استفاده از کلروفیل سنج مینولتا SPAD-502 برای برآورد غلظت نیتروژن برگ و پروتئین دانه در سه رقم گندم

عزیز مجیدی[1]

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی؛ **Azmajidi@yahoo.com**

دریافت: **91/10/6** و پذیرش: **92/11/21**

چکیده

استفاده از روش‌هائی که بدون نیاز به تخریب بافت، وضعیت تغذیه‌ای نیتروژن (N) گیاه را به سرعت برآورد کنند می‌تواند در عملیات مدیریت کود نیتروژن سودمند باشد. هدف از انجام این تحقیق، برآورد غلظت نیتروژن برگ و پروتئین دانه با استفاده از کلروفیل سنج مینولتا مدل SPAD-502 بدون نیاز به تخریب بافت گیاه در سه رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) بود. آزمایش شامل سه رقم گندم (زرین، الوند و دوروم) و شش تیمار کودی نیتروژن (150-0 کیلوگرم در هکتار) بود که به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی به مدت سه سال زراعی (89-1387) به اجرا گذاشته شد. قرائت‌های کلروفیل سنج در بخش میانی آخرین برگ توسعه یافته در مراحل رشد تولید اولین گره ساقه (زادوکس- GS 31) و قبل از ظهور خوشه (GS 41) به انجام رسید. کلروفیل سنج تفاوت‌های عملکرد دانه مربوط به سطوح کودی نیتروژن را در مراحل GS 31 و GS 41 بطور کاملاً معنی‌داری تشخیص داد. تفاوت‌های معنی‌داری نیز در قرائت‌های کلروفیل سنج در بین ارقام گندم وجود داشت. کلروفیل سنج SPAD پیش‌بینی ضعیفی از عملکرد دانه ارائه نمود ($0/01 > R^2 > 0/06$)، ولی بطور موفقیت آمیزی غلظت نیتروژن کل را در برگ پیش‌بینی نمود ($0/88^{**} > R^2 > 0/63^{**}$). معادلات رگرسیونی معنی‌داری در بین قرائت‌های SPAD با غلظت نیتروژن برگ و پروتئین دانه در تمامی ارقام مورد مطالعه بدست آمد. بهترین همبستگی در بین قرائت‌های کلروفیل سنج با نیتروژن برگ و مقدار پروتئین دانه در مرحله GS 41 حاصل شد ($0/79^{**} > R^2 > 0/4^{**}$). نتایج نشان داد که کلروفیل سنج SPAD-502 می‌تواند وسیله مفیدی برای برآورد وضعیت تغذیه‌ای نیتروژن برگ بدون نیاز به تخریب بافت جهت انجام توصیه‌های کودی ازت و پروتئین دانه گندم باشد، ولی قرائت‌های آن باید برای ارقام غالب کشت شده در منطقه آذربایجان-غربی واسنجی شود.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، شاخص کلروفیل، مراحل رشد، گندم پائیزه

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: استان آذربایجان غربی، شهرستان ارومیه، کیلومتر 3 جاده سلماس، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

مقدمه

مدیریت پایدار کودهای نیتروژنی، نیازمند آگاهی دقیق از غلظت نیتروژن (N) گیاه است. مقدار مصرف آن بسته به نوع محصول، سال و مکان بوده و باید منطبق بر نیازهای واقعی گیاه در هر مرحله از رشد تنظیم گردد. چنین روشی در مدیریت مصرف نیتروژن، بهینه سازی عرضه پویای نیتروژن[1] نامگذاری شده است.

(آرکونتولیز و همکاران، 2011). بررسی‌ها نشان داده است که مصرف کم یا زیاد نیتروژن تأثیر سوئی بر عملکرد و کیفیت محصول دارد (ابد و همکاران، 2004). بنابراین برای جلوگیری از کاهش عملکرد و کیفیت دانه گندم (*Triticum aestivum* L.)، باید به دقت مقدار نیتروژن مصرفی را مدیریت نمود. هنگامی که مصرف نیتروژن با نیاز گیاه منطبق نباشد تلفات نیتروژن از سیستم خاک–گیاه قابل توجه خواهد بود و ضمن افزایش هزینه‌های تولید و آلودگی محیطزیست، کارائی مصرف کود نیز کاهش خواهد یافت. با انجام توصیه‌های دقیق کود نیتروژنه کارآئی مصرف کود افزایش یافته، هزینه‌های تولید کاهش و از اثرات مخرب زیست محیطی تلفات نیتروژن بطور قابل توجهی کاسته خواهد شد (دلین و همکاران، 2005).

برای انجام توصیه‌های دقیق کود نیتروژنه در محصولات زراعی، روش‌های آزمون خاک و تجزیه گیاه بطور قابل توجهی توسعه یافته است. در آزمون خاک، توصیه کودی نیتروژن را معمولاً بر اساس موازنه نیاز غذائی محصول و مقدار ذخیره نیتروژن قابل جذب خاک محاسبه می‌کنند (هولیز و همکاران، 2007). در تجزیه گیاه، معمولاً وضعیت تغذیه‌ای گندم با مقایسه غلظت عناصر با حدود بحرانی آنها در گیاه مرجع مورد مقایسه قرار می‌گیرد (کارتلت و همکاران، 2005). سایر روش‌های تجزیه گیاه شامل منحنی رقت نیتروژن (جوستز و همکاران، 1994)، مقدار نیترات ساقه انتهایی (جوستز و همکاران، 1994) و میزان کلروفیل برگ (هولیز و همکاران، 2007) است. برای برآورد کلروفیل برگ از تجهیزات دستی به نام کلروفیل سنج استفاده می‌کنند. کلروفیل سنج‌ها این امکان را به ما می‌دهند که با سرعت و بدون تخریب بافت گیاهی، محتوای کلروفیل آنها را برآورد کنیم. اصول اندازه‌گیری بر اساس اندازه‌گیری عبور طول موج‌های محدوده نور قرمز (650 نانومتر) و مادون قرمز (950 نانومتر) از برگ استوار است. کلروفیل نور قرمز را جذب می‌کند اما نور مادون قرمز را از خود عبور می‌دهد. بر اساس اختلاف بین میزان عبور نور در محدودهٔ این دو طول موج، دستگاه یک عدد (SPAD[2]) را که کاملاً همبستگی نزدیکی با مقدار کلروفیل دارد محاسبه می‌کند (هول و سولانگ، 1998).

نتایج تحقیقات تعداد زیادی از پژوهشگران نشان داده است که مقدار کلروفیل برگ با غلظت نیتروژن، فعالیت آنزیم ریبولوز بی فسفات (RuBP) کربوکسیلاز و ظرفیت فتوسنتزی برگ همبستگی خوبی دارد (آرگی و همکاران، 2004؛ هول و سولانگ، 1998؛ لوپز-بلیدو و همکاران، 2004). هنگامی که وضعیت نیتروژن گیاه با کلروفیل سنج مورد ارزیابی قرار گرفت مشکل است بتوان بر اساس قرائت‌های آن پیش‌بینی نمود که آیا وضعیت نیتروژن در مراحل بعدی رشد کافی خواهد بود یا خیر. ارزیابی نیتروژن مورد نیاز گیاه از قرائت‌های کلروفیل سنج به برقراری همبستگی آماری قوی بین قرائت‌های کلروفیل سنج و غلظت نیتروژن برگ، میزان دقت غلظت بحرانی نیتروژن گیاه و مقدار کودی که باید متناسب با میزان انحراف از آن مصرف نمود وابسته است (هول و سولانگ، 1998؛ لبیل و همکاران، 2005؛ لوپز-بلیدو و همکاران، 2004؛ پابلسیونز و همکاران، 2009).

واسنجی کلروفیل سنج‌ها معمولاً بر اساس نتایج آزمایش‌های شیمیایی مانند اندازه‌گیری نیتروژن کل و نیترات موجود در شیره نباتی گیاه صورت می‌گیرد (لوپز-بلیدو و همکاران، 2004). تفسیر قرائت‌های کلروفیل سنج الزاماً واضح و گویا نیستند، زیرا اندازه‌گیری شاخص کلروفیل در بین انواع گیاهان زراعی، مراحل مختلف رشد گیاه و شرایط محیطی حاکم بر آن متفاوت است. محققین زیادی قرائت‌های کلروفیل سنج را بطور موفقیت آمیزی جهت برآورد نیتروژن مورد نیاز تعداد زیادی از گیاهان مانند برنج (پنگ و همکاران، 1993)، پنبه (فبیو و همکاران، 1998)، توتون (مکاون و ساتون، 1998)، ذرت (بلکمار و سچپر، 1995) و غلات دانه ریز (دنویت و همکاران، 2002؛ لوپز-بلیدو و همکاران، 2004) مورد استفاده قرار داده‌اند، مع الوصف تمامی آنها بر این باورند که قرائت‌های بحرانی کلروفیل سنج بسته به شرایط اقلیمی و مدیریت تولید محصول در هر منطقه متفاوت بوده و نمی‌توان از آن در مناطق مختلف استفاده نمود. از طرفی، نتایج بررسی‌ها نشان داده است که قرائت‌های بحرانی کلروفیل‌سنج که برای توصیه‌های کودی نیتروژن مورد استفاده قرار می‌گیرند ممکن است در بین ارقام یک گیاه زراعی ثابت نباشد (لبیل و همکاران، 2005). محققین پیشنهاد کرده‌اند که با انجام آزمایش های مزرعه‌ای تحت

[1] Dynamic optimization of nitrogen supply

[2] Soil-Plant Analysis Development

شرایط محیطی حاکم بر هر منطقه نسبت به ارزیابی امکان استفاده از کلروفیل سنج‌ها در کشت های غالب اقدام گردد (پیکیلک و همکاران، 1995).

بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی امکان استفاده از کلروفیل سنج SPAD-502 برای ارزیابی غلظت نیتروژن برگ و میزان پروتئین دانه در سه رقم گندم پائیزه در استان آذربایجان غربی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان آذربایجان غربی در محلی با مختصات جغرافیائی "03'35° 46 طول شمالی و "56'16° 36 عرض شرقی به مدت سه سال زراعی (89-1387) به اجرا گذاشته شد. بر اساس طبقه‌بندی USDA، محل مورد نظر جزو سری خاک fine mixed super active mesic Typic Calcixerepts است (سویل سروی ستف، 2010). حداکثر دمای مطلق منطقه 44 درجه سانتی گراد در مرداد ماه و حداقل آن 1/3- درجه سانتی گراد در دی ماه با میانگین درجه حرارت سالیانه 12/3 است. بر اساس آمار سازمان هواشناسی استان در طی سال‌های 89-1387، متوسط بارندگی در منطقه مذکور 320 میلی متر و پتانسیل تبخیر و تعرق آن معادل 1320 میلی متر در سال بوده است.

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. فاکتور اول شامل ارقام زرین، الوند و دوروم گندم و فاکتور دوم مربوط به شش سطح نیتروژن (0، 50، 75، 100، 125 و 150 کیلو گرم در هکتار نیتروژن خالص) از منبع اوره بودند. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ با استفاده از کلرفیل سنج مینولتا مدلSPAD-502 و اندازه‌گیری نیتروژن کل در انتهائی ترین برگ در مرحله تشکیل اولین گره ساقه (GS 31) و قبل از ظهور خوشه (GS 41) (زادوکس و همکاران، 1974) و نیتروژن کل در دانه گندم در کلیه تیمارها به روش تیتراسیون بعد از تقطیر اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). برای تبدیل نیتروژن کل به پروتئین خام از ضریب 5/7، که هنوز بطور گسترده‌ای توسط بسیاری از سازمان‌ها از جمله فائو مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده شد (تلر، 1932).

نمونه‌برداری مرکب خاک در هر تکرار از عمق 30-0 سانتیمتری قبل از کاشت انجام گردید و جهت تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی لازم به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خاک از روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب استفاده گردید (علی احیائی 1376). خاک‌های مذکور، غیر شور با pH قلیائی، دارای آهک و بافت خاک متوسط (Si.L) و مقدار مواد آلی کم بودند. از نظر فسفر قابل جذب در حد متوسط و از نظر پتاسیم و عناصر کم مصرف آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب در حد کفایت بودند (جدول 1).

کاشت بذر با دستگاه خطی کار غلات و با تراکم 300 عدد بذر در هر متر مربع با فواصل 12/5 سانتی متر فاصله ردیف‌های کشت صورت گرفت. مقادیر کودهای پایه شامل فسفر (P) و روی (Zn) بر مبنای آزمون خاک محاسبه و به ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات روی تأمین و بطور یکنواخت در تمامی کرت‌ها به مصرف رسیدند. مقادیر آب آبیاری منطبق با مراحل رشد فنولوژیک گندم محاسبه و اندازه‌گیری آن در هر مرحله بااستفاده از پار شال فلوم به انجام رسید. در طی انجام عملیات داشت در تمامی کرت‌ها مبارزه بر علیه علف‌های هرز و آفات خصوصاً سن گندم به انجام رسید. اندازه کرت‌ها 10 متر مربع (2/5 متر عرض و چهار مترطول) بودند و محصول از سطح پنج متر مربع بعد از حذف حاشیه بصورت کف بر برداشت و عملکرد کاه و دانه تعیین شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آماری مربوط به آزمایش‌های فاکتوریل طرح بلوک-های کامل تصادفی به کمک نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از روش دانکن به انجام رسید. بررسی روابط متغیرهای شاخص کلروفیل با غلظت نیتروژن در برگ و دانه و عملکرد محصول در ارقام مختلف از طریق برازش مدل ساده خطی رگرسیونی صورت گرفت.

نتایج

عملکرد دانه

نتایج تجزیه و تحلیل آماری طرح نشان داد که تفاوت کاملاً معنی‌داری بین ارقام گندم از نظر عملکرد دانه وجود داشت ($P<0/01$) (جدول 2). بیشترین مقدار عملکرد در رقم الوند حاصل شد که نسبت به رقم زرین در یک کلاس آماری قرار گرفتند و رقم دوروم در کلاس دوم قرار داشت. تأثیر سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه نیز کاملاً معنی‌دار گردید ($P<0/01$). با افزایش سطوح نیتروژن، عملکرد دانه افزایش و بیشترین مقدار آن در سطح چهارم نیتروژن بدست آمد که با سطوح بالاتر آن در یک کلاس آماری قرار گرفتند. اثرات متقابل ارقام و سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار بود ($P<0/05$)، و بیشترین مقدار آن با مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن در رقم زرین حاصل شد که نسبت به شاهد 36 درصد افزایش نشان داد.

جدول 1- میانگین خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

خصوصیات	سال زراعی		
	1386-87	1387-88	1388-89
عمق (cm)	0-30	0-30	0-30
درصد اشباع (%)	36*	32	35
هدایت الکتریکی (dS/m)	1/2	1/08	1/11
pH	7/9	8/3	8/1
کربنات کلسیم معادل (%)	13/5	11/4	11/3
کربن آلی (%)	1/12	1/25	0/93
شن (%)	28	27	30
سیلت (%)	54	58	55
رس (%)	18	15	15
فسفر قابل جذب خاک ($mg\ kg^{-1}$)	5/9	10/5	13/5
پتاسیم قابل جذب خاک ($mg\ kg^{-1}$)	625	666	650
آهن قابل جذب خاک ($mg\ kg^{-1}$)	4/25	3/22	6/6
روی قابل جذب خاک ($mg\ kg^{-1}$)	0/69	0/71	0/61
منگنز قابل جذب خاک ($mg\ kg^{-1}$)	5/89	6/88	7/01
مس قابل جذب خاک ($mg\ kg^{-1}$)	0/95	1/16	1/29

• هر عدد میانگین سه تکرار است.

جدول 2- میانگین اثر تیمارها بر عملکرد دانه گندم

رقم	سطوح نیتروژن						میانگین
	0	50	75	100	125	150	
زرین	3950DE*	5161B	5328B	6189A	6339A	6706A	5612a**
الوند	4206D	5267B	5339B	6133A	6296A	6576A	5636a
دوروم	3381E	4589BCD	4272CD	4606BCD	4944BC	4667BCD	4410b
میانگین	3846c	5006b	4980b	5643a	5860a	5983a	

* حروف بزرگ مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

** حروف کوچک مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد است.

جدول 3- میانگین اثر تیمارها بر شاخص کلروفیل SPAD در مرحله GS 31

رقم	سطوح نیتروژن						میانگین
	0	50	75	100	125	150	
زرین	43/97d**	47/19c	48/64abc	49/49ab	47/33c	47/47c	47/35b
الوند	44/06d	47/12c	47/80bc	44/96d	45/03d	47/37c	46/06c
دوروم	46/63d	49/59ab	49/90a	48/60abc	48/84abc	48/28abc	48/31a
میانگین	44/22c*	47/97ab	48/78a	47/67b	47/07b	47/70b	

* حروف بزرگ مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

** حروف کوچک مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد است.

شاخص کلروفیل SPAD در مرحله تولید اولین گره ساقه (GS 31): نتایج نشان داد که تفاوت کاملاً معنی‌داری بین ارقام گندم از نظر شاخص کلروفیل برگ در مرحله GS 31 وجود داشت (P<0/01) (جدول 3). بیشترین شاخص

کلروفیل برگ در رقم دوروم حاصل شد که به تنهائی در کلاس اول آماری و سایر ارقام در کلاس‌های بعدی قرار گرفتند. تأثیر سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل برگ در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید ($P<0/01$). بیشترین شاخص کلروفیل در سطح سوم نیتروژن مشاهده شد. در سطوح بالاتر نیتروژن، شاخص کلروفیل اندکی کاهش یافته بطوریکه در کلاس آماری پائین‌تری نسبت به سطح سوم نیتروژن قرار گرفتند. اثرات متقابل ارقام گندم و سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل برگ در مرحله GS 31 نیز کاملاً معنی‌دار گردید ($P<0/01$)، و بیشترین شاخص کلروفیل در سطح سوم نیتروژن در رقم دوروم بدست آمد.

شاخص کلروفیل SPAD در مرحله قبل از ظهور خوشه (GS 41): نتایج تجزیه و تحلیل آماری طرح نشان داد که شاخص کلروفیل برگ در مرحله GS 41 در رقم دوروم نسبت به سایر ارقام تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشت ($P<0/01$)، همچنین اثرات سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل برگ کاملاً معنی‌دار بود ($P<0/01$)، به طوری که کلیه تیمارهای کودی در کلاس اول و تیمار شاهد در کلاس دوم آماری قرار گرفتند. اثرات متقابل ارقام گندم و سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل برگ نیز معنی‌دار گردید ($P<0/05$)، و بیشترین شاخص با مصرف 50 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در رقم دوروم حاصل شد (جدول 4).

جدول 4- میانگین اثر تیمارها بر شاخص کلروفیل SPAD در مرحله قبل از ظهور خوشه (GS 41)

رقم	سطوح نیتروژن						میانگین
	0	50	75	100	125	150	
زرین	43/50F**	49/34BCD	48/87CD	49/83BC	50/77B	50/20BC	48/75b
الوند	44/29F	47/70DE	49/40BC	48/98CD	48/94CD	49/70BC	48/17b
دوروم	47/16E	53/56A	53/59A	52/84A	52/52A	52/89A	52/01a
میانگین	44/98b*	50/20a	50/45a	50/55a	50/74a	50/93a	

* حروف بزرگ مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

** حروف کوچک مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد است.

رابطه بین قرائت‌های کلروفیل سنج SPAD و عملکرد دانه: رابطه بین شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شده با کلروفیل سنج SPAD-502 و عملکرد دانه در سه رقم زرین، الوند و دوروم مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله نشان داد که در مرحله رشد GS 31، قرائت‌های کلروفیل‌سنج SPAD-502 قادر به پیش‌بینی عملکرد دانه گندم نبودند. همچنین اندازه‌گیری‌های به انجام رسیده در مرحله GS 41 در هر سه رقم گندم همبستگی ضعیفی را بین عملکرد دانه و شاخص کلروفیل نشان داده و از نظر آماری معنی‌دار نبودند.

رابطه بین قرائت‌های کلروفیل سنج SPAD و نیتروژن برگ: در اوایل فصل رشد در مرحله GS 31، شاخ کلروفیل همبستگی کاملاً معنی‌داری را با غلظت نیتروژن برگ نشان داد ($P<0/01$). همچنین قرائت‌های کلروفیل سنج در مرحله GS 41 بطور کاملاً معنی‌داری غلظت نیتروژن در برگ را پیش‌بینی کرد ($P<0/01$). در مرحله GS 31 بیشترین مقدار r^2 در رقم زرین و در مرحله رشد GS 41 بیشترین میزان همبستگی در رقم الوند حاصل شد (شکل1).

رابطه بین قرائت‌های کلروفیل‌سنج SPAD و پروتئین دانه گندم: شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شده در مرحله GS 31 بطور قابل قبولی مقدار پروتئین دانه گندم را در هر سه رقم زرین، الوند و دوروم پیش‌بینی کرد. در مرحله قبل از ظهور خوشه، شاخص کلروفیل همبستگی بهتری را با مقدار پروتئین دانه گندم نشان داد. در مرحله GS 31، بیشترین مقدار r^2 در رقم زرین و در مرحله GS 41، بیشترین مقدار r^2 در رقم دوروم مشاهده شد (شکل 3).

بحث

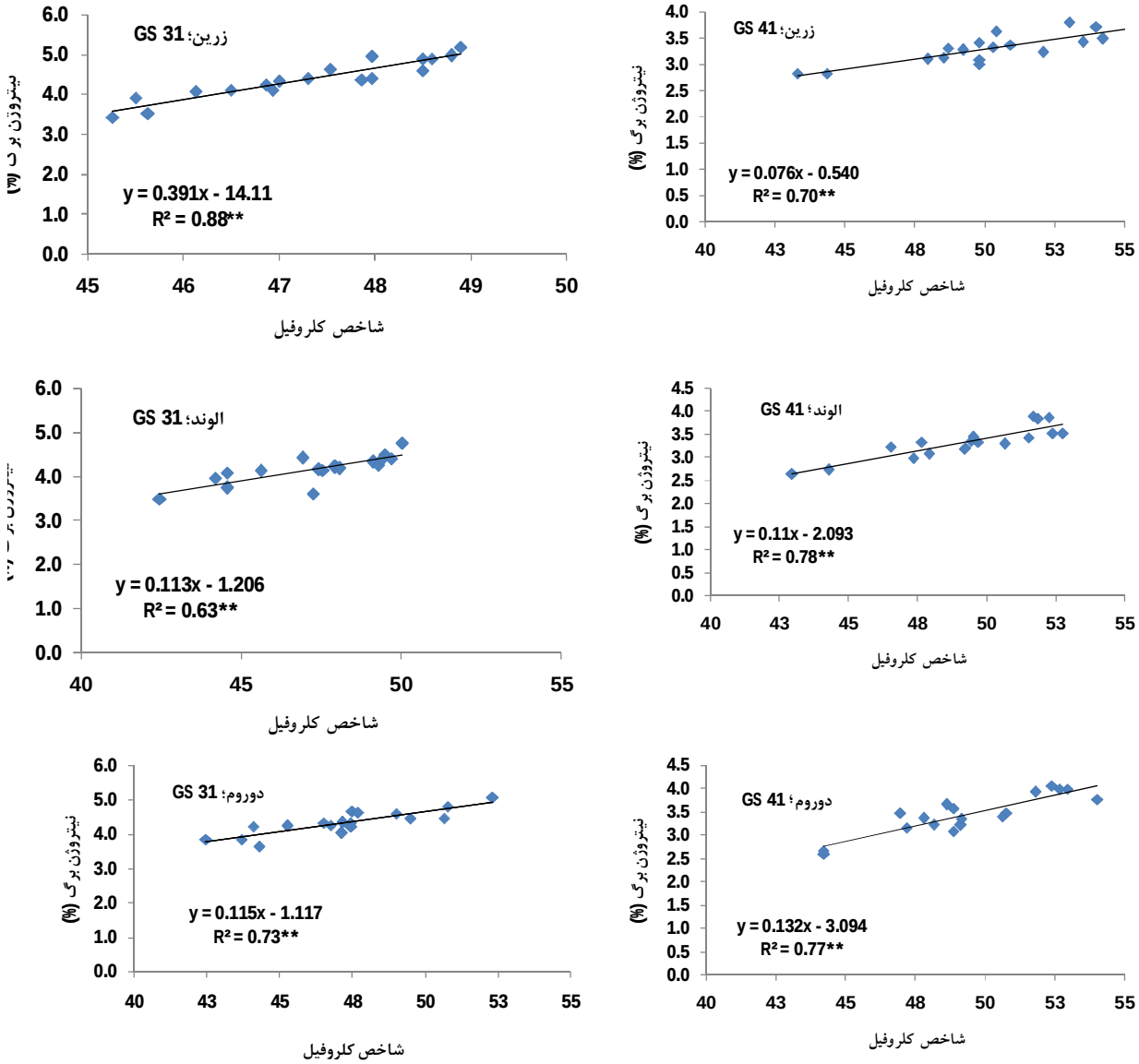
نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطوح نیتروژن، عملکرد دانه گندم نیز افزایش یافت (جدول 2). در سطوح اولیه نیتروژن میزان افزایش عملکرد دانه زیاد بود ولی، در سطوح بعدی از میزان افزایش آن کاسته شد. این نشان می‌دهد که در مقادیر بالای مصرف نیتروژن در خاک، تلفات آن افزایش یافته و بنابراین کارآئی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد. در این ارتباط، آرگی و همکاران (2006) دریافتند که عکس‌العمل گندم نسبت به مصرف نیتروژن از دو مدل رفتاری پیروی می‌کند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که در مقادیر پائین مصرف نیتروژن، افزایش

عملکرد دانه قابل توجه بود ولی در مقادیر بالاتر مقدار افزایش آن کاهش و هنگامی که حداکثر عملکرد بدست آمد، با مصرف بیشتر نیتروژن عملکرد محصول افزایش نیافت.

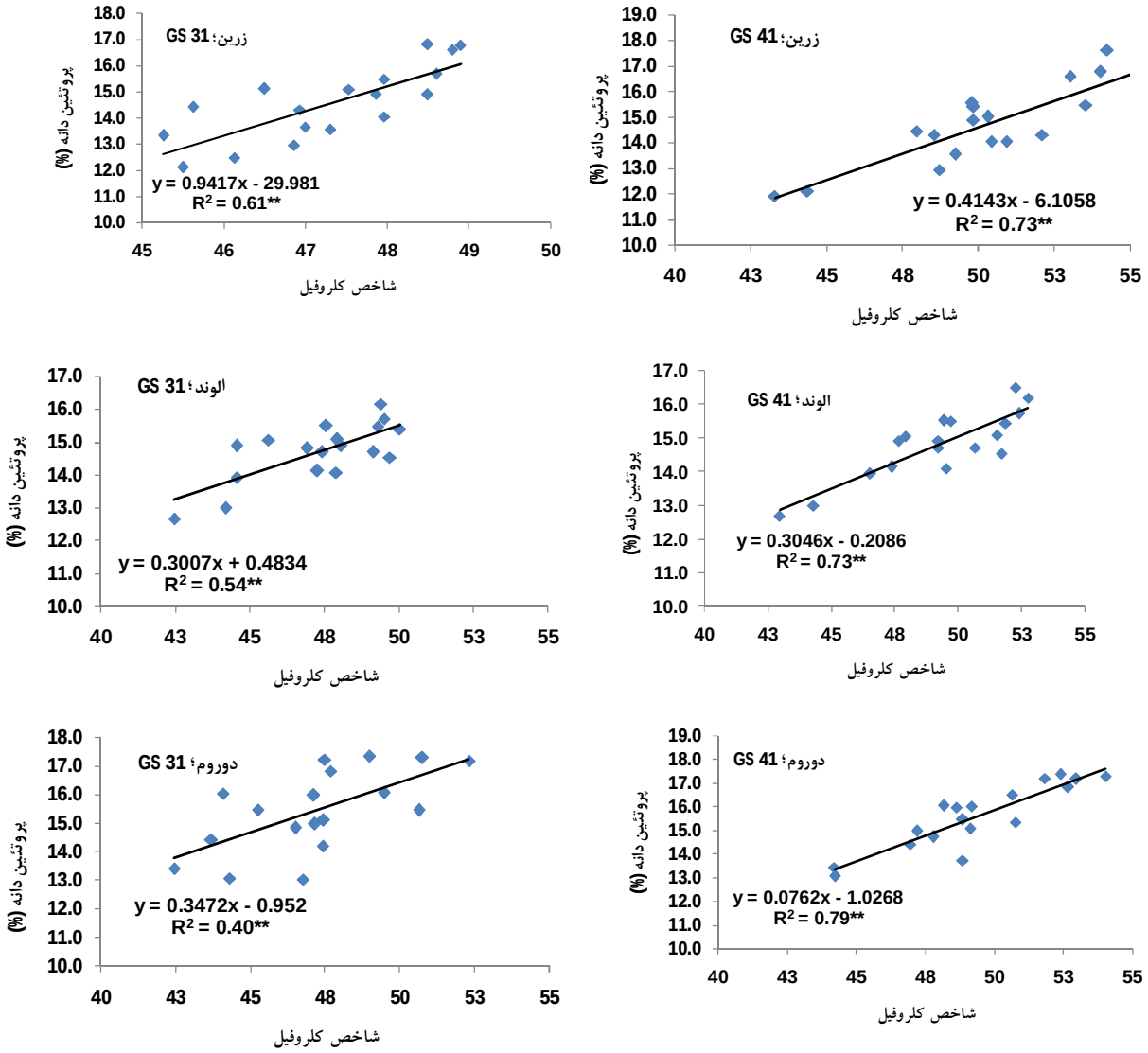
کلروفیل سنج SPAD-502، اختلاف‌های بین اثرات سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل را در مراحل رشد فنولوژیکی GS 31 و GS 41 بطور دقیقی نشان داد (جداول 3 و 4). در این تحقیق مقادیر عملکرد دانه نسبتاً پائین بود، در نتیجه احتمالاً تقاضای محصول برای جذب نیتروژن کم بوده و این امر ممکن است یکی از دلایل پائین بودن تفاوت‌های بین اعداد قرائت شده کلروفیل سنج در مراحل فوق باشد. تفاوت‌های معنی‌داری در بین قرائت‌های کلروفیل‌سنج در ارقام زرین و الوند با دوروم در هر دو مرحله GS 31 و GS 41 مشاهده شد. نتایج مشابهی مرتبط با متفاوت بودن عکس العمل ارقام مختلف نسبت به قرائت‌های کلروفیل سنج توسط هول (1999) در گندم، مینوتی و همکاران (1994) در سیب زمینی، سچپرز و همکاران (1992) در ذرت و ما و همکاران (1995) در سویا گزارش شده است . اورتیز- موناستریو و همکاران (1997) بیان کردند که کارآئی جذب نیتروژن در ارقام مختلف گندم متفاوت بوده و علت تفاوت در میزان کلروفیل برگ نیز به همین علت مربوط می‌شود. لبیل و همکاران (2005) دریافتند که علاوه بر متفاوت بودن کارائی جذب نیتروژن، تفاوت‌های فنولوژیکی ارقام از نظر ضخامت برگ نیز بر قرائت‌های کلروفیل‌سنج SPAD تأثیرگذار است.

نتایج بررسی‌ها نشان داده است که روابط بین قرائت‌های کلروفیل سنج با نیتروژن برگ، عملکرد و مقدار پروتئین دانه گندم به عوامل مدیریتی مختلفی بستگی دارد (لوپز-بلیدو و همکاران، 2004). در تحقیق حاضر قرائت‌های کلروفیل سنج در مراحل GS 31 و GS 41 پیش‌بینی ضعیفی از عملکرد دانه گندم را ارائه نمودند. چنین نتایجی بسیار متحمل است زیرا، عملکرد محصول به عوامل متعددی بستگی دارد که تأثیر کمبود یا عدم تعادل آنها غالباً با افزایش سن گیاه افزایش یافته و این عوامل همزمان با تأثیر نیتروژن ممکن است کلروفیل برگ را تحت تأثیر قرار دهند (بلکمار و سچپرز، 1995). قرائت‌های کلروفیل‌سنج در مراحل GS 41 و GS 31، غلظت نیتروژن برگ را با دقت نسبتاً بالائی پیش‌بینی نمود (شکل 1). نتایج مشابهی توسط تعداد کثیری از محققین گزارش شده است (دلین و همکاران، 2005؛ فولت، 1992؛ هول، 1998؛ هولیس و همکاران، 2007؛ لبیل و همکاران، 2005؛ لوپز- بلیدو و همکاران، 2004؛ ویدال و همکاران، 1999). پیش‌بینی نیتروژن برگ توسط قرائت‌های کلروفیل سنج از نظر مدیریت پویای نیتروژن در طول فصل رشد بسیار حائز اهمیت است زیرا، عنصر نیتروژن مهمترین عنصر محدود کننده رشد گندم در مناطق خشک و نیمه خشک ایران محسوب گردیده و به کمک آن می‌توان در کوتاهترین زمان ممکن نسبت به بررسی وضعیت تغذیه‌ای آن در گیاه اقدام و کمبودهای احتمالی را برطرف نمود. هر چند که قرائت‌های کلروفیل سنج در مرحلهٔ GS 41 نسبت به مرحلهٔ GS 31 ضرائب همبستگی بهتری با غلظت نیتروژن برگ را نشان داد ولی برای مدیریت بهینه مصرف نیتروژن در مزارع گندم و به منظور جلوگیری از اثرات سوء کمبود آن بر رشد محصول، ضرورتا باید وضعیت نیتروژن گیاه در مرحله GS 31 بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. آرگی و همکاران (2006) نشان دادند که تحت شرایط اقلیم مرطوب مدیترانه‌ای، استفاده از قرائت کلروفیل سنج در مرحلهٔ GS-37 نسبت به قرائت‌های کلروفیل سنج در مراحل GS-32 یا GS-31 برای تشخیص نیاز گندم به نیتروژن از نظر افزایش عملکرد مناسب تر است.

قرائت‌های کلروفیل سنج در مراحل GS 41 و GS 31، درصد پروتئین دانه گندم را نیز بطور کاملاً معنی-داری پیش‌بینی نمود (شکل 2). ضریب همبستگی آن در مرحله GS 41 نسبت به مرحله GS 31 در هر سه رقم بطور چشمگیری بیشتر بود. بنابراین پیشنهاد می‌نماید برای برآورد درصد پروتئین دانه گندم قرائت‌های کلروفیل سنج SPAD در این مرحله انجام پذیرد. برآورد نسبتاً دقیق درصد پروتئین دانه گندم قبل از برداشت با استفاده از قرائت‌های کلروفیل سنج SPAD در بهینه سازی گروه-بندی گندم بر اساس کیفیت برای عرضه در بازارهای جهانی بسیار حائز اهمیت است (لیبیل و همکاران، 2005؛ پایلسیونیز و همکاران، 2009). نتایج حاصله نشان داد که با دقت قابل قبولی می‌توان از کلروفیل سنج SPAD-502 برای برآورد پروتئین دانه ارقام مورد بررسی گندم استفاده نمود. مدل خطی ساده ارائه شده در این تحقیق برای ارقام مذکور، این امکان را فراهم می‌آورد که خرید گندم هم بر اساس عملکرد و هم برآورد کیفیت (درصد پروتئین دانه) محصول قبل از برداشت و بدون نیاز به تجزیه شیمیائی دانه گندم در کوتاهترین زمان ممکن صورت پذیرد (شکل 2). برای ارزیابی دقیق‌تری از وضعیت نیتروژن گیاه پیشنهاد می‌شود تحقیقات جامع تری تحت شرایط مختلف اقلیمی ایران در تمامی مراحل رشد فنولوژیکی ارقام غالب مورد کشت در هر منطقه تداوم یابد.



شکل 1- روابط رگرسیونی قرائت‌های کلروفیل سنج در مراحل GS 31 **و** GS 41 **با غلظت نیتروژن برگ ارقام مختلف گندم**



شکل 2- روابط رگرسیونی قرائت‌های کلروفیل سنج در مراحل GS 31 و GS 41 با مقدار پروتئین دانه ارقام مختلف گندم

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کلروفیل سنج SPAD-502 تکنیک مناسبی برای ارزیابی غلظت نیتروژن برگ در مراحل تولید اولین گره ساقه و قبل از ظهور خوشه در ارقام زرین، الوند و دوروم بوده و می‌توان از آن برای مدیریت پویای مصرف نیتروژن در طول فصل رشد و ارزیابی کیفیت محصول از نظر برآورد درصد پروتئین دانه قبل از برداشت محصول، استفاده نمود. تفاوت‌های ژنتیکی ارقام، قرائت‌های کلروفیل‌سنج را تحت تأثیر قرار می‌دهند و پیش بینی‌های آن در مرحله GS 41، نتایج واقع بینانه تری از غلظت نیتروژن برگ و پروتئین دانه گندم نسبت به مرحله GS 31 در هر سه رقم گندم ارائه می‌نماید.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از جناب آقای مهندس اسماعیل علیزاده ریاست محترم اسبق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی بخاطر تأمین امکانات لازم برای انجام این تحقیق و همکاران گرانقدر بخش تحقیقات خاک و آب آن مرکز علی‌الخصوص آقایان طاهر رزوان، رحمان رادمنش و محمدرضا نوروزی آذر که در انجام این پژوهش همکاری داشته اند تشکر و قدردانی می گردد.

فهرست منابع:

1. احیائی، م. 1376. شرح روش‌های تجزیه شیمیائی خاک. جلد (2)، نشریه شماره 1024. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

2. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول. نشریه شماره 982. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

1. Abad, A., J. Lloveras, and A. Michelena. 2004. Nitrogen fertilization and foliar urea effects on durum wheat yield and quality and on residual soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. Field Crop. Res. 87:257-269.
2. Archontoulis, S.V., J. Vos ,X. Yin, L. Bastiaans, N.G. Danalatos, and P.C. Struik. 2011. Temporal dynamics of light and nitrogen vertical distributions in canopies of sunflower, kenaf and cynara. Field Crop. Res. 122:186-198.
3. Arregui, L.M., B. Lasa, A. Lafarga, I. Iraieta, E .Baroja, and M. Quemada. 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. European J. Agron. 24:140-148.
4. Blackmer, T., and J.S. Schepers. 1995. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. J. Prod. Agri. 8:56-60.
5. Cartelat, A., Z.G. Cerovic, Y. Goulas, S. Meyer, C. Lelarge, J.L. Prioul, A. Barbottin, M.H. Jeuffroy, P. Gate, G. Agati, and I. Moya. 2005. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (Triticum aestivum L.). Field Crop. Res. 91:35-49.
6. Delin, S., B.r. Lind©ín, and K. Berglund. 2005. Yield and protein response to fertilizer nitrogen in different parts of a cereal field: potential of site-specific fertilization. European J. Agron. 22:325-336.
7. Denuit, J.P., M. Olivier, M.J. Goffaux, J.L. Herman, J.P. Goffart, J.P. Destain, and M. Frankinet. 2002. Managment of nitrogen fertilization of winter wheat and potato crops using the chlorophyll meter for crop nitrogen status assessment. Agron. 22:847-853.
8. Feibo, W., W. Lianghuan, and X. Fuhua. 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L). Field Crop. Res. 56:309-314.
9. Follet, R.F. 1992. Use of a chlorophyll meter to evalute the nitrogen Status of dryland winter wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23:687-697.
10. Hoel, B. O. 1998. Use of a hand-held chlorophyll meter in winter wheat: evaluation of diffirent measuring positions on the leaves. Acta Agri. Scand. Section B, Soil Plant Sci. 48:222-228.
11. Hoel, B.O., and K.A. Solhaug. 1998. Effect of Irradiance on Chlorophyll Estimation with the Minolta SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter. Ann. Bot. 82:389-392.
12. Houlis, V., M. Guierif, and B. Mary. 2007. Elaboration of a nitrogen nutrition indicator for winter wheat based on leaf area index and chlorophyll content for making nitrogen recommendations. European J. Agron. 27:1-11.
13. Justes, E., J. M. Meynard, B. Mary, and D. Plenet. 1997. Managment of N nutrition: diagnosis using stem base extract: JUBIL method. p. 163-187. In: Lemaire, G. (Ed), Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops. Spinger _ Verlag, Berlin.
14. Justes, E., B. Mary, J.M. Meynard, J.M. Machet, and L. Thelier-Huche. 1994. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Winter Wheat Crops. Ann. Bot.74:397-407.
15. Le Bail, M., M. H. Jeuffroy, C. Bouchard, and A. Barbottin. 2005. Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winter wheat from Minolta SPAD meter measurements? European J. Agron. 23:379-391.

16. Lopez-Bellido, R. J., C. E. Shepherd, and P. B. Barraclough. 2004. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. Eur. J. Agron. 20:313-320.
17. Ma, B. L., M. J. Morrison, and H. D. Voldeng. 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. Crop Sci. 35:1411-1414.
18. MacKown, C. T., and T. G. Sutton. 1998. Using early-season leaf traits to predict nitrogen sufficiency of burley tobacco. Agron. J. 90:21-27.
19. Minotti, P., D. E. Halseth, and J. B. Sieczka. 1994. Field chlorophyll measurments to assess the nitrogen status of potato varieties. HortSci. 29:1497-1500.
20. Peng. S., F. V. Garcia, R. C. Laza, and K. G. Gassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. Agron. J. 85:987-990.
21. Piekielek, W. P., R. H. Fox, J. D. Toth, and K. E. Macneal. 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evauate nitrogen sufficiency. Agron. J. 87:403-408.
22. Poblaciones, M. A. J., L. Lopez-Bellido, and R. J. Lopez-Bellido. 2009a. Field estimation of technological bread-making quality in wheat. Field Crop. Res. 112:253-259.
23. Poblaciones, M. J., L. Lopez-Bellido, and R. J. Lopez-Bellido. 2009b. Field estimation of technological bread-making quality in wheat. Field Crop. Res. 112:253-259.
24. Schepers, J. S., T. M. Blackmer, W. W. Wilhelm, and M. Resende. 1996. Transmittance and reflectance measurments of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. J. plant Physiol. 148:523-529.
25. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
26. Teller, G. L. 1932. Non-protien nitrogen compounds in cereals and thier relation to nitrogen factor for protein in cereals and bread. Cereal Chem. 9:261-274.
27. Vidal, I., L. Longeri, and J. M. Hetier. 1999. Nitrogen uptake and Chlorophyll meter measurments in spring wheat. . Nutr. Cycl. Agroecosyst. 55:1-6.
28. Zadoks, J. C., T. T. Chang, and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14:415-421