

## غربال کردن ژنوتیپ‌های برنج برای تحمل دمای پائین با استفاده از فلورسانس کلروفیل Screening of rice genotypes for tolerance to low temperature- using chlorophyll fluorescence

پیمان حسینی، فواد مرادی و پور

### چکیده

حسینی، پ.، ف. مرادی و م. نبی پور. غربالگری ژنوتیپ‌های برنج برای تحمل به تنش دمای پائین با استفاده از فلورسانس کلروفیل. مجله علوم زراعی ایران. ( ) - .

گیاهی گرمسیری و نیمه گرمسیری است که نسبت به درجه حرارت، ی پائین بسیار حساس و رشد آن در دمای پائین با مشکل مواجه می‌شود. فلورسانس کلروفیل یک از روش‌های متداول در غربال کردن باهان زراعی و بررسی رات فتوسنتز آن، در مواجهه با تنش‌های زراعی. در این روش معمولاً رابطه بین ی نورسانس کلروفیل و عملکرد فتوسنتزی برگ، برای غربال گیاهان حساس و متحمل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این آزمایش به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش دما، هفتاد و هفت ژنوتیپ ( لاین متحمل به تنش دمای ارسالی از IRRI سری ۱ و واریته زراعی ایرانی) روش آبکشت در توترون پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، قدرت رویش روش استاندارد IRRI و های فلورسانس و رات کلروفیل برگ بده شده. نشان داد در شرایط ( / در. گراد، /روز) ی  $Fv:Fm$   $\Phi_{PSII}$  ETR  $qP$  عدد کلروفیل، و قدرت رویش کاهش معنی داری شرایط ( / در. گراد، /روز) داشته که در وارد شدن خسارت به زنجیره انتقال الکترون و افزایش اتلاف حرارتی و کاهش جذب فتوشیمیایی الکترون، ژنوتیپ‌های IRRI و از فیلیپین دارای بیشترین میزان های  $Fv:Fm$  و  $\Phi_{PSII}$  در شرایط تنش و بدون تنش بودند و از این نظر متحمل به سرما ارزیابی شدند؛ در حالیکه رقم ایرانی بزه کمترین تحمل نسبت به تنش سرما را نشان داد و از نظر های فوق در پائین سطح خود قرار داشت. در شرایط تنش همبستگی معنی داری بین وزن خشک ریشه و قدرت رویش دیده شد؛ که نشان دهنده حساسیت ریشه به دما است. توجه به نتایج این آزمایش، از بین ی فلورسانس کلروفیل، حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو ( $Fv:Fm$ )، بهترین معیار برای انتخاب لاین‌های به تنش دمای پائین بوده و می‌توان از آن در برنامه‌های نژادی به عنوان معیار انتخاب در ا های در حال تکمیک و ارقام برنج استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: دمای پائین؛ نورسانس کلروفیل؛ عدد کلروفیل متر؛ غربال کردن.

تاریخ دریافت: / /

استادیار دانشگاه شهید چمران

دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه شهید چمران

استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (مکاتبه کننده)

استوار بوده و کارایی چندانی برای انتخاب تعداد زیادی تک بوته را ندارد. حال آنکه اندازه گیری رسانس کلروفیل روش کاملاً غیر بوده و از دقت و سرعت بالایی نیز برخوردار است (Oxborough, 2004; Barbagallo *et al.*, 2003).

میزان در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس را توان از کاهش عملکرد کوآنتومی القای تنش سرما تعیین نمود (Bruggemann and Linger, 1994). از این نسبت Fv:Fm برای غربال و ارزیابی نتایج حاصل از تلاقی واریته‌های برنج متحمل به سرما های محصول در کشور نپال استفاده شده است (Sthapit *et al.*, 1995). برای بسیاری از گیاهان زراعی، تواند موجب سوختگی برگ و از بین رفتن کلروفیل آن، شود. مثلاً در ذرت زمانی که گیاهان در °C رشد داده شدند،

و ظرفیت فتوسنتزی برگ، محدود گردید (Baker and Nie, 1994) علت آن، از تولید تعدادی از پروتئین‌های تیلاکوئید رمز شده توسط کلروپلاست، در مقایسه با پروتئین‌های کلروپلاست رمز شده، سلول گزارش شده است (Nie and Baker, 1991). اشفته‌گی، ی در؛ کلروپلاست باعث کاهش بسیار زیادی در مقادیر Fv:Fm و عملکرد کوآنتومی فتوسنتز دو شود (Fryer *et al.*, 1995). در نتیجه، این، های نورسانس، اند، طور بالقوه برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به سرما در طی نمو برگ ب کار روند. در ذرت سازش یافته دماهای پایین، افزایش جریان الکترون به گیرنده، ی الکترون (NADP<sup>+</sup>) باعث افزایش عملکرد کوآنتومی فتوسنتز دو در برگ این گیاهان گردید (Fryer *et al.*, 1998).

Fv مابه تفاوت Fm و F<sub>0</sub> بوده و نسبت Fv/Fm (Fv:Fm) کاربرد زیادی در درک وضعیت واکنش‌های نوری فتوسنتز دارد و، تواند به عنوان یک

واکنش گیاهان زراعی دماهای

شرایط آب و هوایی که از آن منشا گرفته‌اند، دارد. گرمسیری و نیمه گرمسیری، دماهای پایین بسیار حساس و رشد و نمو آن در دما، ی کمتر از °C دچار مشکل می‌شود (Allen and Ort, 2001). ترین واکنش گیاهان حساس به سرما، افزایش سریع بازدار؛ فتوسنتزی است (Ort, 2002) در شدت‌های نور؛ تواند به خسارت نوری و اختلال در فعالیت فتوسنتز دو (PSII) د. اولین اثر دما، بازدارای سوخت و ساز کربن است (Allen and Ort, 2001; Leegood and Edwards, 1996) تولید محصولات انتقال الکترون در چرخه نوری (ATP و NADPH) و عملکرد کوآنتومی فتوسنتز دو در شرایط نوری (Φ<sub>PSII</sub>) شود (Bruggemann and Linger, Anderews *et al.*, 1995) (1994; Francheboud and Leipner, 2003). این کاهش تولید محصولات فتوسنتزی و ATP، کاهش عملکرد کوآنتومی فتوسنتز دو در گیاه شده و با افزایش میزان کننده بازدارنده در فتوسنتز دو (Francheboud and Leipner, 2003).

یکی از محدودیت‌های برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی، فقدان تکنیک غربال کردن و دقیق برای انتخاب ژنوتیپ، ی برخوردار از رشد و سوخت ساز بهتر در شرایط تنش است (Baker and Rosenquis, 2004). روش‌های، نیاز به امکانات پیشرفته و گران قیمت آگروشیمیائی دارد که در آن، تلفیقی از، روش و بیولوژیک مورد استفاده واقع، شود. این، ؤ، غربال کردن مشهور است (Berg *et al.*, 1999) روش‌های معمول انتخاب ای بر پایه مشاهده گیاهان طی یک دوره چند هفته‌ای



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

### مواد و روش

در این آزمایش که در پژوهشکده بیوتکنولوژی  
کشاورزی-کرج در سال ۱۳۸۸ انجام شد، ژنوتیپ‌های  
تلف برنج از نظر ژنوتیپ، از کشور  
آرژانتین، کره شمالی، کره جنوبی، ژاپن،  
ماداگاسکار و مؤسسه تحقیقات  
المللی برنج (IRRI) از سری خزانه بین‌المللی ارقام  
(IRCTN) سال ۱۳۸۸  
همراه واریته زراعی برنج از نقاط مختلف ایران  
(جدول ۱) مورد بررسی قرار گرفتند. فاکتور اصلی دما،  
دارای دو سطح و فاکتور فرعی ژنوتیپ  
بود که به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح  
تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش،  
بذرهای ارقام مختلف ابتدا به مدت ۱۶ ساعت در آب  
قطر خیسانده شده و سپس به مدت ۱۶ ساعت در دمای  
درجه سانتیگراد، چرخه نوری ۱۶ ساعت روشنایی/  
تاریکی با شدت ۱ میکرومول فوتون (میکروانیشتین)  
مربع در ثانیه و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد در  
ژرمیناتور جوانه‌دار کاشت بذور در تاریخ اول  
خردادماه ۱۳۸۸. اساس روش گریگوریو و همکاران  
(Greegorio *et al.*, 1998) انجام شد. 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 وی سوراخ در نظر  
که در هر سوراخ، بذر کشت گردید. در

ابتدا به مدت سه روز، ظروف با آب مقطر پر شده و  
پس از آن آب مقطر با محلول یوشیدا (Yoshida, 1981)  
پس از این مدت ظروف به فیتوترون با  
دمای ۱۶ / (روز) درجه سانتیگراد با رطوبت  
± درصد و طول روز ۱۶ / روز،  
شدت ۱۶ میکروانیشتین بر متر،  
گردید. از فیتوترون در دو نوبت استفاده  
گردید. در نوبت اول، برای تیمار دمایی،  
ها به مدت ۱۶ روز در این شرایط نگهداری  
، درحالیکه برای تیمار تنش در نوبت دوم  
اساس گزارش لی (Lee, 2001)، پس از ۱۶ روز، دمای  
فیتوترون به مدت دو هفته ۱۶ / درجه سانتیگراد  
(روز) کاهش داده شد. پس از گذشت ۱۶ روز  
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، ۱۶ / طوریکه = (بدون  
تفاوت با شاهد) = خوب (کمی تفاوت ظاهری-  
ارتفاع- (بدون سوختگی)، =  
(سوختگی نوک برگ، کمتر از ۱۰٪ برگ)، =  
(سوختگی نوک برگ، و یا مرگ ۱۰٪  
)، = مرگ کامل (سوختگی بیش از ۱۰٪ برگ،  
و یا مرگ بیش از ۱۰٪).  
نورسانس کلروفیل از آخرین برگ توسعه یافته  
(در برگ‌های سالم وسط برگ و در برگ‌های خسارت  
دیده، که لیگول آن مشخص شده بود)  
در شرایط ۱۶، از کار شده با تاریکی و روشنایی  
(فلئورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی)،  
F<sub>0</sub> (فلئورسانس حداقل در شرایط سازگار شده با  
تاریکی)، Fv:Fm (حداکثر عملکرد کوانتومی در شرایط  
سازگار شده با تاریکی)، Fm' (فلورسانس حداکثر در  
شرایط سازگار شده با نور)، F<sub>0</sub>' (فلورسانس حداقل در  
شرایط سازگار شده با نور)، ΦPSII (عملکرد کوانتومی

جدول - نام و منشأ ژنوتیپ های برنج

Table 1. Name and origin of rice genotypes

شماره No.	نام Name	Code	Origin	شماره No	نام Name	Code	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 ( غیر فتوشیمیائی کلروفیل برانگیخته )  
( فتوشیمیائی کلروفیل برانگیخته)، و qN دستگاه فلور، متر مدل PAM 2000 (والز-المان)

مقدار' / در شرا. بن، ورقم بزه با / در شرایط تنش کمترین مقدار Fv:Fm را دارا بودند.

$\Phi_{PSII}$  نشانگر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط روشنایی بوده و تخمینی از کارایی جذب نور ب وسیله آنتن فتوسیستم دو (PSII) برای فرآیندهای (احیای کینون A) است، در این آزمایش در سطوح اختلاف معنی داری نشان داد (جدول). در مقدار آن به طور معنی داری بیشتر از شرایط بود (جدول) و در همین تیمار بن مقدار ا.

مربوط به لاین از کشور ژاپن به میزان / و کمتر. ان آن متعلق به رقم ایرانی ساری چ. میزان / بود. در تنش سرما بیشترین میزان  $\Phi_{PSII}$  در لاین شماره ' از IRR1 به میزان / و کمترین آن مربوط به لاین ' با مبدا IRR1 به میزان / دیده شد. در میان ' واریته ایرانی در تیمار شاهد، بیشترین مقدار  $\Phi_{PSII}$  مربوط بود به رقم عبوری قرمز ( / ) و کمترین مقدار در ارقام چمپای خوزستان، هویزه و ندا مشاهده گردید. در شرایط تنش '، بیشترین عملکرد کوانتومی در رقم رسمی ( / ) و کمترین میزان در لاین ' خوزستان با مقدار / مشاهده شد.

بج حاصل از اندازه گیری سرعت انتقال الکترون (ETR) که معرف سرعت انتقال الکترون بر حسب میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه صورت خطی از فتوسیستم دو نشان داد سطوح فاکتور اصلی و فرعی و اثر آن، دارای اختلاف معنی داری با یکدیگر بودند (جدول). در شرایط مقدار آن به طور معنی داری بیشتر از شرایط بود (جدول). بیشترین و کمترین مقدار آن در شاهد مربوط به لاین از ژاپن و ساری چ. ( / و / میکرومول فوتون بر مترمربع در (در تیمار تنش های ' و ' از IRR1 ( / و / میکرومول فوتون بر مترمربع در ( بود.

اندازه گیری و ثبت گردید (جدول). با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج SPAD-502 (ژاپن) مقدار واحدهای کلروفیل آخرین برگ اندازه گیری تجزیه آماری برای مقادیر پیوسته (های فلئورسانس) و مقایسه میانگین، با استفاده از نرم افزارهای 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.

## و بحث

مارهای دمایی بر روی Fv:Fm که مشخص کننده حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط تاریکی می؛ داری داشته و از این نظر بین ژنوتیپ، و اثر آن، با دما، اختلاف معنی داری دیده شد (جدول). در مقدار این، طور معنی داری بیش از بود (جدول). بن مقادیر ا. ء ترکیب بزان / در تیمار شاهد و در شرایط به مقدار / ء IRR1 بود. کمتر. مقدار این، مربوط به لاین ی از کشور هند و از کشور ترکیه به مقدار / در شرایط مشاهده گردید (جدول). از میان پنج لاین، ء کشور هند، مقدار / در تیمار شاهد بن و مقدار / در تنش کمترین مقدار حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو (Fv:Fm) را داشتند. از میان ' ء IRR1 با مقدار' / در شرا. بن و لاین با مقدار / در شرا. را داشتند. از مقدار / در شرا. بن و لاین با مقدار / در شرایط تنش کمترین مقدار حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو را از خود نشان دادند. از میان واریته ایران، مورد آزمایش واریته کرده زنجان ب

غریبال کردن ژنوتیپ های برنج برای ..."

جدول - های متداول فلئورسانس و معادلات مربوطه شامل عملکرد کوانتمی فتوسیستم دو، حداکثر عملکرد کوانتمی فتوسیستم دو و خاموشی

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

Parameter	Symbol	Equation	معادله
Photochemical quenching parameters	مؤلفه های خاموشی فتوشیمیایی		
Quantum yield of PSII	عملکرد کوانتمی فتوسیستم دو	$\Phi_{PSII}$	$(Fm' - Ft) / Fm'$
Photochemical quenching	خاموشی فتوشیمیایی	qP	$(Fm' - Ft) / (Fm' - F_0)$
Maximum quantum yield of PSII	حداکثر عملکرد کوانتمی فتوسیستم دو	Fv:Fm	$(Fm - F_0) / Fm$
Non-photochemical quenching	مؤلفه خاموشی غیر فتوشیمیایی	qN	$(Fm - Fm') / Fm'$

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

Table 3. Summary 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					SPAD	قدرت رویش Vigor
			Fv:Fm	$\Phi_{PSII}$	ETR	qN	qP		
Temperature (T)	دما	1	5.191**	2.76**	23207.7**	0.047 <sup>ns</sup>	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 <sup>ns</sup>	4.75**
Error 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 اندازه گیری شده بین  $\Phi_{PSII}$  و ETR دیده شد که نشان دهنده نوعی ساز و کار تحمل به تنش اکسیداتیو ( ) از تنش سرما (تنش اولیه) در ژنوتیپ های مورد بررسی است. باید توجه داشت که  $\Phi_{PSII}$  تخمینی از کارایی جذب نور توسط آنتن فتوسیستم دو بوده و تغییرات احیاء کینون A را نشان می دهد. بنابراین در یک شدت نور معین،  $\Phi_{PSII}$  سنجشی از کارایی کوانتومی انتقال خطی الکترون از طریق فتوسیستم دو، در حالیکه ETR نشان دهنده سرعت انتقال الکترون از فتوسیستم دو بوده و ارتباط زیادی با سرعت فتوسنتز داشته و شاخصی از توانایی گیاه در محافظت از دو برابر خسارت های 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 تواند مقداری از الکترون های تولید شده در 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 ژنوتیپ های مورد بررسی، نیاز به تحقیق بیشتری دارد. استریر (Stryer, 1988) در یک مقاله مروری، بروگمان و ا (Bruggermann and Lnger, 1994) در آزمایشی بر روی گوجه فرنگی، اندروز و همکاران (Anderews et al., 1995) در مطالعه بر روی گیاه ذرت،

بیشترین همبستگی مثبت از میان صفات اندازه گیری شده بین  $\Phi_{PSII}$  و ETR دیده شد که نشان دهنده نوعی ساز و کار تحمل به تنش اکسیداتیو ( ) از تنش سرما (تنش اولیه) در ژنوتیپ های مورد بررسی است. باید توجه داشت که  $\Phi_{PSII}$  تخمینی از کارایی جذب نور توسط آنتن فتوسیستم دو بوده و تغییرات احیاء کینون A را نشان می دهد. بنابراین در یک شدت نور معین،  $\Phi_{PSII}$  سنجشی از کارایی کوانتومی انتقال خطی الکترون از طریق فتوسیستم دو، در حالیکه ETR نشان دهنده سرعت انتقال الکترون از فتوسیستم دو بوده و ارتباط زیادی با سرعت فتوسنتز داشته و شاخصی از توانایی گیاه در محافظت از دو برابر خسارت های اکسیداتیو محسوب می گردد

جدول ۱ - های فلئورسانس کلروفیل، عدد کلروفیل متر و قدرت رویش ارقام برنج در تیمار دمای پایین و شاهد

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		$\Phi_{PSII}$		ETR		qN		qP		SPAD		رویش قدرت Vigor	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	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 <sub>x</sub>	0.037		0.035		3.873		0.037		0.054		2.726		0.409	



Table 4. Continued

ادامه جدول

شماره ژنوتیپ Genotype No.	Fm:Fv		$\Phi_{PSII}$		ETR		qN		qP		SPAD		رویش قدرت Vigor	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	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 <sub>x</sub>	0.037		0.035		3.873		0.037		0.053		2.726		0.409	

جدول ۱ - های وزن خشک بوته (گرم بر بوته) ژنوتیپ‌های برنج در تیمار دمای پایین و شاهد در سطح احتمال ۱%

Table 5. Means of shoot dry weight (g plant<sup>-1</sup>) 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 <sup>-1</sup>		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک بوته (گرم در بوته) Shoot d.wt g plant <sup>-1</sup>		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک بوته (گرم در بوته) Shoot d.wt g plant <sup>-1</sup>	
	N	S		N	S		N	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 <sub>x</sub> <sup>-</sup>	0.100							

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

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

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

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

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

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

(Lee, 2001) اظهار داشت که دمای کمتر از درجه گراد در مرحله رویشی برنج، سبب کاهش فتوسنتز و بازداری متابولیسم کربن، ارتفاع گیاه، رشد ریشه و وزن ماده خشک می گردد. با استفاده از روش غربال توسط فلئورسانس کلروفیل، ای قبلا توسط بیکر و ن (Baker and Nie) در بررسی روش های مختلف انتخاب برنج برای تحمل سرما در نپال، ای گوجه فرنگی تحت نور کم و سرما (Bruggemann and Linger, 1994)، عملکرد فتوسنتز ذرت در مواجهه با تنش سرما (Andrews et al., 1995) و در آزمایش کاربرد فلئورسانس کلروفیل برای مطالعه های نور، دما و خشکی (Sthapit et al., 1995) گزارش شده است.

تجزیه واریانس نشان داد ارقام و ارقام دما از نظر عدد کلروفیل، در یک درصد اختلاف معنی دار داشته اند در حالیکه اثر متقابل آن، اختلاف معنی نشان نداد (جدول). مقدار این در، طور طبیعی بیشتر از شرایط بود (جدول). عدد کلروفیل، مقدار کلروفیل در گیاه بوده و معمولا برای یک ژنوتیپ در شرایط بهینه عدد نسبتا ثابتی است. در این مطالعه و کمترین، ارا در تیمار شاهد، در با منشاء ترک و لاین ' از IRRI میزان ' / و / دست آمد. در شرایط بیشترین و کمترین مقدار آن مربوط به لاین های و به ترتیب با منشاء هند و IRRI به میزان ' / و / بود. از میان، واریته ایران مورد آزمایش در شاهد رقم عنبروری قرمز با مقدار / ن، و رقم هویزه ( / ) کمترین مقدار عدد کلروفیل، را داشتند. در حالیکه در تنش سرما رقم کرده زنجان بالاترین ( / ) و واریته امید؛ ( / ) ترین مقدار قرائت شده این، را داشتند (جدول).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح فاکتور اصلی و فرعی و اثر متقابل آن، اختلاف معنی داری از

ولی، سطوح فاکتور فرعی و اثرات متقابل آن، دارای اختلاف معنی داری با یکدیگر بودند (جدول ').

مقدار این، در شرایط تنش دیده شد. در این آزمایش، بیشترین میزان، الکترون مربوط به لاین با منشاء کره به میزان / در شرایط بود. و جالب توجه اینکه کمترین مقدار آن نیز در شرایط تنش، و در بنام (ژنوتیپ شماره ( از ایران به مقدار ' / دیده شد (جدول ').

دیگری که در تحقیق مورد بررسی قرار گرفت qP " فتوشیمیایی الکترون" بود که نشان دهنده کارکرد، دستگاه فتوسنتزی است، و ارتباط ATP و NADPH به عنوان گیرنده های اصلی الکترون های برانگیخته در چرخه روشنایی دستگاه ی دارد. دست آمده نشان داد این طور معنی داری رقم و تنش سرما و اثر آن، بوده است (جدول). در، مقدار qP به طور معنی داری بیش از شرایط دمای پایین بود (جدول)، طوریکه در تیمار شاهد؛ و مقدار این، مربوط به دو رقم ایرانی و فجر / و / دیده شد. در شرایط، از هند ( / ) بالاترین و با منشاء IRRI / در شرایط تنش، میزان، فتوشیمیایی الکترون را داشتند (جدول '). این موضوع نشان می دهد که تولید های انرژی (ATP و NADPH) کاهش یافته و طور همزمان اتلاف حرارتی (qN) انرژی افزایش یافته است. و همکاران (Sheiber et al., 1995) اظهار داشتند که خاموشی غیر شیمیایی کلروفیل برانگیخته، نشان دهنده اتلاف غیرتشنه شعاعی انرژی جذب شده توسط فتوسیستم بوده و برطرف کننده برانگیختگی الکترون می؛ این برانگیختگی بیشتر از طریق دفع گرمایی، و توزیع مجدد انرژی الکترون برانگیخته از فتوسیستم دو صورت می گیرد.

گیاه ذرت به نیتروژن با استفاده از کلروفیل متر، گزارش شده است.

کاهش داد (از نظر عددی بزرگتر؛ جدول ).  
 قدرت رویش در شرایط تنش سرما متعلق به ژنوتیپ LD183، با میزان قدرت رویش با مقدار عددی (خوب) بودند. در قدرت رویش در رقم هویزه با منشاء ایران با مقدار عددی (مرک کامل) در شرایط تنش دیده شد.  
 این بررسی نشان داد که در هر دو حالت تنش و بدون تنش،  $\Phi_{PSII}$  دارای بیشترین همبستگی به ترتیب با ETR عدد کلروفیل متر و qP بود (جدول و ).  
 $\Phi_{PSII}$  و ETR و qP و Fv:Fm وجود داشته است و این موضوع بخوبی نشان می‌دهد که عملکرد کوانتومی بیشتر، ر غیرمستقیم نشان‌دهنده سلامت دستگاه فتوسنتزی، و قدرت رویش بهتر گیاه بوده است (جدول و ).  
 تجزیه و تحلیل رگرسیون گام به گام نشان داد که در تیمار شاهد، از بین صفات مورفولوژیک، 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، 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 ).  
 اطلاعات جدول نشان می‌دهد که در هر دو سطح شاهد و تنش بیشترین همبستگی قدرت رویش، در کلیه ژنوتیپ‌ها با عدد کلروفیل متر بوده است. این امر بدین معنا است که توانایی حفظ کلروفیل توسط گیاه، بهتر شدن وضعیت قدرت رویش گیاهچه گردیده است. چنین همبستگی قبلاً توسط فرانسیس و پیکلیک (Fransis and Piekielek, 2000) در آزمایش تعیین نیاز فرانکبود و لپنر (Francheboud and Leipner, 2003) اظهار داشتند که ETR و qP با افزایش آبی و کاهش

در این : دست آمده ، توان  
 استنتاج نمود  $\Phi_{PSII}$  و Fv:Fm عمدتاً ؛  
 وقوع اشفتگی در کلروپلاست بوده و عدد کلروفیل، این موضوع را ت  
 نورسانس کلروفیل ب طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مرکز واکنش فتوسیستم، ارتباط دا، و می‌توان از آن به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری کارآیی فتوسنتز مورد استفاده نمود. از (Bazzaz, 1996) اظهار داشت فلئورسانس کلروفیل ، مستقیم و از عملکرد فتوسنتزی گیاه تحت تنش است. زمانی فتوسیستم دو نور را جذب کرده و کینون A (اولین پذیرنده الکترون) یک الکترون را ؛ دیگر تواند الکترون دیگری را دریافت کند مگر اینکه آن را به کینون B . در طی این دوره، مرکز واکنش فتوسیستم دو اصطلاحاً " 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 به روشنایی منتقل می‌گردد، مرکز واکنش فتوسیستم دو سریعاً ؛ شده و در اولین لحظات دریافت نور، افزایش میزان فلئورسانس کلروفیل مشاهده بود. اندکی بعد میزان فلئورسانس مجدداً ، زیرا القای نوری، فعالیت آنزیم، متابولیسم کربن و باز شدن روزنه‌ها زیاد شده و افزایشی در سرعت انتقال الکترون از فتوسیستم دو وجود می‌آید که به آن .  
 الکترون (qP) شود. این موضوع بخوبی نشان ، دهد که چرا ژنوتیپ‌های متحمل qP بیشتری دا، و کارایی آن، در تنش سرما ؛ بالاتر بوده است (Maxwell and Johnson, 2000).  
 فرانکبود و لپنر (Francheboud and Leipner, 2003) اظهار داشتند که ETR و qP با افزایش آبی و کاهش

جدول ۶ - بین صفات فلئورسانس کلروفیل، عدد کلروفیل متر و قدرت رویش ارقام برنج در تیمار شاهد

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

	Fv:Fm	$\Phi_{PSII}$	ETR	qN	qP	SPAD	Vigor
Fv: Fm	1						
$\Phi_{PSII}$	0.429**	1					
ETR	0.991**	0.452**	1				
qN	0.037 <sup>ns</sup>	0.023 <sup>ns</sup>	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 <sup>ns</sup>	-0.226**	-0.519**	-0.098 <sup>ns</sup>	-0.365**	-0.235**	1

\* و \*\*: Significant at 1% Probability level, respectively. معنی دار در سطح احتمال یک درصد.  
ns: Non- significant معنی دار

جدول ۷ - بین صفات فلئورسانس کلروفیل، عدد کلروفیل متر و قدرت رویش ارقام برنج در تیمار دمای

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

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

\* و \*\*: Significant at 1% Probability level, respectively. معنی دار در سطح احتمال یک درصد.  
ns: Non- significant معنی دار

جدول ۸ - نتایج رگرسیون گام به گام ژنوتیپ، ی برنج در شرایط دمای پایین و شاهد

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

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

†, ‡ و \*\*: به ترتیب درصد از کل همبستگی، (r) و معنی دار در سطح احتمال درصد.

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

جدول ۹ - های وزن خشک ریشه (گرم بر بوته) ژنوتیپ‌های برنج در تیمار دمای پایین و شاهد در سطح احتمال ۱٪

Table 9. Means of root dry weight (g plant<sup>-1</sup>) 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 <sup>-1</sup>		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root d.wt g plant <sup>-1</sup>		ژنوتیپ شماره Genotype No.	وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root d.wt g plant <sup>-1</sup>	
	N	S		N	S		N	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 <sub>x</sub> <sup>2</sup>	0.0158							

ژنوتیپ‌های مورد بررسی، نیاز به تحقیق بیشتری دارد.

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۱ بیشترین میزان تولید ماده خشک اندام هوایی و ریشه را در شرایط تنش دمای پائین داشته‌اند (جدول ۱ و ۲). دمای پائین در این بررسی،

هدایت روزنه‌ای، کاهش می‌دهد. از آنجا که یکی از اثرات غیر، عدم واکنش روزنه، تغییرات محتوای رطوبتی گیاه و ایجاد آبی است (Baker and Nie, 1994) وجود ارتباطی در این آزمایش تا حدودی، هرچند روشن شدن وجود این ارتباط از

در گیاهان مختلف . شدت ی نور کم ب کار رود.

### گیری

باتوجه به نتایج این آزمایش، Fv:Fm حداکثر عملکرد کوآنتوم، بستم دو در شرا سازگار شده با تاریخ، و از بین صفات مورفولوژیک، وزن خشک ریشه در شرایط تنش دمایی پائین، معیارهای انتخاب لاین های متحمل می؛ علاوه بر این در بین ژنوتیپ مورد بررسی ی و منشاء IRR1 و منشاء ف قدرت رویش در شرایط تنش، بالاتر بودن Fv:Fm، از سایر ارقام برتر بوده و، توان از آن، به عنوان ژنوتیپ های مناسب در های؛ نژادی برای؛ استفاده نمود. از طرفی در بین کلیه ژنوتیپ، رقم ایرانی هویزه، را به تنش دمایی پائین داشت، توان از آن به عنوان شاهد حساس در برنامه های نژادی برنج استفاده نمود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی به ویژه بخش فیزیولوژی به خاطر همکاری، و مساعدت های شان در تمامی مراحل اجرایی این ت شکر و سپا، کزازی گردد.

توان دستگاه در تولید انرژی، یون CO<sub>2</sub> در چرخه تاریکی فتوسنتز نر دیده و تولید کربوهیدرات، را کاهش داد وزن خشک اندام هوایی و ریشه این موضوع را در بر، کربن و تنفس نوری (Leegood and Edwards, 1996)، (Allen and Ort, 2001) و های اکسید، (Ort, 2002) تحت تنش دمایی پائین، گزارش، ه است. این مطالعه نشان داد که، Fv:Fm یکی از های انتخاب ژنوتیپ های متحمل به تنش سرما است. بیکر و (Baker, Nie, 1994) اظهار داشتند که برای بررسی تفاوت؛ در ژنوتیپ ی توان از کاهش عملکرد کوآنتوم، استفاده نمود. استاپیت و همکارانش (Sthapit et al., 1995) اعلام داشتند که سرمازدگم کاهش Fv:Fm در برنج، گردد. آن، پیشنهاد کردند توان با انتخاب لاین هایی که در شرایط تنش سرما عملکرد کوآنتومی بالاتری دارند، ژنوتیپ های متحمل به سرما را غربال نمود. آدامز و همکارانش (Adams et al., 1995) با بررسی منابع Fv:Fm تواند ارمف ی برای زن

### 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 *Platanus 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.

- 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.
- Gregorio, 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.



- 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*, 3<sup>rd</sup> edition. WH Freeman and Company, New York. 1089 pp
- Yoshida, S. 1981.** *Fundamentals of rice crop science*. IRRI, Los Banos, Philippines. 35p.

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

Hassibi<sup>1</sup>, P., F. Moradi<sup>2</sup> and M. Nabipour<sup>3</sup>

### ABSTRACT

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

Rice is a tropical and sub-tropical 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 completely Randomized Design (CRD) in phytotron for screening and monitoring of their performance. Varieties 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 °C (night/ day, respectively) qP, ETR,  $\Phi_{PSII}$ , Fv:Fm, SPAD value and vigor of seedlings as well as root and shoot dry weight significantly reduced as compared with normal temperature 22/29 °C (night/day, respectively). Among genotypes of IRCTN No. 33, 34, 36 and 44 (the Philippines) had the highest values and stability of Fv:Fm and  $\Phi_{PSII}$  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 temperature stress.

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

---

**Received: February, 2007**

1- Ph. D. student, The University of Shahid Chamran. Ahvaz, Iran.

2- Assistant Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj, Iran. (Corresponding author)

3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, The University of Shahid Chamran. Ahvaz, Iran.