33	0.28	32.1	27.8	0.38	0.38	0.59	0.57	25.1	25.9	3.00	4.25
58	0.79	0.76	0.41	0.31	39.8	30.7	0.51	0.44	0.76	0.64	30.9	28.0	1.50	4.00
59	0.78	0.49	0.36	0.19	34.3	21.7	0.40	0.56	0.64	0.52	22.3	21.5	4.50	9.00
60	0.79	0.72	0.32	0.19	30.7	19.0	0.53	0.55	0.73	0.47	30.6	20.5	1.25	6.00
61	0.78	0.71	0.41	0.21	39.7	20.9	0.47	0.47	0.76	0.56	30.7	19.2	1.75	8.00
62	0.78	0.75	0.36	0.19	34.9	19.3	0.53	0.53	0.74	0.55	29.5	22.4	1.50	5.50
63	0.79	0.78	0.32	0.23	30.8	23.0	0.51	0.55	0.71	0.57	27.5	21.5	2.00	7.00
64	0.79	0.76	0.35	0.24	33.9	23.6	0.56	0.41	0.79	0.52	26.7	21.0	2.50	6.50
65	0.78	0.75	0.33	0.23	31.1	22.5	0.54	0.44	0.73	0.53	23.2	21.4	1.50	7.25
66	0.78	0.75	0.39	0.22	37.6	21.6	0.49	0.53	0.74	0.63	29.2	25.5	1.75	5.50
67	0.78	0.75	0.39	0.24	37.5	23.4	0.52	0.53	0.71	0.59	23.5	21.3	2.00	6.50
68	0.78	0.76	0.43	0.26	41.1	26.3	0.47	0.46	0.75	0.58	29.4	24.9	1.00	4.00
69	0.78	0.77	0.37	0.26	35.2	25.8	0.53	0.54	0.74	0.61	28.9	25.0	2.00	5.50
70	0.77	0.77	0.31	0.24	29.8	24.6	0.53	0.55	0.69	0.59	26.2	27.3	2.75	6.25
71	0.76	0.75	0.34	0.28	32.8	28.4	0.45	0.48	0.65	0.66	27.3	26.3	4.00	5.75
72	0.78	0.73	0.33	0.21	31.7	21.0	0.46	0.34	0.60	0.42	26.3	18.1	1.25	6.50
73	0.78	0.75	0.38	0.30	36.1	30.4	0.65	0.49	0.90	0.73	26.7	25.6	2.00	6.00
74	0.79	0.77	0.34	0.25	32.5	25.2	0.61	0.45	0.82	0.57	30.0	21.4	2.75	6.00
75	0.78	0.77	0.39	0.28	37.7	28.2	0.46	0.36	0.71	0.55	28.3	22.3	1.00	4.75
76	0.79	0.74	0.34	0.26	32.5	23.5	0.52	0.50	0.73	0.57	30.3	22.1	3.25	7.00
77	0.78	0.76	0.39	0.30	36.6	30.6	0.49	0.45	0.75	0.61	29.4	22.3	2.25	5.00
LSD 5%	0.103		0.098		10.76		0.103		0.149		7.575		1.137	
S_X^-	0.037		0.035		3.873		0.037		0.053		2.726		0.409	

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

جدول ۵- میانگین‌های وزن خشک بوته (گرم بر بوته) ژنوتیپ‌های برنج در تیمار دمای پایین وشاهد در سطح احتمال ۵%

Table 5. Means of shoot dry wieght (g plant^{-1}) in rice genotypes under control and low temperature condition using LSD 5%

ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک بوته (گرم در بوته) Shoot d.wt g plant^{-1}		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک بوته (گرم در بوته) Shoot d.wt g plant^{-1}		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک بوته (گرم در بوته) Shoot d.wt g plant^{-1}	
	شاهد N	تنش S		شاهد N	تنش S		شاهد N	تنش S
1	0.92	0.54	27	0.85	0.42	53	1.05	0.82
2	0.89	0.82	28	0.36	0.19	54	0.68	0.45
3	1.11	0.56	29	0.76	0.36	55	0.52	0.49
4	0.46	0.29	30	1.03	0.44	56	0.84	0.44
5	0.92	0.64	31	0.99	0.58	57	0.59	0.36
6	1.36	0.44	32	0.67	0.29	58	0.78	0.53
7	0.78	0.35	33	1.34	1.02	59	0.89	0.24
8	0.83	0.29	34	1.23	0.97	60	0.79	0.74
9	0.64	0.34	35	0.59	0.40	61	0.67	0.59
10	0.63	0.55	36	1.36	1.04	62	0.47	0.41
11	0.58	0.58	37	0.33	0.26	63	0.67	0.45
12	0.75	0.68	38	0.52	0.42	64	0.60	0.34
13	0.70	0.23	39	0.42	0.32	65	0.49	0.39
14	0.86	0.36	40	0.41	0.39	66	0.57	0.56
15	0.66	0.38	41	0.40	0.40	67	0.57	0.50
16	1.02	0.43	42	0.50	0.50	68	0.70	0.54
17	0.64	0.23	43	0.38	0.36	69	0.55	0.52
18	0.60	0.33	44	1.35	1.14	70	0.50	0.40
19	0.41	0.32	45	1.29	0.87	71	0.45	0.24
20	0.49	0.31	46	0.76	0.47	72	0.62	0.57
21	0.72	0.27	47	0.58	0.26	73	0.62	0.38
22	0.98	0.86	48	0.50	0.47	74	0.65	0.46
23	0.78	0.36	49	1.13	0.45	75	0.73	0.39
24	0.59	0.35	50	0.75	0.58	76	0.34	0.32
25	0.58	0.48	51	1.14	0.80	77	0.51	0.42
26	0.92	0.29	52	0.80	0.43			
LSD5%		0.278						
S_X^-		0.100						

گری و همکاران (Gray *et al.*, 1997) در یک مقاله مروری، نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. کارآیی دستگاه فتوسنتزی در انتقال الکترون وتولید فرآورده‌های چرخه روشنایی فتوسنتز (ATP و NADPH) همبستگی بالایی با میزان تحمل تنش سرما در ژنوتیپ‌های مختلف دارد (Francheboud and Leipner, 2003).

مؤلفه qN (که نمایانگر خاموشي غيرفتوشيميايي الکترون بوده و تخمینی از زوال غیرتشعشعی و اتلاف حرارتی از مولکول‌های کلروفیل آنتن در فتوسیستم دو می‌باشد) به طور غیرمستقیم ولی با دقت زیاد، عدم کارآیی چرخه تاریکی فتوسنتز را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس در این مطالعه نشان داد که هر چند سطوح فاکتور اصلی اختلاف آماری معنی‌دار نداشت،

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

ولی سطوح فاکتور فرعی و اثرات متقابل آن‌ها دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند (جدول ۳). بیشترین مقدار این مؤلفه در شرایط تنش دیده شد. در این آزمایش، بیشترین میزان خاموشی غیرفتوشیمیائی الکترون مربوط به لاین ۱۷ با منشاء کره به میزان ۰/۸۱ در شرایط تنش بود، و جالب توجه اینکه کمترین مقدار آن نیز در شرایط تنش، و در لاین امیدبخش (ژنوتیپ شماره ۷۲) از ایران به مقدار ۰/۳۳ دیده شد (جدول ۴).

مؤلفه دیگری که در تحقیق مورد بررسی قرار گرفت qP یا "خاموشی فتوشیمیایی الکترون" بود که نشان‌دهنده کارکرد فتوشیمیایی دستگاه فتوسنتزی است، و ارتباط مستقیمی با تولید ATP و NADPH به عنوان گیرنده‌های اصلی الکترون‌های برانگیخته در چرخه روشنایی دستگاه فتوسنتزی دارد. نتایج به دست آمده نشان داد که این مؤلفه به طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و تنش سرما و اثر متقابل آن‌ها بوده است (جدول ۳). در شاهد مقدار qP به طور معنی‌داری بیش از شرایط تنش دمای پایین بود (جدول ٤)، به طوریکه در تیمار شاهد بیشترین و کمترین مقدار این مؤلفه مربوط به دو رقم ایرانی هاشمی و فجر با به ترتیب ۰/۹۰۳ و ۰/۵۹ دیده شد. در شرایط تنش سرما، لاین ۱۶ از هند (۰/۸۳) بالاترین و لاین ۲۴ با منشاء IRRI با ۰/۳۷۳ در شرایط تنش، پایین‌ترین میزان خاموشی فتوشیمیایی الکترون را داشتند (جدول ۴). این موضوع نشان می‌دهد که تولید حامل‌های انرژی (ATP و NADPH) کاهش یافته و به طور همزمان اتلاف حرارتی (qN) انرژی افزایش یافته است. شایبر و همکاران (Sheiber *et al.*, 1995) اظهار داشتند که خاموشی غیرفتوشیمیایی کلروفیل برانگیخته، نشان‌دهنده اتلاف غیرتشعشعی انرژی جذب شده توسط فتوسیستم بوده و برطرف کننده برانگیختگی الکترون می‌باشد. این برانگیختگی بیشتر از طریق دفع گرمایی، و توزیع مجدد انرژی الکترون برانگیخته از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک صورت می‌گیرد.

لی (Lee, 2001) اظهار داشت که دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد در مرحله رویشی برنج، سبب کاهش فتوسنتز و بازداری متابولیسم کربن، ارتفاع گیاه، رشد ریشه و وزن ماده خشک می‌گردد. با استفاده از روش غربال توسط فلئورسانس کلروفیل، نتایج مشابه‌ای قبلا توسط بیکر و نیی (Baker and Nie) در بررسی روش‌های مختلف انتخاب برنج برای تحمل سرما در نپال، گیاهچه‌های کوجه فرنگی تحت نور کم و سرما (Bruggemann and Linger, 1994)، عملکرد فتوسنتز ذرت در مواجهه با تنش سرما (Anderews *et al.*, 1995) و در آزمایش کاربرد فلئورسانس کلروفیل برای مطالعه تنش‌های نور، دما و خشکی (Sthapit *et al.*, 1995) گزارش شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام برنج و تیمارهای دما از نظر عدد کلروفیل‌متر در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشته‌اند در حالیکه اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی نشان نداد (جدول ۳). مقدار این مؤلفه در شاهد، به طور طبیعی بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ٤). کاهش عدد کلروفیل‌متر نشانگر کاهش مقدار کلروفیل در گیاه بوده و معمولا برای یک ژنوتیپ در شرایط بهینه عدد نسبتا ثابتی است. در این مطالعه بیشترین و کمترین مقدار این مؤلفه در تیمار شاهد، در لاین ۱۲ با منشاء ترکیه و لاین ۴۷ از IRRI به ترتیب به میزان ۸۴/۳۶ و ۱۹/۸۱ به دست امد. در شرایط تنش، بیشترین و کمترین مقدار آن مربوط به لاین‌های ۳۱ و ۲۴ به ترتیب با منشاء هند و IRRI به میزان ۳۲/۹۶ و ۱۷/۷۸ بود. از میان ۲۸ واریته ایرانی مورد ازمایش در شاهد رقم عنبوری قرمز با مقدار ۳۳/۲۹ بیشترین، و رقم هویزه (۲۲/۲۷) کمترین مقدار عدد کلروفیل‌متر را داشتند، در حالیکه در تنش سرما رقم کرده زنجان بالاترین (۲۸/۴۵) و واریته امیدبخش (۱۸/۱۴) پایین‌ترین مقدار قرائت شده این مؤلفه را داشتند (جدول ٤).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح فاکتور اصلی و فرعی و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری از

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

نظر قدرت رویش گیاهچه با یکدیگر داشته‌اند (جدول ۳). تنش سرما بطور معنی‌داری قدرت رویش را کاهش داد (از نظر عددی بزرگتر؛ جدول٤). بهترین قدرت رویش در شرایط تنش سرما متعلق به ژنوتیپ‌های ۱٦, ۲۳ , ۲۷, ۳۰, ۳۱, ٤٥ و لاین LD183, با میزان قدرت رویش با مقدار عددی ۳ (خوب) بودند, در حالیکه بدترین قدرت رویش در رقم هویزه با منشاء ایران با مقدار عددی ۹ (مرگ کامل) در شرایط تنش دیده شد.

این بررسی نشان داد که در هر دو حالت تنش و بدون تنش، Φ_{PSII} دارای بیشترین همبستگی به ترتیب با ETR، عدد کلروفیل متر و qP بود (جدول ٦ و ۷). همبستگی بالایی بین Φ_{PSII} و ETR، qP و Fv:Fm وجود داشته است و این موضوع بخوبی نشان می‌دهد که عملکرد کوآنتومی بیشتر, به طور غیرمستقیم نشان‌دهنده سلامت دستگاه فتوسنتزی, و قدرت رویش بهتر گیاه بوده است (جداول ٦ و ۷).

تجزیه وتحلیل رگرسیون گام به گام نشان داد که در تیمار شاهد, از بین صفات مورفولوژیک, بیشترین همبستگی بین قدرت رویش و وزن خشک اندام هوایی برقرار بوده, در حالیکه در تنش سرما عکس این حالت اتفاق افتاده و بیشترین همبستگی قدرت رویش با وزن خشک ریشه دیده شد. به این معنی که در شرایط تنش سرما, وزن خشک ریشه نسبت به وزن خشک اندام هوایی, شاخص بهتری برای نشان دادن برتری لاین بوده و بیان‌کننده تحمل بیشتر گیاهچه برنج در تنش سرما بوده است (جدول ۸).

اطلاعات جدول ۸ نشان می‌دهد که در هر دو سطح شاهد و تنش بیشترین همبستگی قدرت رویش، در کلیه ژنوتیپ‌ها باعدد کلروفیل متر بوده است. این امر بدین معنا است که توانایی حفظ کلروفیل توسط گیاه, سبب بهتر شدن وضعیت قدرت رویش گیاهچه گردیده است. چنین همبستگی قبلا توسط فرانسیس و پیکیلک (Fransis and Piekielek, 2000) در آزمایش تعیین نیاز گیاه ذرت به نیتروژن با استفاده از کلروفیل متر, گزارش شده است.

در این تحقیق با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان چنین استنتاج نمود که کاهش Φ_{PSII} و Fv:Fm عمدتا به خاطر وقوع اشفتگی در کلروپلاست بوده و کاهش عدد کلروفیل‌متر نیز این موضوع را تأیید می‌کند؛ زیرا فلئورسانس کلروفیل به طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط داشته و می‌توان از آن به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری کارآیی فتوسنتز مورد استفاده نمود. بزاز (Bazzaz, 1996) اظهار داشت که فلئورسانس کلروفیل یک سنجش تلفیقی, مستقیم و مفید از عملکرد فتوسنتزی گیاه تحت تنش است. زمانی که فتوسیستم دو نور را جذب کرده و کینون A (اولین پذیرنده الکترون) یک الکترون را پذیرفت, دیگر نمی‌تواند الکترون دیگری را دریافت کند مگر اینکه آن را به کینون B منتقل نماید. در طی این دوره, مرکز واکنش فتوسیستم دو اصطلاحا" بسته است (Francheboud and Leipner, 2003) و بسته بودن مرکز واکنش منجر به احیاء دستگاه فتوسنتزی و افزایش میزان فلئورسانس می‌شود. وقتی یک برگ از تاریکی بلافاصله به روشنایی منتقل می‌گردد, مرکز واکنش فتوسیستم دو سریعا بسته شده و در اولین لحظات دریافت نور, افزایش میزان فلئورسانس کلروفیل مشاهده می‌شود. اندکی بعد میزان فلئورسانس مجددا کاهش می‌یابد, زیرا به سبب القای نوری, فعالیت آنزیم‌هایی متابولیسم کربن و باز شدن روزنه‌ها زیاد شده و افزایشی در سرعت انتقال الکترون از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک به وجود می‌آید که به آن خاموشی فتوشیمیایی الکترون(qP) گفته می‌شود. این موضوعپ بخوبی نشان می‌دهد که چرا ژنوتیپ‌های متحمل qP بیشتری داشته و کارایی آن‌ها در تنش سرما نیز بالاتر بوده است (Maxwell and Johnson, 2000).

فرانکبود و لیپنر (Francheboud and Leipner, 2003) اظهار داشتند که ETR و qP با افزایش تنش آبی و کاهش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

جدول ۶- همبستگي بين صفات فلئورسانس کلروفيل, عدد کلروفيل متر و قدرت رويش ارقام برنج در تيمار شاهد

Table 6. Correlation between chlorophyll fluorescence attributes, SPAD value, and vigor in rice genotypes, under control condition

	Fv:Fm	Φ_{PSII}	ETR	qN	qP	SPAD	Vigor
Fv: Fm	1						
Φ_{PSII}	0.429**	1					
ETR	0.991**	0.452**	1				
qN	0.037^{ns}	0.023^{ns}	0.210**	1			
qP	0.510**	0.526**	0.645**	0.653**	1		
SPAD	0.573**	0.258**	0.227**	0.504**	0.547**	1	
Vigor	-0.200^{ns}	-0.226**	-0.519**	-0.098^{ns}	-0.365**	-0.235**	1

* and **: Significant at 1% Probability level, respectively. *و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

ns: Non- significant ns: غیر معنی دار

جدول ۷- همبستگي بين صفات فلئورسانس کلروفيل,عدد کلروفيل متر و قدرت رويش ارقام برنج در تيمار دمای پايين

Table 7. Correlation between chlorophyll fluorescence attributes, SPAD, and vigor in low tempertuer stress in rice genotypes

	Fv:Fm	Φ_{PSII}	ETR	qN	qP	SPAD	Vigor
Fv: Fm	1						
Φ_{PSII}	0.199**	1					
ETR	0.903**	0.218**	1				
qN	0.022^{ns}	-0.020^{ns}	-0.154^{ns}	1			
qP	0.445**	0.334**	0.684**	0.595**	1		
SPAD	0.552**	0.450**	0.145*	0.588**	-0.001^{ns}	1	
Vigor	-0.349**	-0.437**	-0.331**	-0.308**	-0.380**	-0.316**	1

* and **: Significant at 1% Probability level, respectively. *و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

ns: Non- significant ns: غیر معنی دار

جدول ۸- نتايج رگرسيون گام به گام ژنوتيپ‌های برنج در شرايط دمای پايين و شاهد

Table 8. Stepwise regression for rice genotypes under low temperature and control conditions

صفت وابسته Dependent	صفات مستقل Indepentent	بيشترين همبستگی: شاهد Control	بيشترين همبستگی: تنش Stress
		وزن خشک اندام هوايی	وزن خشک ريشه
	صفات مورفولوژيک	Shoot dwt	Root dwt
	Morphological characteristics	51.9†	47.0
		0.66**‡	0.63**
		Fv:Fm	qP
قدرت رويش	مؤلفه های فلئورسانس متری	22.8	30.1
Vigor	Fluorescence Parameters(alone)	0.59**	0.63**
		SPAD	SPAD
	مؤلفه های فلئورسانس متری+SPAD	36.0	41.0
	Fluorescence Parameters+ SPAD	0.57**	0.61**

†, ‡و **: به ترتيب درصد از کل همبستگی , ضريب همبستگي (r) و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

†, ‡ and ** : Percent of total correlation , correlation coefficient (r) and significant at p< 0.01, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

جدول ۹- میانگین‌های وزن خشک ریشه (گرم بر بوته) ژنوتیپ‌های برنج در تیمار دمای پایین وشاهد در سطح احتمال ۵%

Table 9. Means of root dry wieght (g plant^{-1}) in rice genotypes under control and low temperature condition using LSD 5%

ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root d.wt g plant^{-1}		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root d.wt g plant^{-1}		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root d.wt g plant^{-1}	
	شاهد N	تنش S		شاهد N	تنش S		شاهد N	تنش S
1	0.120	0.079	27	0.180	0.060	53	0.220	0.095
2	0.140	0.110	28	0.145	0.030	54	0.130	0.068
3	0.180	0.094	29	0.150	0.050	55	0.090	0.075
4	0.050	0.035	30	0.145	0.070	56	0.140	0.100
5	0.110	0.051	31	0.150	0.100	57	0.100	0.055
6	0.180	0.075	32	0.130	0.065	58	0.130	0.070
7	0.380	0.160	33	0.155	0.135	59	0.110	0.040
8	0.100	0.050	34	0.160	0.129	60	0.080	0.060
9	0.080	0.056	35	0.110	0.085	61	0.085	0.080
10	0.085	0.080	36	0.165	0.123	62	0.065	0.060
11	0.080	0.065	37	0.035	0.070	63	0.105	0.060
12	0.110	0.110	38	0.100	0.050	64	0.190	0.145
13	0.120	0.050	39	0.080	0.045	65	0.065	0.035
14	0.155	0.050	40	0.060	0.040	66	0.100	0.095
15	0.085	0.075	41	0.065	0.060	67	0.080	0.060
16	0.195	0.065	42	0.105	0.020	68	0.100	0.065
17	0.105	0.020	43	0.080	0.070	69	0.065	0.055
18	0.120	0.060	44	0.153	0.125	70	0.055	0.035
19	0.070	0.040	45	0.225	0.093	71	0.035	0.030
20	0.080	0.053	46	0.115	0.065	72	0.085	0.055
21	0.120	0.060	47	0.100	0.045	73	0.085	0.045
22	0.175	0.125	48	0.105	0.100	74	0.090	0.055
23	0.145	0.040	49	0.170	0.085	75	0.120	0.060
24	0.045	0.045	50	0.130	0.070	76	0.065	0.030
25	0.090	0.090	51	0.240	0.130	77	0.075	0.055
26	0.210	0.050	52	0.135	0.100			
LSD5%		0.044						
S_X-		0.0158						

هدایت روزنه‌ای، کاهش می‌یابند. از انجا که یکی از اثرات غیرمستقیم تنش سرما عدم واکنش روزنه‌ها به تغییرات محتوای رطوبتی گیاه و ایجاد تنش آبی است (Baker and Nie, 1994)، وجود چنین ارتباطی در این آزمایش تا حدودی منطقی به نظر می‌رسد؛ هرچند روشن شدن وجود این ارتباط در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، نیاز به تحقیق بیشتری دارد.

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های شماره ۳۳, ۳۴, ۳۶ و ۴۴ بیشترین میزان تولیده ماده خشک اندام هوایی و ریشه را در شرایط تنش دمای پائین داشته‌اند (جداول ۵ و ۹). تنش دمای پائین در این بررسی، سبب

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

کاهش توان دستگاه فتوسنتزدر تولید انرژی، اسیمیلاسیون CO_2 در چرخه تاریکی فتوسنتز گردیده و مستقیماً تولید کربوهیدرات‌ها را کاهش داد که کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه این موضوع را تأیید می‌کند. نتایج مشابهی در بررسی متابولیسم کربن و تنفس نوری (Leegood and Edwards, 1996), فتوسنتز ((Allen and Ort, 2001) و مؤلفه‌های اکسیداتیو (Ort, 2002) تحت تنش دمای پایین، گزارش شده است.

این مطالعه نشان داد که مؤلفه Fv:Fm یکی از بهترین شاخص‌های انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش سرما است. بیکر و نیی (Baker, Nie, 1994) اظهار داشتند که برای بررسی تفاوت تحمل به سرما در بین ژنوتیپ‌های مختلف برنج می‌توان از کاهش عملکرد کوآنتومی نیز استفاده نمود. استاپیت و همکارانش (Sthapit *et al*., 1995) اعلام داشتند که سرمازدگی باعث کاهش Fv:Fm در برنج می‌گردد. آن‌ها پیشنهاد کردند که می‌توان با انتخاب لاین‌هایی که در شرایط تنش سرما عملکرد کوآنتومی بالاتری دارند، ژنوتیپ‌های متحمل به سرما را غربال نمود. آدامز و همکارانش (Adams *et al*., 1995) با بررسی منابع مختلف نتیجه گرفتند که مؤلفه Fv:Fm می‌تواند معیار مفیدی برای تعیین میزان تحمل به تنش سرما در گیاهان مختلف حتی شدت‌های نور کم به کار رود.

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج این آزمایش، مؤلفه Fv:Fm یا حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی، و از بین صفات مورفولوژیک، وزن خشک ریشه در شرایط تنش دمای پائین، بهترین معیارهای انتخاب لاین‌های متحمل می‌باشد. علاوه بر این در بین ۷۷ ژنوتیپ مورد بررسی، لاین‌های ۳۳، ۳۴و ۳۶ با منشاء IRRI و لاین ۴۴ با منشاء فیلیپین، با توجه به قدرت رویش بهتر در شرایط تنش، بالاتر بودن Fv:Fm، از سایر ارقام برتر بوده و می‌توان از آن‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های مناسب در برنامه‌های به‌نژادی برای تحمل تنش سرما استفاده نمود. ازطرفی دربین کلیه ژنوتیپ‌ها، رقم ایرانی هویزه، بیشترین حساسیت را به تنش دمای پائین داشت، که می‌توان از آن به عنوان شاهد حساس در برنامه‌های به‌نژادی برنج استفاده نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مدیریت پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی به ویژه بخش فیزیولوژی به خاطر همکاری‌ها و مساعدت‌هایشان در تمامی مراحل اجرایی این تحقیق، تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

References

Adams, W. W., B. Demming-Adams, A. S. Verhoven and D. H. Barker. 1995. Photo inhibition during winter stress-involvement of sustained xanthophylls cycle-dependent energy dissipation. Aust. J. Plant Physiology. 122: 261-267.

Adams, W.W., K. Winter, U. Schreiber and P. Schramel. 1990. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics in relation to changes in pigment and element composition of leaves of Playanus occidentalis L. during autumnal leaf senescence. Plant Physiology. 93: 1184-1190.

Allen, D. J. and D. R. Ort. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. Trends in Plant Science. 6: 36-42.

Anderews, J. R., M. J. Fryer and N. R. Baker. 1995. Characterization of chilling effects on photosynthetic performance of maize crops during early season growth using chlorophyll fluorescence. J. Expt. Botany. 46: 1195-1203.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

Baker, N. R. and E. Rosenquist. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. J. Expt. Botany. 403: 1607-1621.

Baker, N. R. and G. Nie. 1994. Chilling sensitivity of photosynthesis in maize. In: Baja YPS (ed.) Biotechnology of Maize. Berlin: Springer- Verlag. 465-481.

Barbagallo, R. P., K. Oxborough, K. E. Palette and N. R. Baker. 2003. Rapid, non-invasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. Plant Physiology. 132: 485-493.

Bazzaz, F.A. 1996. Plants in changing environments: linking physiological population and community ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 124-152.

Berg, D., K. Tiejten, D. Wollweber and R. Hain. 1999. From genes to targets: impact of genomics on herbicide discovery. Proceedings of the BCPC Conference – Weeds. 26-30 Sep. 1999. Italy.

Bruggemann, W. and P. Linger. 1994. Long-term chilling of young tomato plants under low light. IV. Differential responses of chlorophyll fluorescence quenching coefficients in lycopersicon species of different chilling sensitivity. Plant and Cell Physiology. 35: 585-591.

Cerovic, Z. G., G. Samson, F. Morales, N. Tremblay and I. Moya. 1999. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present stage and prospects. Agronomic. 19: 543-578.

Evans, D. A. 1999. How can technology feed the world safely and sustainably. In: Brooks, G. T., T. R. Roberts (eds.). Pesticide chemistry and bioscience: the food- environment challenge. London, UK. Royal Society of Chemistry. 3-24.

Francheboud, Y. and J. Leipner. 2003. The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature and drought stress. In: De-Ell, J.R., P. M. A. Tiovonen (eds.). Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Boston: Kluwer Academic Publishers. 125-150.

Fransis, D., D. Piekielek. 2000. Assessing crop nitrogen needs with chlorophyll meters. The Site-Specific Management Guidelines Series is published by the Potash and Phosphate Institute (PPI). Coordinated by South Dakota State University (SDSU). 237p.

Fryer, M. J., K. Oxborough, B. Martin, D. R. Ort and N. R. Baker. 1995. Factors associated with the depression of photosynthetic quantum efficiency in maize at low growth temperatures. Plant Physiology. 108: 761-767.

Greegorio, G. B., D. Senenadhira and D. Mendoza. 1997. Screening rice for salinity tolerance. IRRI Discussion Paper Series Number 22. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Genty, B., J. Briantais and N. Baker. 1989. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochemical Biophysica Acta. 990: 87-92

Gray, G. R., L. P. Cauvin, F. Sarhan and N. P. A. Huner. 1997. Cold acclimation and freezing tolerance. A complex interaction of light and temperature. Plant Physiology. 114: 467-474.

Lee, M. H. 2001. Low temperature tolerance in rice: the Korean experience. Increased lowland rice in the Mekong region edited by Fukai and Jaya Basnayake.ACIAR Proceeding. 101:109-117.

Leegood, R. C. and G. E. Edwards. 1996. Carbon metabolism and photorespiration: temperature dependence in relation to other environmental factors. In: Baker, N. R. (ed.). Photosynthesis and the environment. 191-221pp. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

Maxwell, K. and G. N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence- a practical guide. J. Expt. Botany. 345: 659-668.

Nie, G. Y. and N. R. Baker. 1991. Modifications to thylacoid composition during development of maize leaves at low growth temperatures. Plant Physiology. 95: 184-191.

Oquist, G. and N. Hunner. 1991. Effects of cold acclimation on the susceptibility of photosynthesis to photo inhibition in Scots pine and in winter and spring cereals: a fluorescence analysis. Functional Ecology. 5: 91-100.

Ort, D. R. 2002. Chilling-induced limitations on photosynthesis in warm climate plants: contrasting mechanisms. Environmental Control in Biology. 40: 7-18.

Oxborough, K. 2004. Using chlorophyll fluorescence imaging to monitor photosynthetic performance. 254-298. In: Papa Georgiou, G. and E. D. S. Govindjee. Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Sheiber, V. and V. B. W. Schliwa. 1986. Continuous recording of photochemical and non- photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorimeter.Photosynthetic Research. 10: 51-62

Sthapit, B. R., J. R. Witcombe and J. M. Wilson. 1995. Methods of selection for chilling tolerance in Nepalese rice by chlorophyll fluorescence analysis. Crop Sci. 35: 90-94.

Stryer, L. 1988. Biochemistry, 3rd edition. WH Freeman and Company, New York. 1089 pp

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI, Los Banos, Philippines. 35p.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

Screening of rice genotypes for low temperature stress- using chlorophyll fluorescence

Hassibi[1], P., F. Moradi[2] and M. Nabipour[3]

ABSTRACT

Hassibi, P., F. Moradi and M. Nabipour. 2007. Screening of rice genotypes for low temperature stress-using chlorophyll flourescence. Iranian Journal of Crop Sciences. 9(1): 14-31.

Rice is a tropical and sub-hopical crop, which is sensitive to low temperature. Chlorophyll fluorescence is a common method for crop screening and monitoring of photosynthesis fluctuations under abiotic stresses. In this experiment, 77 rice genotypes including 49 line of International Rice Cold Tolerance Nursery (IRCTN 2005) and 28 Iranian rice were tested in split plot arrangement using compbility Randomized Design (CRD) in phytotrone for screening and monitoring of their performance. Variences International Rice Research Institute (IRRI) scoring system used for ranking of genotypes at normal and stress conditions. Chlorophyll fluorescence attributes, Chlorophyll content (SPAD values) as well as root and shoot dry weight were measured. Results showed that in low temperature 13/15 ^{o}C (night/ day, respectively) qP, ETR, Φ_{PSII}, Fv:Fm, SPAD value and vigor of seedlings as well as root and shoot dry weight significant 7 reduced as compared with normal temperature 22/29 ^{o}C (night/day, respectively). Among genetypes of IRCTN No. 33, 34, 36 and 44 (the Philippines) had the highest values and stability of Fv:Fm and Φ_{PSII} parameters in low and normal temperatures while Hoveizeh (from Iran) had the lowest tolerance to low temperature. In addition, there was a highly significant correlation between root dry matter and vigor, showing sensitivity of root to low temperature. Therefore, this parameter could be used as a criterion for selection of tolerant cultivars and genotypes to low temperatuer stress.

Key words: Chlorophyll fluorescence, Low temperatuer stress, Rice, Screening, SPAD value.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.1.2.8]

Received: February, 2007

1- Ph. D. student, The University of Shahid Chamran. Ahvaz, Iran.
2- Assistant Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj, Iran. (Corresponding authour)
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, The University of Shahid Chamran. Ahvaz, Iran.