

تأثیر تنش خشکی و کودهای زیستی و شیمیایی روی میزان کلروفیل برگ پرچم گندم و همبستگی آن با عملکرد دانه

معصومه نمروری^{۱*}، قدرت‌اله فتحی^۱، عبدالمهدی بخشنده^۱، محمد حسین قرینه^۱ و سیروس جعفری^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۸)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی در کودهای زیستی و غیرزیستی بر میزان کلروفیل برگ پرچم گندم، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی رامین خوزستان انجام شد. در این آزمایش آبیاری در سه سطح شامل I₁ (قطع آبیاری از مرحله ظهور کامل سنبله تا زمان برداشت) - از مرحله ۵۵ زیداکس تا آخر، I₂ (قطع آبیاری از مرحله گل شکفتگی تا زمان برداشت-۶۵ از مرحله زیداکس تا آخر) و I₃ (آبیاری کامل به عنوان شاهد) در کرت‌های اصلی، هم‌چنین سیستم‌های کودی شامل کود شیمیایی رایج (NPK)، کود دامی (M)، کود زیستی (B) و کود زیستی همراه با کود دامی (MB) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بیشترین میزان کلروفیل در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن مربوط به قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله به دست آمد، هم‌چنین بیشترین میزان کلروفیل در سیستم‌های کودی مربوط به کود دامی مخلوط با کود زیستی (MB) و هم‌چنین کود شیمیایی (NPK) و کمترین میزان آن مربوط به کود زیستی (B) به دست آمد. همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین عملکرد دانه و کلروفیل برگ پرچم به دست آمد، بنابراین کلروفیل برگ پرچم صفت مناسبی برای گزینش عملکرد در شرایط تنش خشکی و هم‌چنین سیستم‌های مختلف کودی است.

واژه‌های کلیدی: برگ پرچم، تنش خشکی، کلروفیل، کودزیستی، همبستگی

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

۲. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mnamarvari@yahoo.com

مقدمه

گندم، برنج و ذرت عمده‌ترین و استراتژیک‌ترین غلات محسوب می‌شوند که از این میان، گندم همواره گوی سبقت را از سایر غلات ربوده و به عنوان مهم‌ترین غله، بیشترین توجه و تحقیقات را به خود اختصاص داده است. واژه خشکی بیانگر یک رویداد اقلیمی و محیطی و نشانگر دوره بدون بارندگی است که طی آن مقدار رطوبت خاک تا حدی کاهش می‌یابد. تحقیقات جدید نشان داده است که ۲۵ درصد زمین‌های کشاورزی دنیا تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارند، بنابراین می‌توان گفت خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل غیرزیستی است که میزان تولید گیاهان زراعی را به شدت محدود می‌سازد (۷).

واکنش گیاه به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و می‌تواند به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیک کوتاه مدت یا بلند مدت باشد. تغییرات کلروفیل به عنوان یک واکنش کوتاه مدت به تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱). محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (۹). خشکی به طور معنی داری درصد کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد (کمبود آب سبب آسیب دیدگی رنگدانه‌ها و پلاستیدها می‌گردد) (۵، ۱۳، ۱۴ و ۲۲). با توجه به این‌که نیتروژن به طور مستقیم در ساختار مولکول کلروفیل شرکت می‌کند، می‌توان ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل برگ انتظار داشت. به همین دلیل از میزان کلروفیل برای تعیین وضعیت نیتروژن در گیاهان استفاده می‌شود، و می‌توان با اندازه‌گیری کلروفیل توسط وسیله‌ای به نام کلروفیل متر، وضعیت نیتروژن در گیاه را به دست آورد (۲۱). بخشی از کاهش ماده خشک در اثر کاهش فتوسنتز می‌تواند به دلیل کاهش در غلظت کلروفیل باشد. با توجه به وجود ارتباط زیاد بین محتوای کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن، امکان تخمین نیاز نیتروژنی گیاه با استفاده از روش کلروفیل متر (اسپد) میسر است (۶). نتایج آزمایش‌های اسکارف و همکاران (۲۱) نشان داد که از مقادیر کلروفیل متر می‌توان برای

تعیین غلظت نیتروژن و همچنین قابلیت دسترسی به نیتروژن در گیاه ذرت استفاده نمود. چون در حدود ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست‌های آن انباشته می‌شوند و در نتیجه مقدار کلروفیل هم‌بستگی زیادی با مقدار نیتروژن دارد. بریدمایر (۶) گزارش کرده است که بالاترین سطوح نیتروژن، بالاترین اعداد کلروفیل متر و کمترین اعداد کلروفیل متر نیز در گیاهان شاهد مشاهده می‌شود. کلروفیل متر یک وسیله دستی می‌باشد و اعداد حاصل از آن ارتباط با مقدار کلروفیل برگ دارد که آن رابطه میان انتقال نور در طول موج ۹۶۰ و ۶۴۰ نانومتر می‌باشد (۱۶). در اثر کمبود نیتروژن در گیاه، زرد شدن (کلروزیس) به وجود می‌آید که باعث کاهش رشد گیاه و پیری زود رس برگ‌ها می‌شود. در گزارشی بیشترین اعداد کلروفیل متر مربوط به تیمار کود مخلوط یا کود آلی حتی زمانی که تنش حادث شده بود، می‌باشد زیرا کودهای آلی مقادیر زیادی تولید می‌کنند که به راحتی تجزیه شده و حاوی مقادیر زیادی نیتروژن هستند (۸). قوش و همکاران (۹) نیز افزایش محتوای کلروفیل گیاه را در نتیجه استفاده از کود دامی گزارش کردند. با توجه به بررسی‌های انجام شده وجود تنش‌های محیطی مانند کمبود آب به ویژه در مرحله تشکیل و پر شدن دانه، به دلیل کاهش در میزان فتوسنتز جاری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه باعث کاهش وزن دانه می‌گردد که در نتیجه آن عملکرد کاهش می‌یابد. از طرفی هرچند مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن و فسفر بر بهبود خواص کمی و کیفی دانه گندم از طریق افزایش عملکرد موثر است اما استفاده مناسب از کودهای نیتروژنه و فسفره برای افزایش تولید محصول و افزایش کارایی آنها دارای اهمیت می‌باشد در همین زمینه گزارشات نشان می‌دهد تلقیح بذر با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و میکروارگانسیم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی قادر است با بهبود شرایط خاک موجب افزایش عملکرد محصول و افزایش وزن خشک گیاه می‌گردد. در مجموع چنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که عملکرد با میزان کلروفیل رابطه تنگاتنگی دارد، از طرفی می‌توان با مدیریت صحیح و استفاده از

خاک مخلوط گردید. کود نیتروکسین (حاوی غلظت‌های مختلف از باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریولوم و باکتری‌های محرک رشد می‌باشد که باعث جذب نیتروژن خاک توسط گیاه می‌شود) به میزان یک لیتر در هکتار و کود بارور ۲ (باکتری‌های موجود در آن حاوی باکتری‌هایی از جنس باسیلوس و سودوموناس که باعث جذب فسفر خاک توسط گیاه می‌شود) به میزان یک کیلوگرم در هکتار مصرف گردید (براساس برچسب روی کود آن را بذرمال نموده و کشت می‌نماییم).

کود دامی مورد استفاده، کود گاوی پوسیده به میزان ۲۰ تن در هکتار (عرف منطقه) بوده که توسط کولتیواتور با خاک مخلوط گردید تا از هدر روی نیتروژن آن جلوگیری شود (به صورت NO_3^-). کود تلفیقی (دامی و کود زیستی) نیز شامل کود گاوی (۱۰ تن در هکتار) + کود نیتروکسین (نیم لیتر در هکتار) + کود بارور ۲ (نیم کیلو در هکتار) بود. هر کرت فرعی به طول ۲ متر و عرض ۱/۶ متر که شامل ۸ خط کاشت بود. فواصل بین کرت‌های اصلی ۲ متر و فواصل بین کرت‌های فرعی ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. رقم چمران در تاریخ ۱۰ آذر ماه به روش خشکه کاری با دست و با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع کشت شد. آبیاری نیز تا قبل از مرحله ظهور سنبله براساس نیاز گیاه صورت گرفت. کلروفیل برگ پرچم با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Spad-502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد (۲). بدین منظور در هر واحد آزمایشی به طور تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و سه نقطه هر برگ پرچم اندازه‌گیری نموده و میانگین آن را به دست آورده و سپس میانگین ۱۰ برگ پرچم به عنوان معیاری از کلروفیل برگ پرچم یک کرت در نظر گرفته شد (در روی بوته بدون جدا نمودن برگ پرچم در ساعت ۱ ظهر و هوا کاملاً صاف). اعداد و ارقام به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C و SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند. برای رسم جدول‌ها از برنامه EXCEL استفاده گردید.

سیستم‌های کودی خاص، میزان کلروفیل را در جهت افزایش عملکرد افزایش داد و در این پژوهش با توجه به شرایط آب و هوایی خوزستان، سعی گردیده است که سیستم‌های مختلف کودی در جهت تولید بهینه گندم در شرایط خشکی‌های پایان دوره، مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه جهت تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه مورد آزمایش، نمونه‌هایی به صورت تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت و بر اساس روش استاندارد در آزمایشگاه گروه خاک‌شناسی دانشگاه رامین خوزستان (۳۵ کیلومتری اهواز) مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

تغییرات دما و میانگین بارندگی محل آزمایش در فصل رشد گندم در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در جدول (۲) ارائه شده است.

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. در این آزمایش تیمار رژیم آبیاری شامل ۳ سطح آبیاری به عنوان کرت‌های اصلی به صورت I_1 قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله تا زمان برداشت (با ظهور ۵۰٪ سنبله‌ها از غلاف برگ پرچم)، I_2 قطع آبیاری از مرحله گل شکفتگی تا زمان برداشت (با ظهور پرچم‌ها در ۵۰٪ سنبله‌ها) و I_3 آبیاری کامل بر اساس نیاز گیاه اعمال گردید (بر اساس درصد رطوبت و تخلیه رطوبتی). البته جهت جلوگیری از بارندگی‌های فصلی و اعمال قطع آبیاری از پوشش‌های پلاستیکی استفاده شد.

تیمارهای فرعی شامل ۴ نوع کود مختلف شامل کود شیمیایی رایج (NPK)، کود زیستی (B)، کود دامی (M) و کود دامی مخلوط با کود زیستی (MB) بود. ترکیب کود شیمیایی (بر اساس عرف منطقه) به صورت ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (اوره)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود که با کولتیواتور با

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه برداری (سانتی متر)	نیترژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	pH _e	EC _e دسی زیمنس بر متر	مواد آلی (درصد)	FC % θ_v	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۰۷	۴/۳	۸۷	۷/۷	۲/۶۴	۰/۵۹	۴۰	لوم رسی

تغییرات دما و میانگین بارندگی محل آزمایش در فصل رشد گندم در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات هواشناسی منطقه مورد آزمایش در سال زراعی ۸۹ - ۱۳۸۸

ماه	پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
کمینه دما (سلسیوس)	۲۰	۱۲/۴۳	۷/۲۴	۳/۶۸	۸/۸۷	۱۰/۳۳	۱۳/۱۸	۱۶/۱۱	۱۶/۱۱
بیشینه دما (سلسیوس)	۳۵/۲۱	۲۸/۶۳	۲۱/۵۶	۱۸/۴۱	۲۰/۶۴	۲۴/۵۶	۲۷/۶۸	۳۰/۶۱	۳۰/۶۱
میانگین دما (سلسیوس)	۲۷/۳۰	۲۰/۲۱	۱۴/۴	۱۱/۰۵	۱۴/۷۶	۱۷/۴۴	۲۱/۱	۲۲/۳۰	۲۲/۳۰
مجموع بارندگی (میلی متر)	-	-	۲۲	-	۲۹/۶۶	۷/۶	۲۰/۹۴	-	-

نتایج و بحث

مقدار کلروفیل برگ به عنوان یک معیار بسیار مفید جهت ارزیابی وضعیت فیزیولوژیک گیاه مورد توجه می‌باشد (۲۲). دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است. محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول ۳ اثر قطع آبیاری، اثر کودهای مصرفی و همچنین اثر متقابل آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین میزان کلروفیل در قطع آبیاری نشان داد که بیشترین کلروفیل به میزان ۵۸/۷۳ در آبیاری کامل و کمترین کلروفیل به میزان ۴۳ در قطع آبیاری در مرحله سنبله‌روی به دست آمد (نمودار ۱).

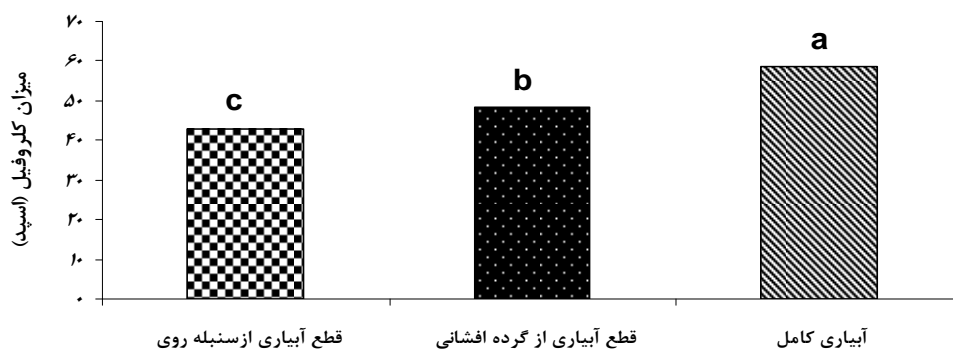
کاهش سنتز کلروفیل از واکنش‌های عمومی گیاهان نسبت به کمبود آب می‌باشد با افزایش شدت تنش آبی و یا کاهش پتانسیل آب خاک، روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. به نظر می‌رسد کاهش غلظت

کلروفیل تحت شرایط تنش به واسطه اثر کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد. از طرفی عنصر نیترژن علاوه بر شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، بخش مهمی از ملکول کلروفیل را تشکیل می‌دهد. از این رو کمبود نیترژن در گیاه، کاهش سنتز کلروفیل، زردی رنگ برگ‌ها و در نهایت توقف رشد را به دنبال دارد. بنابراین تنش خشکی در گیاهان باعث پیری زودرس، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. کاهش در میزان کلروفیل برگ بر اثر تنش خشکی باعث کاهش کارایی فتوسنتز می‌گردد که احتمالاً تأثیر آن بر فتوسیستم II شامل اکسیداسیون آب بوده، که بسیار حساس به تنش‌های محیطی می‌باشد و در اثر این تنش خصوصاً تنش خشکی دچار اختلال می‌گردد (۵ و ۱۰). مقدار کلروفیل در کلیه تیمارهای تنش کاهش یافت، و نتایج احمدی و سی و سه مرده (۱)، ایکسو چیتل و همکاران (۲۳)، بارراکلوخ و کتی (۴) و کیانی و همکاران (۱۴) نیز آن را تایید می‌کنند. همچنین بر اساس مقایسه میانگین داده‌های میزان کلروفیل در سیستم‌های کودی نشان داد که میزان کلروفیل

جدول ۳. تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیکی

میانگین مربعات		منابع تغییرات
کلروفیل (اسپد)	درجه آزادی	
۷/۱۰۰ ^{ns}	۲	تکرار
۷۶۵/۴۹۹ ^{**}	۲	آبیاری (A)
۲۲/۰۲۳	۴	خطای A
۵۴۸/۵۰۹ ^{**}	۳	کود (B)
۱۰۳/۶۹۲ ^{**}	۶	A × B
۲۵/۶۵۸	۱۸	خطای B
۱۰/۱۲	%Cv	

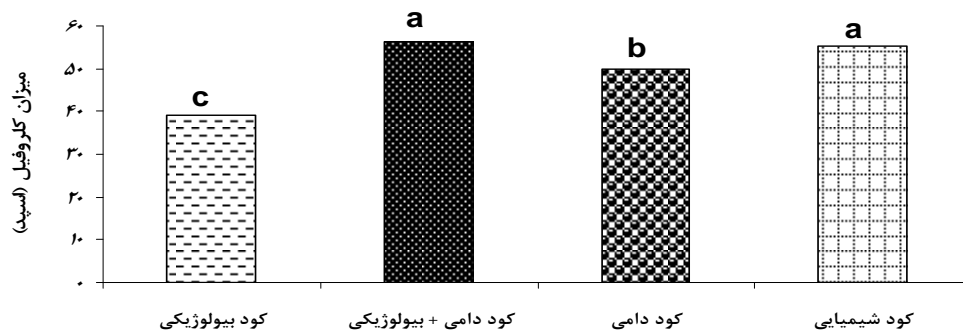
ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



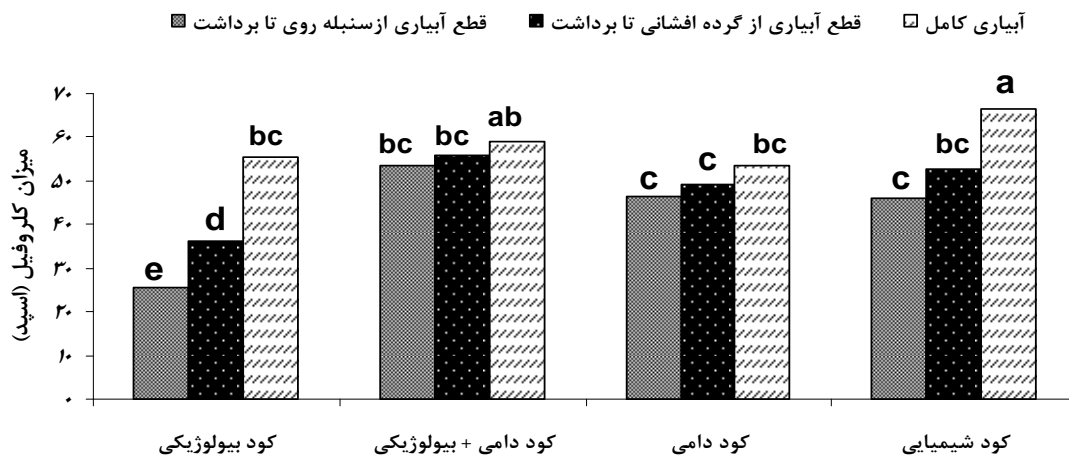
شکل ۱. تأثیر قطع آبیاری بر میزان کلروفیل

عناصر تغذیه‌ای باعث تغییر در متابولیسم و مقدار کلروفیل در گیاه می‌شود. کاهش مقدار کلروفیل در گیاه ناشی از کاهش بیوسنتز کلروفیل و یا رشد ضعیف کلروپلاست‌ها می‌باشد. افزایش محتوی کلروفیل نیز احتمالاً به دلیل وجود سلول‌های بزرگ‌تر و غلظت بالاتر کلروپلاست در واحد سطح برگ می‌باشد (۸). نتایج به دست آمده با بریدمایر (۶) و قوش و همکاران (۹) مطابقت دارد. مقایسه میانگین اثر متقابل میزان کلروفیل نشان می‌دهد که کود شیمیایی در شرایط آبیاری کامل بیشترین میزان کلروفیل را به خود اختصاص داده است و کمترین میزان کلروفیل مربوط به کود زیستی در شرایط قطع

کودهای دامی مخلوط با کود زیستی و هم‌چنین کودهای شیمیایی بیشتر از بقیه کودها بوده است (نمودار ۲). بالاترین و پایین‌ترین سطح نیتروژن به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین اعداد کلروفیل متر را به خود اختصاص می‌دهند با توجه به تأثیر گذاری نیتروژن بر سطح برگ و آنزیم‌های فتوسنتزی، افزایش نیتروژن معدنی باعث افزایش فتوسنتز و عملکرد بالاتر می‌گردد. هم‌چنین تأثیر تلقیح باکتریایی بر گیاه موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه‌های کلروفیل در فرایند فتوسنتز، تولید انرژی و در نهایت بهبود رشد گیاه در تیمار کود زیستی مخلوط با کود دامی شده است. کمبود



شکل ۲. تأثیر سیستم‌های مختلف کودی بر روی میزان کلروفیل



*: میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

شکل ۳. تأثیر متقابل تیمارهای مختلف قطع آبیاری و کود روی میزان کلروفیل

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین صفات عملکرد با کلروفیل برگ پرچم

شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن بیولوژیک	کلروفیل برگ پرچم (اسپد)
۰/۶۸۷**	۰/۹۱۱**	۰/۷۹۲**	

بسیار معنی‌داری بین کلروفیل برگ پرچم و عملکرد دانه وجود دارد که نشان‌دهنده این است، عملکرد گیاه به شدت تحت تأثیر کلروفیل برگ پرچم خصوصا در زمان پرشدن دانه می‌باشد و هرچقدر میزان کلروفیل (درصد سبزی برگ) بیشتر باشد عملکرد دانه نیز افزایش خواهد یافت که این موضوع با نتایج ممنوعی و همکاران (۱۵) مطابقت دارد.

آبیاری در مرحله سنبله‌روی بوده است (نمودار ۳). که نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه رطوبت در سیستم‌های کودی بر روی کلروفیل می‌باشد. به طوری که گیاه در تیمار کود شیمیایی فقط در شرایط آبیاری کامل توانسته نیتروژن مورد نیاز خود را به حد کافی جذب نماید. با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که همبستگی مثبت و

نتیجه گیری

باتوجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان چنین استنباط نمود که در صورت استفاده از کودهای دامی (به دلیل داشتن ظرفیت نگهداری بالای رطوبت) میزان نیتروژن در برگ پرچم افزایش می‌یابد که در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد (احتمالاً افزایش نیتروژن در برگ پرچم باعث افزایش دوام سطح برگ پرچم گردیده است). هم‌چنین می‌توان گفت به دلیل همبستگی بالای عدد کلروفیل متر با عملکرد دانه، از دستگاه اسپد به عنوان شاخصی برای عملکرد دانه استفاده نمود.

سپاسگزاری

جا دارد در این جا از گروه خاکشناسی به ویژه دوستانی که در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان این جانب را یاری نمودند و هم‌چنین کلیه عزیزانی که در همه وقت با من همراه و همگام بودند، قدردانی نمایم.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, A. and A. Ceiocemardeh. 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and Proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. *Iranian Agriculture Science* 35: 753-763.
2. Balassubramanian, V., A. C. Morales, R. T. Cruz, T. M. Thiyagarajan, R. M. Nagarajan, S. Abdulrachman and L. H. Hai. 2000. daptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: A review. *International Rice Research Notes* 25(1): 4-8.
3. Bao, A., S. Wang, G. Wu, J. Xi, J. Zhang and C. Wang. 2009. Over expression of the arabidopsis H⁺-PPase enhanced resistance to salt and drought stress in transgenic alfalfa (*Medicago sativa* L.), *Plant Science* 176 : 232-240.
4. Barraclough, P. B. and J. Kate. 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter readings in wheat. *Plant nutrition* 722-723.
5. Behra, R. K., P. C. Mishra and N. K. Choudhury. 2002. High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. *Journal of Plant Physiology* 159: 967-973.
6. Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD. Thesis, Technical University of Munich, Germany.
7. Emam, Y. 2007. Cereal Production. 3rd ed., Shiraz University Press, 190 p. (In Farsi).
8. Gerendas, J. and I. Pieper. 2001. Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. PP. 716-717. In: W. J. Horst (Ed.), *Plant nutrition-food security and sustainability of agroecosystems*. Kluwer Academic Pub., The Netherlands.
9. Ghosh, P. K., K. K. Ajay, M. C. Bandyopadhyay, K. G. Manna, A. K. Mandal and K. M. Hati. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology* 95: 85-93.
10. Hopkins, W. G. 2004. Introduction to Plant Physiology. 3rd ed., John Wiley & Sons Pub., New York.
11. Hussain, A., M. R. Ghaudhry, A. Wajad, A. Ahmed, M. Rafiq, M. Ibrahim and A.R. Goheer. 2003. Influence of water stress on growth, yield and radiation use efficiency of various wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 1074-1079.
12. Kaymak, H. A., I. Guvenc, F. Yarali and M. F. Denmez. 2009. The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. *Turkish Journal of Agriculture* 33: 173-179.
13. Khalilvand, E. 2006. Effect of drought on two sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid yield and yield components in different density. MSc. Thesis, IAU, Tabriz Branch,
14. Kiani, S. P., P. Maury, A. Sarrafi and P. Grieu. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. *Plant Science* 175: 565-573.
15. Mamnouie, E., R. Fotouhi Ghazvini., M. Esfahany and B. Nakhoda. 2006. The Effects of Water Deficit on Crop Yield and the Physiological Characteristics of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties. *Journal of Agriculture Science Technology* 8: 211-219.
16. Major, D. J., R. Baumeister, A. Toure and S. Zhao. 2003. Digital imaging and spectral techniques (Application to precision agriculture and crop physiology). ASA-CSSA-SSSA. Special Publication, Madison. USA.

17. Marius, S., A. Octavita, U. Eugen and A. Vlad. 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.).
18. Misra, N. and A. K. Gupta. 2005. Effect of salt stress on proline metabolism in two high yielding genotypes of green gram. *Plant Science*. 169: 331–339.
19. Liu, Z., X. Zhang., J. Bai, B. Suo, P. Xu and L. Wangb. 2009. Exogenous paraquat changes antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in drought-stressed cucumber leaves, *Scientia Horticulturae* 121 : 138–143.
20. Ommen, O. E. and A. Donnelly. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentrations and other environmental stresses within the ESPACE-wheat project. *Journal of Agronomy* 10: 197-203.
21. Scharf, P. C., S. M. Brouder and R. G. Hoefl. 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. *Journal of Agronomy* 98: 655-665.
22. Wang Z. and B. Huang. 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop Science* 44:1729-1736.
23. Xochitl, G. V., G. M. Edmundo, R.C. Quintin, H. E. Luis and A. S. Gerardo Armando. 2005. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. *Journal of Plant Physiology* 162: 650-661.