رابطه عدد کلروفیل‌متر و میزان کلروفیل برگ گیاه ذرت تلقیح‌شده با قارچ-های *گلوموس موسه* و *پیریفورموسپورا ایندیکا*

شهریار کاظمی[1]، همت‌اله پیردشتی[2]

[1] استادیار، بخش علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران
Shahryarkazemi56@yahoo.com
[2] دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
h.pirdashti@sanru.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی رابطه عدد کلروفیل‌متر (عدد SPAD) و میزان کلروفیل برگ گیاه ذرت (رقم سینگل‌کراس ۷۰۴) بر اثر تلقیح با قارچ‌های شبه‌میکوریز پیریفورموسپورا ایندیکا و میکوریز گلوموس موسه، پژوهشی مزرعه-ای در سال ۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در منطقه قراخیل (قائم‌شهر) انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه در چهار سطح شامل بدون تلقیح، تلقیح با قارچ میکوریز، تلقیح با قارچ شبه‌میکوریز و تلقیح همزمان دو قارچ بود. نتایج نشان داد که بین سطوح مختلف کاربرد تیمار تلقیح، از لحاظ میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b، عملکرد فتوشیمیایی فتوسیستم II (نسبت Fv/Fm) و عدد کلروفیل‌متر اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بر این اساس، بیشترین میزان صفات یاد شده از تیمار تلقیح همزمان حاصل شد. همچنین، بین عدد کلروفیل‌متر و نسبت Fv/Fm با میزان کلروفیل a رابطه خطی و معنی‌داری وجود داشت. به‌طور کلی بر اساس رابطه مثبت و معنی‌دار بین عدد کلروفیل‌متر و محتوای کلروفیل برگ می‌توان بدون صرف وقت و هزینه، با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر به محتوای کلروفیل برگ ذرت پی برد.

کلمات کلیدی: کلروفیل a، *گلوموس موسه*، *پیریفورموسپورا ایندیکا*، عدد SPAD.

۱. مقدمه

امروزه با توجه به کمبود تولید و افزایش هزینه‌های نهاده‌های مصرفی در بخش کشاورزی و همچنین افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، استفاده از کودهای زیستی در جهت بهبود تأمین عناصر غذایی برای رسیدن به کشاورزی پایدار امری ضروری می‌باشد [16] . بنا به تعریف، کود زیستی متشکل از یک یا چند نوع ریزجاندار مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های متابولیکی آن‌ها است که به‌منظور تأمین عناصر غذایی گیاهان استفاده می‌شود [20]. قارچ های میکوریزا و شبه-میکوریزا از جمله قارچ‌های سودمند محسوب می‌شوند که با فراهم نمودن سطح جذب‌کننده وسیع‌تر برای انتقال عناصر غذایی موجود در خاک به ریشه گیاهان، سبب بهبود رشد گیاه می‌گردند [2]. فراهم نمودن حاصلخیزی مناسب خاک و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی جهت حصول بیشینه عملکرد و کیفیت مطلوب محصولات زراعی و کاهش اثرات مضر آن‌ها بر محیط زیست می‌باشد [7]، لذا استفاده از شاخصی مانند میزان کلروفیل در واحد سطح برگ، می-تواند برای تعیین و مطالعه وضعیت مواد غذایی گیاه بکار رود [13]. همچنین جهت ارزیابی میزان کلروفیل برگ به روش غیرتخریبی، می‌توان از دستگاه کلروفیل‌متر استفاده کرد. عدد قرائت شده توسط دستگاه، مجموع میزان کلروفیل a و b موجود در گیاه را نشان می‌دهد [19]. در همین زمینه، پنگ و همکاران [17] از کلروفیل‌متر برای تعیین نیاز کودی در برنج استفاده کردند. پژوهش‌های دیگر نیز بیانگر کارایی دستگاه کلروفیل‌متر در ارزیابی توان فتوسنتزی، شاخصی مناسب از فتوسنتز و تولید در گیاه بوده و می‌توان در تفسیر مراحل فتوشیمیایی گیاه از آن استفاده نمود [14] و [13]. وانگ و همکاران [21] نیز امکان استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر را به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفی گیاه مورد بررسی قرار دادند و همبستگی بالا و معنی-داری بین عدد کلروفیل‌متر و محتوی کلروفیل در ۱۰ گونه گیاه علوفه‌ای مشاهده نمودند. همچنین کاپوتیس و همکاران [11] گزارش کردند عدد دستگاه کلروفیل‌متر، رابطه مثبتی با محتوی کلروفیل برگ‌ها و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی برگ مانند فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای داشت. از سوی دیگر، گزارش شده است که جریان الکترون در فتوسنتز، شاخصی برای میزان کلی فتوسنتز می‌باشد، به‌طوری‌که اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل، تخمین میزان جریان الکترون و نحوه عمل فتوسنتز را امکان‌پذیر می‌سازد [15].

با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از این پژوهش، بررسی همبستگی بین عدد دستگاه کلروفیل‌متر با میزان کلروفیل کل برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به b برگ گیاه ذرت در واکنش به تلقیح با قارچ‌های شبه‌میکوریز *پیریفورموسپورا ایندیکا* و میکوریز *گلوموس موسه* بود، تا از طریق مقایسه عدد کلروفیل‌متر و میزان کلروفیل برگ در گیاهان شاهد و تلقیح شده، به محتوی عناصر غذایی گیاه پی برد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات زراعی قراخیل (قائم‌شهر) با طول جغرافیای ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه، ارتفاع از سطح دریا ۱۴/۷ متر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه در چهار سطح کود بیولوژیک شامل شاهد (بدون تلقیح)، تلقیح با قارچ میکوریز *گلوموس موسه*، تلقیح با قارچ شبه‌میکوریز *پیریفورموسپورا ایندیکا* و تلقیح همزمان دو قارچ بودند.

مساحت هر کرت ۱۱ مترمربع شامل پنج خط کاشت با فاصله بین ردیف‌ها ۷۰ سانتی متر، روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر، بین کرت‌های اصلی دو ردیف نکاشت، بین دو کرت فرعی یک ردیف نکاشت و بین تکرارها دو متر باقی گذاشته شد. عملیات تهیه بستر شامل شخم برگردان، رتیواتور، دیسک و تسطیح بهاره بود. بر اساس آزمون خاک قبل از کاشت (جدول ۲)، نیمی از کود اوره (۹۰ کیلوگرم در هکتار)، تمامی کود فسفاته (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسه (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در هنگام کاشت و بقیه کود اوره به صورت سرک در مرحله هشت برگی و گلدهی مورد استفاده قرار گرفت. در این آزمایش از بذر ذرت هیبرید سنگل‌کراس ۷۰۴ استفاده شد. این رقم دیررس (۱۲۵-۱۳۵روزه)، تک

بلال و دندان اسبی است. به‌منظور افزایش همزیستی مایه تلقیح با بذر از بذور ضدعفونی‌نشده استفاده شد. کاشت در اواخر اردیبهشت با دست انجام و برای کنترل علف‌های هرز، عملیات وجین به‌صورت دستی انجام شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	کربن آلی	ماده آلی	اسیدیته کل اشباع	هدایت الکتریکی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
	(درصد)			(دسی‌زیمنس بر متر)	درصد	میلی گرم بر کیلوگرم	
سیلتی رسی لوم	۱/۹۸	۲/۱۱	۷/۵	۱/۱	۰/۱۶۵	۱۳	۱۶۲

غلظت کلروفیل و میزان کاروتنوئیدها

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ، در مرحله کاکل‌دهی نمونه‌هایی از برگ بلال تهیه کرده و در هشت میلی‌لیتر متانول غوطه‌ور شده در تاریکی و دمای اتاق قرار گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت میزان نور جذبی محلول در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Analytic jena- SPEKOL 1300) قرائت و ثبت شد. در نهایت میزان کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل به ترتیب با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردیده و بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر گزارش شد [18].

C_a (µg/ml)=16.72 $A_{665.2}$ – 9.16 $A_{652.4}$ [رابطه ۱]

C_b (µg/ml)=34.09 $A_{652.4}$-15.28 $A_{665.2}$ [رابطه ۲]

$C_{(a+b)}$ (µg/ml)=c_a+ c_b [رابطه ۳]

در این رابطه‌ها C_a، C_b و $C_{(a+b)}$ به‌ترتیب کلروفیل a، b و کلروفیل کل و $A_{665.2}$، $A_{652.4}$، A_{470} میزان نور جذبی محلول در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ نانومتر می‌باشد.

فلورسانس کلروفیل

برای بررسی کارایی سیستم نوری فتوسنتز (PSII) از دستگاه فلورومتر (PAM 2500 Model, Wals, Germany) استفاده شد. بدین‌منظور، برگ‌ها با استفاده از گیره‌های مخصوص دستگاه به مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. فلورسانس حداقل (F_o) با همه مراکز واکنشی باز فتوسیستم II، توسط نور با شدت پایین (۰/۱ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) و فلورسانس حداکثر (F_m) با تابش پالس اشباع نوری (۸۰۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) به مدت یک ثانیه در برگ‌های سازگار به تاریکی تعیین شد. در مرحله بعد نور مرئی سفید رنگ (۶۸۵ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه) به صورت متوالی به برگ تابانده شد و بعد از آن میزان فلورسانس پایدار (F_t) ثبت و مجددا پالس اشباع نوری (۸۰۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) اعمال و میزان فلورسانس حداکثر (F_m) در برگ‌های سازگار به روشنایی تعیین شد. سپس پرتوی نور مرئی قطع و با تابش نور قرمز دور فلورسانس حداقل در مرحله روشنایی (F_o) ثبت گردید. فرکانس نوری برای اندازه‌گیری F_o و F'_o، ۶۵۰۰ هرتز و برای F_m و F'_m، ۲۰ کیلو هرتز بود. با استفاده از پارامترهای تعیین شده در برگ‌های سازگار به تاریکی و روشنایی، میزان حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) [13]. در پایان، داده‌ها پس از آزمون نرمال بودن، با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل و میانگین صفات مورد بررسی توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

بر اساس تجزیه و تحلیل میانگین مربعات صفات مورد مطالعه، تلقیح با قارچ موجب اختلاف معنی‌داری بر همه صفات مورد بررسی به غیر از نسبت کلروفیل a/b گردید. بر این اساس، تیمار تلقیح با قارچ‌های میکوریز و شبه‌میکوریز میزان صفات برخی صفات مورد بررسی را در مقایسه با روش عدم تلقیح به‌طورمعنی‌داری افزایش داد. بیشترین میزان کلروفیل a، b و a+b (به‌ترتیب معادل ۱۱/۱۹، ۳/۴۴ و ۱۴/۶۳ میلی‌گرم بر وزن تر برگ) از تیمار تلقیح همزمان قارچ‌های *پیریفورموسپورا ایندیکا* و *گلوموس موسه* حاصل شد. میزان عدد کلروفیل‌متر نیز به‌طور معنی‌داری از ۴۲/۰۲ در تیمار شاهد به ۴۴/۵۰ در تیمار تلقیح همزمان افزایش یافت. همچنین این تیمار در مقایسه با روش عدم تلقیح، میزان کارایی کوانتومی فتوسیستم II را ۴/۳ درصد افزایش داد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین مربعات و مقایسه میانگین تیمارهای کم‌آبیاری، همزیستی قارچ و کاربرد کود فسفره بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در دو ایستگاه

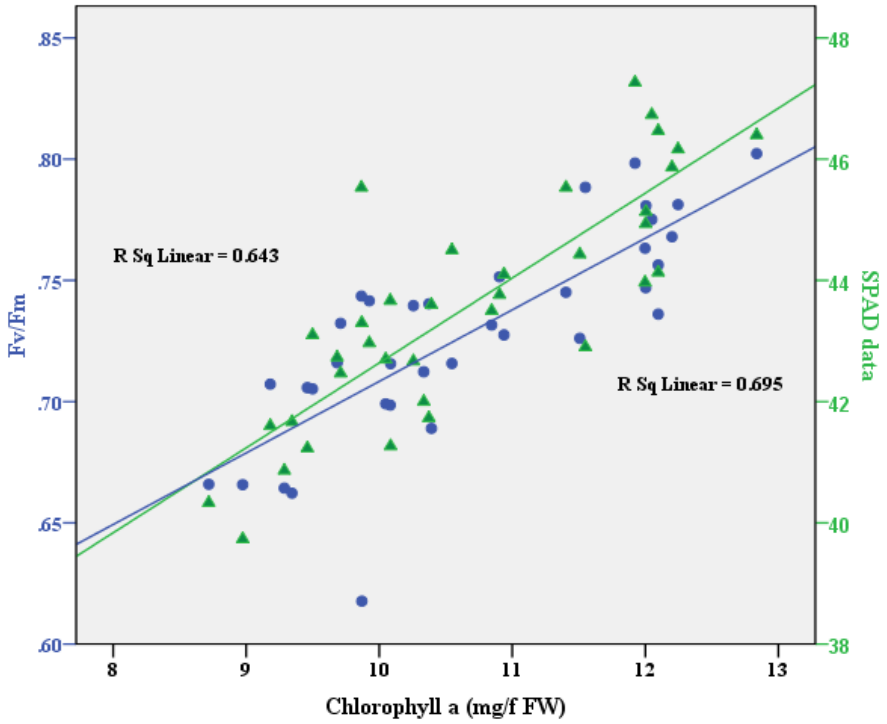
تیمار	سطح	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کلروفیل a/b	F_v/F_m	عدد کلروفیل‌متر
	عدم تلقیح	۱۰/۰۸ c	۲/۸۸ c	۱۲/۹۶ c	۳/۶۴ a	۰/۷۰ c	۴۲/۰۲ b
تلقیح قارچ	تلقیح *گلوموس موسه*	۱۰/۷۴ b	۳/۳۲ ab	۱۴/۰۶ b	۳/۴۰ a	۰/۷۲ b	۴۲/۸۴ ab
	تلقیح *پیریفورموسپورا ایندیکا*	۱۰/۹۴ ab	۳/۲۰ b	۱۴/۱۴ ab	۳/۶۴ a	۰/۷۲ b	۴۳/۶۰ ab
	تلقیح همزمان	۱۱/۱۹ a	۳/۴۴ a	۱۴/۶۳ a	۳/۳۹ a	۰/۷۳ a	۴۴/۵۰ a
میانگین مربعات		۶/۰۲ **	۱/۶۰ **	۱۳/۴۰ **	۰/۵۴ ns	۰/۰۰۸ **	۳۰/۳۷ **
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۹۱	۱۳/۵۲	۶/۵۹	۱۸/۱۰	۲/۵۰	۵/۴۴

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) ندارند..

یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از افزایش میزان کلروفیل برگ در تیمار تلقیح با قارچ بود. در همین راستا، یعقوبیان و همکاران [2] نیز نشان دادند که همزیستی میکوریزایی و شبه‌میکوریزایی باعث افزایش میزان کلروفیل برگ گندم شد. این نتایج با گزارشات ابوقلیا و خلف‌اله [3] و بلترانو و رونکو [5]. جمع‌آوری بهتر گونه‌های اکسیژن فعال در تیمارهای تلقیح با قارچ، سبب کاهش تخریب رنگیزه‌های نوری و کلروفیل برگ می‌شود. علاوه بر این همزیستی قارچی از طریق جذب بهتر فسفر که به عنوان حامل انرژی در طی فتوسنتز است، اثر مثبتی بر مقدار کلروفیل برگ و رشد رویشی گیاه دارد [2].

بالاتر بودن نسبت Fv/Fm حاکی از کارایی بیشتر فتوسیستم II می‌باشد. گزارش شده است که اثر مثبت تلقیح قارچ بر کارایی کوانتومی فتوسیستم II از طریق افزایش معنی‌دار میزان فلورسانس حداکثر است. مطابق گزارش گیتلسون و همکاران [9]، به تدریج و با افزایش احیا شدن مولکول‌های کوئینون (گیرنده الکترون فتوسیستم II)، فلورسانس افزایش می‌یابد. این روند تا احیای کامل مولکول‌های آن ادامه یافته و در چنین حالتی مرکز فتوسیستم در حالت احیای کامل بوده و دارای بیش‌ترین میزان فلورسانس حداکثر می‌باشد. آن‌ها گزارش کردند که هرچه سیستم دیرتر بسته شود، یعنی قادر باشد تعداد الکترون‌های بیشتری را بپذیرد، فلورسانس حداکثر آن بالاتر و سیستم کاراتر خواهد بود. به‌عبارتی، تیمار همزیستی میکوریز و شبه‌میکوریز (به‌ویژه تیمار تلقیح همزمان) توانسته اثر مثبتی بر میزان فلورسانس متغیر و در نتیجه کارایی کوانتومی فتوسیستم II بر جای گذارد. پژوهشگران گزارش کردند که نسبت F_v/F_m به میزان ۰/۸۵ در شرایط بدون تنش به‌دست می‌آید و مقادیر کمتر از ۰/۸۵، حاکی از وجود انواع تنش‌های زنده و غیر زنده روی گیاهان می‌باشد [10]. از آنجا که نتایج پژوهش حاضر نشان داد نسبت F_v/F_m کمتر از ۰/۸۵ بود، بنابراین می‌توان تأثیر برخی شرایط نامناسب کشت نظیر بالا بودن اسیدیته اشباع خاک (جدول ۱)، بر گیاه را محتمل دانست. در همین راستا، اسیدیته اشباع خاک مناسب جهت کشت ذرت، ۶/۵ تا ۷ گزارش شده است [1].

همچنین محاسبه‌ی ضریب رگرسیون بین عدد کلروفیل‌متر، میزان کلروفیل کل و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در برگ ذرت نشان داد که به‌ترتیب، این رابطه مثبت و معنی‌دار و معادل R^2 =۰/۶۹ و R^2= ۰/۶۴ به‌صورت رابطه خطی بود (شکل ۱). محققان نتایج مشابهی را در گیاه ذرت [13] و برنج [6] و پنبه [8] گزارش کرده‌اند. همچنین آنتولین و همکاران [4] با بررسی محتوی کلروفیل گیاه اظهار داشتند که افزایش میزان کلروفیل موجب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل‌متر می گردد [4] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۱- رابطه میزان کلروفیل a با عدد کلروفیل‌متر (▲) و Fv/Fm (●) در پاسخ به تیمارهای کم‌آبی، همزیستی با قارچ و تیمار کود فسفره در ایستگاه قراخیل

۴. نتیجه‌گیری

روش‌های معمول استخراج و اندازه‌گیری کلروفیل، زمان‌بر و پرهزینه هستند در حالیکه تخمین میزان کلروفیل بر اساس عدد دستگاه کلروفیل‌متر سریع و آسان است. بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر و وجود رابطه معنی‌دار بین عدد کلروفیل‌متر و محتوای کلروفیل برگ، می‌توان بدون صرف وقت و هزینه با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر به محتوای کلروفیل برگ پی برد. این موضوع می‌تواند در پژوهش‌های دیگر و با کاربرد سطوح مختلف کاربرد کودهای زیستی، ریسک کاهش عملکرد محصول در اثر کمبود عناصر غذایی را کاهش دهد. همچنین، با توجه به اینکه در پژوهش حاضر تأثیر تلقیح با قارچ-های *پیریفورموسپورا ایندیکا* و *گلوموس موسه* بر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر مثبت قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد داشته است. بنابراین به‌نظر می‌رسد همزیستی با قارچ می‌تواند ضمن بهبود میزان رنگیزه‌های برگ و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II سبب کاهش آسیب به مراکز واکنشی فتوسیستم شده و در نتیجه سیستم فتوسنتری را بهبود بخشد.

مراجع

[1] نورمحمدی، ق.، سیادت، س. ع.، کاشانی، ع. ۱۳۸۹. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران.

[2] یعقوبیان، ی.، پیردشتی، ه.، محمدی گل‌تپه، ا.، فیضی اصلی، و.، اسفندیاری، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی واکنش گندم دیم رقم آذر ۲ به همزیستی با قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار و شبه میکوریزا در سطوح مختلف تنش خشکی. بوم‌شناسی کشاورزی ۴(۱): ۶۳-۷۳.

[3] Abo-Ghalia, H.H., Khalafallah, A.A. 2008. Responses of Wheat Plants Associated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Short-term Water Stress Followed by Recovery at Three Growth Stages. Journal of Applied Sciences Research, 4(5): 570-580.

[4] Antolin, M.C., Yoller, J., Sanchez-Diaz, M. 1995. Effects of temporary drought on nitratefed and nitrogen –fixing alfalfa plants. Plant Science. 107:159-165.

[5] Beltrano, J., Ronco, M. G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus claroideum: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Society of Plant Physiology 20(1): 29-37.

[6] Bullock, D., Bollero, G., Anderson, D. 1995. Evaluation of the Minolta SPAD-520 Chlorophyll Meter for On-Farm N Management of Corn in Illinois. Illinois Fertilizer Conference Proceedings, January, 23-25.

[7] Chaudhury, A.U., Sarwar, M. 1999. Optimization of nitrogen fertilizer in cotton. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2: 242-243.

[8] Feibo, W., Lianghuan, W., Fuhua, X. 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen side dress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L). Field Crops Research. 56: 309 314.

[9] Gitelson, A. A., Buschmann, C., Lichtenthaler, H. K. 1999. The Chlorophyll Fluorescence Ratio F735/F700 as an Accurate Measure of the Chlorophyll Content in Plants. Remote Sensing of Environment 69: 296-302.

[10] Kalaji, H. M., Guo, P. 2008. Chlorophyll fluorescence: a useful tool in barley plant breeding programs. In: Sanchez, A. Guttierez, S. J. (eds) Photochemistry research in progress. Nova, New York.

[11] Kapotis, G., Zervoudakis, G., Veltsistas, T., Salahas, G. 2003. Comparison of Chlorophyll Meter Readings with Leaf Chlorophyll Concentration in *Amaranthus vlitus*: Correlation with Physiological Processes. Russian Journal of Plant Physiology: 50(3): 395-397.

[12] Klughammer, C., Schreiber, U. 2008. Complementary PSII quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the saturation pulse method. PAM Application Notes 1: 27-35.

[13] Krugh, B., Bickham, L., Miles, D. 1994. The solid-state chlorophyll meter: a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. Maize Genetics Cooperation Newsletter, 68: 25-27.

[14] Marquarad, R.D., Tipton, J.L. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. Horticultural Science, 22: 1327-1329.

[15] Maxwell, K., Johnson, G. N. 2005. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of Experimental Botany 51(345): 659-668.

[16] Park, J., Bolan, N., Megharaj, M., Naidu, R. 2010. Isolation of phosphate-solubilizing bacteria and characterization of their effects on lead immobilization. Pedologist 53:67-75.

[17] Peng, S., Garcia, F.V., Laza, R.C., Cassman, K.G. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meters estimate of rice leaf nitrogen concentration. Agronomy Journal. 83:987-990.

[18] Porra, R.J. 2003. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research. 73: 149-156.

[19] Ramesh, k., Chandrasekaran, B., Balasubramanian, T.N., Bangarusamy, U., Sivasamy, R., Sankaran, N. 2002. Chlorophyll dynamics in Rice (Oryza sativa) before and after flowering based on SPAD (Chlorophyll Meter) monitoring and its relation with grain yield. Journal of Agronomy and Crop Science: 188(2): 102-106.

[20] Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-86.

[21] Wang, Q., Chen, J., Stamps, R.H., Li, Y. 2005. Correlation of Visual Quality Grading and SPAD Reading of Green-Leaved Foliage Plants. Journal of Plant Nutrition. 28 (7): 1215 1225.

Relationship between SPAD value and chlorophyll content in the leaf of corn inoculated by *Piriformospora indica* and *Glomus mosseae*

Shahryar Kazemi

Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University,Iran

Email: *shahryarkazemi56*@yahoo.com

Hemmatollah Pirdashti

Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the relationship between SPAD value and chlorophyll content in the leaf of corn (Zea mays L. cv. SC 704) inoculated by mycorrhiza-like fungus ,Piriformospora indica, and mycorrhiza fungus ,Glomus mosseae, a field experiment was conducted in randomized complete block design at the station of Gharakhil during 2015. Treatments were at four levels of inoculation, including control, Piriformospora indica inoculation, Glomus mosseae inoculation and Piriformospora indica + Glomus mosseae inoculation. The results showed that there were significant differences among all levels of inoculation treatment in terms of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll (a+b), F_v/F_m ratio and SPAD value. Accordingly, the maximum amount of these traits was obtained from the Piriformospora indica + Glomus mosseae inoculation level. There was also a significant linear relationship between chlorophyll a content, SPAD value and F_v/F_m ratio. In general, it could be useful to use the SPAD meter to calculate the amount of chlorophyll present in corn leaves without spending time and money.

Keywords: Clorophyll a, *Glomus mosseae*, *Piriformospora indica*, SPAD value