

ارزیابی میزان نیتروژن کل آسمانه گندم دیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ در جنوب استان آذربایجان غربی

ناصر میران^{۱*} - میرحسن رسولی صدقیانی^۲ - ولی فیضی اصل^۳ - ابراهیم سپهر^۴ - مهدی رحمتی^۵ - سلمان میرزایی^۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۱

چکیده

پایش سریع و غیر مخرب نیتروژن آسمانه گیاهی در محصولات زراعی به ویژه گیاه گندم برای مدیریت دقیق نیتروژن بسیار حائز اهمیت است. آنالیزهای شیمیایی رایج برای تعیین وضعیت عناصر غذایی گیاهان معمولاً استفاده از روش‌های آزمایشگاهی می‌باشد. این روش‌ها اغلب زمان‌بر، پرهزینه همراه با تخریب بافت‌های گیاهی می‌باشند. لذا بررسی و به کارگیری روش‌های سریع و کم هزینه می‌تواند به مدیریت هر چه بهتر مزارع کمک نماید. در این راستا، هدف از این پژوهش ارزیابی کارایی تصاویر سنجنده ETM⁺ در تعیین مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی بود. به همین منظور، در ۴۵ مزرعه از مزارع گندم دیم شمالغرب ایران، همبستگی بین داده‌های انعکاسی به دست آمده از باندهای تصاویر ماهواره لندست ۷ و مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه به دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه بترتیب ۱/۶ و ۰/۷۹ درصد و میانگین آن ۱/۱۱ درصد بود و همبستگی نسبتاً بالایی بین باندهای مختلف تصویر سنجنده ETM⁺ بجز باند ۴ و مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی وجود داشت. با توجه به همبستگی بالای بین داده‌های انعکاسی باندهای مختلف (از ۰/۸۱۶ تا ۰/۸۴۱) و به منظور کاهش حجم و تکرار محاسبات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بین داده‌های باندهای مختلف تصویر ETM⁺ انجام گرفت. در نهایت رابطه رگرسیونی بین مؤلفه اصلی اول استاندارد شده (Z_{PC1}) و میزان نیتروژن آسمانه گیاهی ایجاد شد. نتایج نشان داد که رابطه رگرسیونی قوی و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی و مؤلفه Z_{PC1} با ۰/۷۱ R²= وجود دارد. با توجه به دقت کافی مدل رگرسیونی ایجاد شده، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از داده‌های سنجش از دور می‌توان برای مدیریت و پایش دقیق‌تر وضعیت نیتروژن مزارع گندم دیم کشور استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، مؤلفه اصلی اول، نیتروژن

مقدمه

مقاصد زیست‌محیطی نیز می‌باشد (۴ و ۳). کودهای حاوی غلظت‌های بالای نیتروژن در ترکیب با آب آبیاری و باران منجر به تلف شدن نیتروژن به صورت نیترات (NO₃) از طریق آبشویی یا جریان سطحی و در نهایت منجر به بازیابی کم نیتروژن به کار رفته می‌شود (۴۸). هدررفت نیتروژن به صورت آبشویی و جریان سطحی باعث آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود (۱۷)؛ همچنین به دلیل کاهش تولید ناشی از کمبود نیتروژن، ضرر اقتصادی متوجه کشاورز می‌گردد (۱۳)؛ بنابراین پایش به‌موقع، غیرمخرب و دقیق غلظت نیتروژن در محصولات، یک روش کلیدی برای تشخیص به‌موقع مشکلات، باروری دقیق و برآورد بهره‌وری است (۳۷ و ۴۶).

آنالیزهای شیمیایی رایج برای تعیین وضعیت عناصر غذایی گیاهان معمولاً استفاده از روش‌های آزمایشگاهی می‌باشد (۲۶). این روش‌ها اغلب زمان‌بر، پرهزینه همراه با تخریب بافت‌های گیاهی می‌باشند. تعیین مقادیر مواد بیوشیمیایی برگ با استفاده از سنجش از دور می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین به منظور کاهش مشکلات مربوط به تجزیه‌های آزمایشگاهی، مورد استفاده قرار گیرد (۲۳). در

نیتروژن یک جزء مهم تشکیل‌دهنده مولکول کلروفیل و آنزیم تثبیت‌کننده کربن ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز/اکسیژناز می‌باشد (۳۵). در زراعت غلات، نیتروژن مهمترین عنصر برای حفظ وضعیت رشد و عملکرد دانه است (۷)؛ لذا فراهم کردن میزان کافی نیتروژن برای به‌دست‌آوردن عملکرد بهینه، ضروری است (۴ و ۴۷). مدیریت نیتروژن در محصولات زراعی علاوه بر مقاصد اقتصادی، دارای

۱، ۲ و ۴ - به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

* - نویسنده مسئول: (Email: nasermiran@yahoo.com)

۳ - استادیار، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۵ - استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۶ - دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

غربی با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در بخشی از جنوب استان آذربایجان غربی بین ۴۵°۴۹'۰۰" تا ۴۶°۳۰'۰۰" طول شرقی و ۳۶°۲۱'۰۰" تا ۳۶°۵۵'۰۰" عرض شمالی با متوسط ارتفاع ۱۵۳۸ متر از سطح دریا که بخشی از مناطق کوهستانی زاگرس و دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، انجام شد (شکل ۱).

نمونه برداری و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های گیاهی از ۴۵ مزرعه گندم دیم، در اوایل خرداد ماه در مرحله گلدهی گیاه (GS54) مطابق کدبندی زادکس و همکاران (۱۹۷۴) از بخش هوایی گندم و به صورت تصادفی طبقه‌بندی شده، برداشت شدند. نمونه‌های برداشت شده، ابتدا هوا خشک و سپس در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شده و جهت تهیه نمونه یکنواخت آسیاب گردیدند (۱۶). برای تعیین مقدار نیتروژن در آسمانه گیاهی از روش هضم‌تر به صورت هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه استفاده و سپس غلظت نیتروژن کل به روش کج‌دال (۲۵)، اندازه‌گیری شد.

تصاویر ماهواره‌ای

برای انجام این تحقیق از تصاویر سنجنده ETM⁺ استفاده شد. تصاویر مورد نیاز از پایگاه داده USGS برای روز سوم خرداد ماه ۱۳۹۶ معادل با ۲۳ می ۲۰۱۶ میلادی که نزدیکترین زمان به تاریخ نمونه‌برداری بود، تهیه گردید. سپس، تصحیحات اتمسفری، رادیومتریک و هندسی جهت کاهش میزان خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک، روی تصاویر انجام گرفت. در نهایت، داده‌های سنجنش از دور برای نقاط نمونه‌برداری استخراج و برای مدل‌سازی آماده شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

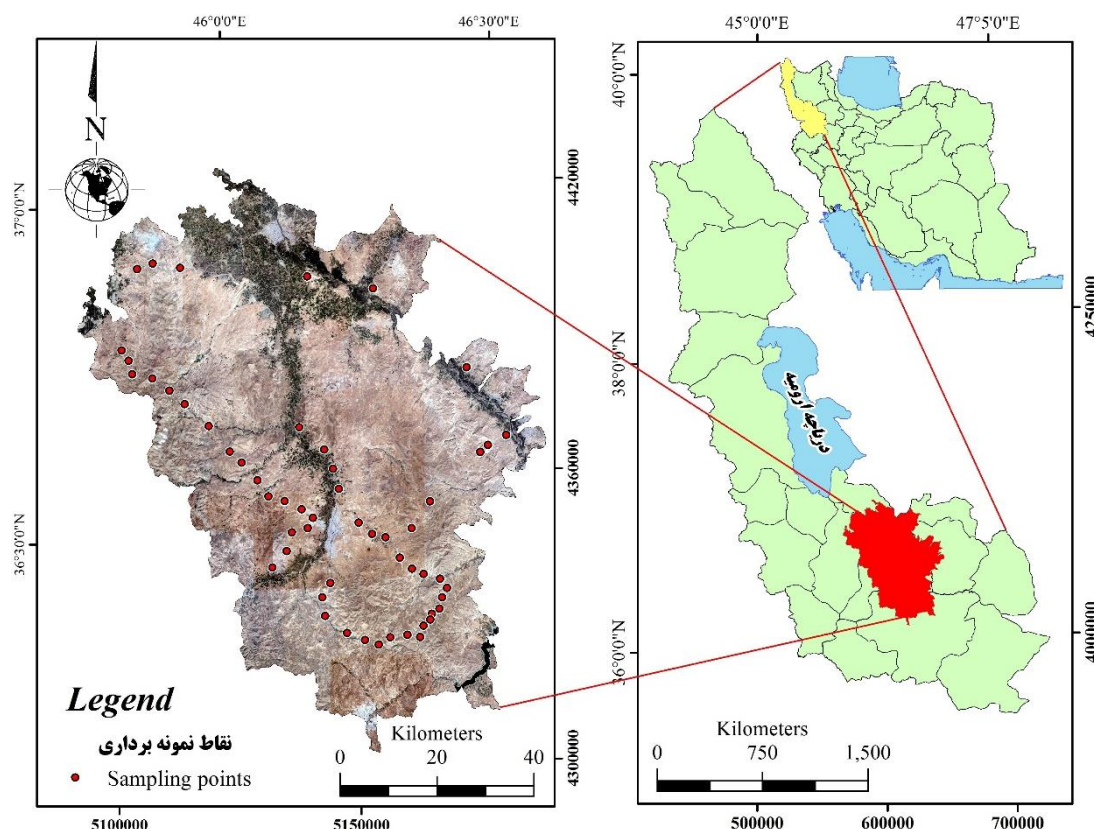
به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری از افزونه XL STAT در نرم‌افزار Excel و نرم‌افزار SPSS استفاده شد. در ابتدا آماره‌های توصیفی و همبستگی پیرسون بین داده‌های انعکاسی به دست آمده از باندهای مختلف تصاویر ماهواره‌ای و مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه به دست آمد؛ سپس با توجه به همبستگی بالای بین داده‌های انعکاسی باندهای مختلف و به منظور کاهش حجم و تکرار محاسبات (۲۹) تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت. برای بررسی همبستگی بین مقادیر انعکاسی باندهای مختلف تصویر ماهواره‌ای از آماره بای‌پلات استفاده شد (۱۰).

این راستا، محققان زیادی از جمله کاره و جرارد (۲۰۰۲)، بوازیز و همکاران (۲۰۱۱) و میرزائی و همکاران (۲۰۱۶) مزایا و نقش کاربردی داده‌های حاصل از ترکیب اطلاعات سنجنش از دور با اندازه‌گیری‌های زمینی را نشان داده‌اند.

سنجنش از دور به‌طور گسترده در دهه‌های اخیر برای تعیین پارامترهای بیوفیزیکی و شیمیایی محصولات به کار رفته است (۳۷، ۳۸). ژای و همکاران (۲۰۱۳)، میزان عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم را با استفاده از روش PLSR^۱ و SVMR^۲ در مقایسه با اندازه‌گیری‌های زمینی ارزیابی کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که روش SVMR همبستگی بالاتری با نتایج آزمایشگاهی دارد. بوش و کوسلا (۲۰۱۰) نشان دادند که داده‌های چند طیفی ماهواره Quick Bird می‌تواند برای ارزیابی دقیق متغیر درون میدانی وضعیت نیتروژن ذرت برای مدیریت نیتروژن در طول فصل به‌کار رود. نتایج مشابه ارائه شده توسط جیا و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که انعکاس تک باند در مادون قرمز (NIR) (۷۷۰ تا ۸۸۰ نانومتر)، قرمز (R) (۶۴۰ تا ۷۲۰ نانومتر) و طول موج‌های سبز (G) (۵۲۰ تا ۶۱۰ نانومتر) و همچنین شاخص‌های پوشش گیاهی^۳ NDVI، RVI^۴ و OSAVI^۵ به خوبی با پارامترهای وضعیت نیتروژن گندم ارتباط داشتند و تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا ابزار مفید در مدیریت کودهای نیتروژنی بودند؛ همچنین مقادیر عناصر غذایی محصولات مختلف از قبیل گندم (۱۸ و ۳۹)، برنج (۳۴)، سورگوم (۴۵)، ذرت (۳۰)، مرکبات (۲۰)، انگور (۳۲) و سیب (۲۷) با استفاده از داده‌های سنجنش از دور چند طیفی و ابر طیفی ارزیابی شده‌اند.

هزینه بالا، دشوار و زمان‌بر بودن تعیین مستقیم وضعیت تغذیه گیاه در سطح وسیع که نقش مهمی در عملکرد کمی و کیفی محصول ایفا می‌کند و همچنین مواجه بودن بیشتر گندم دیم با تنش های عناصر غذایی (به‌ویژه نیتروژن)، نسبت به گندم آبی، موجب شده است که در سال‌های اخیر تلاش‌هایی، جهت برآورد این ویژگی‌ها، با دقت قابل قبول، بدون نیاز به اندازه‌گیری مستقیم صورت گیرد. در این راستا، داده‌های سنجنش از دور و تصاویر ماهواره‌ای یکی از راه-کارهای اساسی مدیریت اراضی دیم و تولید بهینه گندم می‌باشد، به این صورت که اطلاعات گسترده‌ای را به طور دوره‌ای از سطح کره زمین برداشت می‌کند و به راحتی می‌توان با استفاده از این اطلاعات، تنش‌های یادشده را به موقع شناسایی و با اعمال روش‌های مناسب زراعی با آنها مقابله و یا اثرات منفی آنها را در تولید این محصول استراتژیک کاهش داد. لذا، هدف از پژوهش حاضر تخمین میزان نیتروژن کل آسمانه گیاه گندم دیم در اراضی جنوب استان آذربایجان

- 1- Partial least square regression
- 2- Support Vector Machine Regression
- 3- Normalized Different Vegetation Index
- 4- Ratio Vegetation Index
- 5- Optimized Soil Adjusted Vegetation Index



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1- Geographical location of the study area

مؤلفه اصلی اول، میزان نیتروژن آسمانه گیاهی از روی رابطه رگرسیونی موجود بین نیتروژن آسمانه گیاهی و مؤلفه اصلی اول محاسبه شد. لازم به ذکر است که مؤلفه اصلی انتخاب شده در معادله مذکور، بر اساس معادله ۱ استاندارد شد. محاسبات طیفی و پیش پردازش تصاویر در نرم افزار ENVI و پس پردازش نقشه نهایی تولید شده در نرم افزار ArcMap صورت گرفت و در نهایت نقشه نیتروژن آسمانه برای مزارع دیم در مناطق مورد مطالعه ترسیم گردید.

نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج آماره‌های توصیفی محتویات نیتروژن آسمانه گیاه گندم منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. بیشترین مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه ۱/۶ درصد، کمترین مقدار ۰/۷۹ درصد و میانگین آن ۱/۱۱ درصد می‌باشد. مقادیر کشیدگی، چولگی، انحراف معیار و ضریب تغییرات داده‌های اندازه‌گیری شده نیز در جدول زیر آورده شده است. در میان آماره‌های توصیفی، تنوع را می‌توان به وسیله ضریب تغییرات بیان کرد (۴۰). در صورتی که مقدار ضریب تغییرات بین ۰ تا ۱۵ درصد باشد، تغییرپذیری کم، ۱۵ تا ۳۵ درصد تغییرپذیری متوسط و بیشتر از ۳۵ درصد تغییرپذیری زیاد است (۴۱). طبق جدول ۱ تغییرپذیری

با توجه به مقدار ویژه مؤلفه‌های اصلی ایجاد شده، مؤلفه اصلی اول برای آنالیزها و مدل‌سازی‌های بعدی انتخاب شد. سپس رابطه رگرسیونی موجود بین نیتروژن آسمانه گیاهی و مؤلفه اصلی اول با به کارگیری رگرسیون گام به گام بررسی و ارزیابی شد. لازم به توضیح است که داده‌های مؤلفه اصلی انتخاب شده (PC_1)، قبل از استفاده از طریق رابطه زیر استاندارد (Z_{PC_1}) شد:

$$Z_{PC_1} = \frac{PC_1 - \overline{PC_1}}{\sigma_{PC_1}} \quad (1)$$

که در رابطه فوق $\overline{PC_1}$ و σ_{PC_1} به ترتیب میانگین و انحراف استاندارد داده‌های مؤلفه PC_1 می‌باشند.

ترسیم نقشه توزیع نیتروژن آسمانه در مناطق دیم مورد مطالعه

برای استخراج نقشه نیتروژن آسمانه گیاهی از رابطه ارائه شده و تصاویر سنجنده ETM^+ برای مناطقی با کاربری اراضی دیم استفاده شد. برای این منظور، از تصویر (تصویر یا تصاویر سنجنده) ETM^+ اولیه استفاده و داده‌های باندهای ۱ تا ۵ و ۷ برای اراضی دیم مورد نظر جدا شد و سپس با اعمال تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و انتخاب

استارکس و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که مقادیر پروتئین خام (در نتیجه مقادیر نیتروژن)، در علفزارهای برمودا همبستگی خوبی با بازتاب‌های ناحیه قرمز و مادون قرمز نزدیک داشتند. در تحقیقی دیگر لامب و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که از مقدار بازتابش برگ در طول موج‌های ناحیه لیه قرمز^۲ (۶۹۰-۷۴۰) می‌توان برای پیش‌بینی غلظت نیتروژن برگ و نیتروژن کل در چاودار استفاده کرد. این مسئله نشان می‌دهد که تغییر در بازتاب‌های ناحیه قرمز، به خاطر مقدار نیتروژن گیاهان است (۳۲). موتانگا و همکاران (۲۰۰۵) روابط نزدیکی مابین مقادیر بازتابی در ناحیه مادون قرمز نزدیک (NIR) و سطوح نیتروژن تعیین کردند. بازتابش طیفی در طول موج‌های مرئی (۷۰۰-۴۰۰ نانومتر) وابسته به جذب نور به وسیله کلروفیل و رنگدانه‌های همراه از قبیل کاروتنوئید و آنتوسیانین است (۱).

مقادیر بازتاب پوشش گیاهی برای اهداف مختلف دیگر از قبیل تعیین زیست توده (۳۶)، شاخص سطح برگ (۸ و ۱۲)، تعیین پوشش و گونه گیاهی (۱۱ و ۴۳) و مطالعات مربوط به تعیین رنگدانه‌های گیاهی (۱۹) به‌طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفته است؛ همچنین در مطالعات متعددی سیستم‌های سنجش از دور برای تعیین مقادیر عناصر غذایی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج خوبی به‌دست آمده است (۲۴ و ۲۸).

توزیع نیتروژن آسمانه در شکل ۵ برای مزارع دیم منطقه مطالعاتی ارائه شده است. شکل زیر با این فرض استخراج شد که تمامی کاربری اراضی دیم زیر پوشش گندم دیم بودند. همان‌طور که از شکل مشخص است میزان نیتروژن آسمانه در بخش‌های مختلف منطقه متفاوت است به طوری که مقدار نیتروژن آسمانه در بخش‌های غربی و جنوبی منطقه نسبت به سایر نقاط منطقه بیشتر است. نیتروژن آسمانه زیاد در بخش‌های غربی و جنوبی منطقه مطالعاتی مربوط به شرایط آب و هوایی مناسب برای رشد گیاه و توپوگرافی است. دلیل پایین بودن نسبی نیتروژن آسمانه در بخش‌های مرکزی و شمالی نیز مربوط به پوشش گیاهی کم، تغییرات شدید توپوگرافی و تخریب اراضی تحت کشاورزی دیم است.

نیتروژن آسمانه در منطقه مورد مطالعه ۱۸ درصد می‌باشد، بنابراین تغییرپذیری نیتروژن آسمانه در منطقه مورد مطالعه در گروه متوسط قرار گرفت. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌های آزمایشی از آزمون شاپیرو ویلک (۳۱) استفاده شد، که نشان‌دهنده نرمال بودن داده‌های اندازه‌گیری شده بود (جدول ۲).

به منظور یافتن ارتباط منطقی بین مقادیر نیتروژن آسمانه گیاهی اندازه‌گیری شده و بازتاب طیف الکترومغناطیس ثبت شده در مقادیر اعداد دیجیتالی (DN^۱) باندهای ماهواره‌ای همبستگی پیرسون بین آن‌ها به دست آمد (جدول ۳). نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی با مقادیر DN تمامی باندهای تصاویر ماهواره‌ای (با ضریب پیرسون برابر یا بالای ۰/۸۲) به استثنای باند ۴ همبستگی بسیار بالایی دارد به طوری که بیشترین همبستگی با باند شماره ۲ و کمترین همبستگی با باند شماره ۴ دارد (جدول ۳).

همبستگی بین داده‌های سنجش از دور در باندهای مختلف نیز با به کارگیری آماره بای‌پلات بررسی شد (شکل ۲) که نتایج نشان دهنده همبستگی بسیار بالای تمامی باندها به استثنای باند ۴ با مؤلفه اصلی اول (PC₁) می‌باشد و باند ۴ همبستگی بسیار بالایی با مؤلفه اصلی دوم (PC₂) دارد که مطابق انتظار همبستگی بین نیتروژن آسمانه گیاهی و مؤلفه اصلی دوم (PC₂) بسیار پایین و غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). در مقابل مؤلفه PC₁ از همبستگی معنی‌دار و بالایی با مقدار نیتروژن آسمانه اندازه‌گیری شده (با ضریب همبستگی پیرسون ۰/۸۴۱) برخوردار بود (جدول ۴). لذا به منظور بررسی روابط رگرسیونی بین مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی و داده‌های سنجش از دور، فقط از داده‌های مؤلفه اصلی PC₁ استفاده شد.

در نهایت رابطه رگرسیونی زیر بین نیتروژن آسمانه گیاهی اندازه‌گیری شده و مؤلفه PC₁ به دست آمد (شکل ۳) که تجزیه رگرسیونی مربوطه (جدول ۶) نشان‌گر معنی‌دار بودن رابطه و همچنین ضریب رگرسیون به دست آمده ($R^2 = 0.708$) بیانگر قوی بودن رابطه رگرسیونی زیر می‌باشد (رابطه ۲).

$$N_{canopy} = 0.171 \times Z_{PC1} + 1.114 \quad (2)$$

مطابق نتایج این پژوهش، رابطه چشمگیری مابین مقادیر اندازه‌گیری شده نیتروژن و مقادیر بازتابی از مزارع گندم دیم بخش‌هایی از جنوب استان آذربایجان غربی تعیین شد. البته نتایج فوق می‌توانست تا حدودی زیادی قابل انتظار باشد زیرا بازتاب‌های پوشش گیاهی در طول موج‌های مرئی (۷۰۰-۴۰۰ نانومتر) و مادون قرمز نزدیک (۹۰۰-۷۰۰ نانومتر) به ترتیب به وسیله کلروفیل و ساختار سلول برگ تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۳۳). کلروفیل، نور را در ناحیه قرمز طیف مرئی جذب می‌کند؛ بنابراین در این ناحیه بازتابش کمی صورت می‌گیرد. در حالت کمبود نیتروژن، غلظت کلروفیل در ناحیه قرمز کاهش می‌یابد در حالی که بازتابش‌ها در این ناحیه افزایش می‌یابد (۹).

جدول ۱- آماره های توصیفی ازت کانوپی گیاهی منطقه مورد مطالعه

Table 1- Descriptive statistics of the N content of plant canopy of the study area.

ضریب تغییرات	میانگین	انحراف معیار	کشییدگی	چولگی	حداکثر	حداقل
CV	Mean	STD	Kurtosis	Skewness	Max	Min
0.18	1.11	0.20	-0.23	0.57	1.60	0.79

جدول ۲- نتایج آزمون نرمال شاپیرو ویلکاکس

Table 2- Normal Shapiro-Wilk test results

N	df	Sig.
	45	0.066

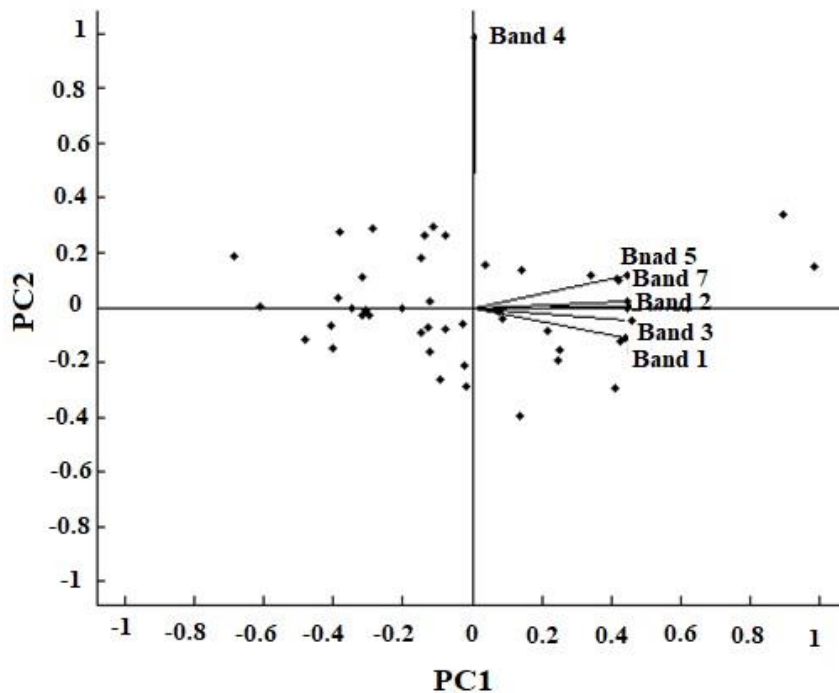
جدول ۳- همبستگی بین داده‌های سنجنش از دور و میزان نیتروژن آسمانه گیاهی

Table 3- Correlation between remote sensing data and plant canopy nitrogen

باند ۷	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲	باند ۱
Band 7	Band 5	Band 4	Band 3	Band 2	Band 1
0.816**	0.828**	0.100 ^{ns}	0.820**	0.841**	0.828**

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و NS: غیرمعنی‌دار

** significant at the 0.01 * significant at the 0.05 level, ns: nonsignificant



شکل ۲- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌های انعکاسی باندهای مختلف تصاویر سنجنده ETM+

Figure 2- Principal component's analysis of reflectance data of various bands of ETM+ data

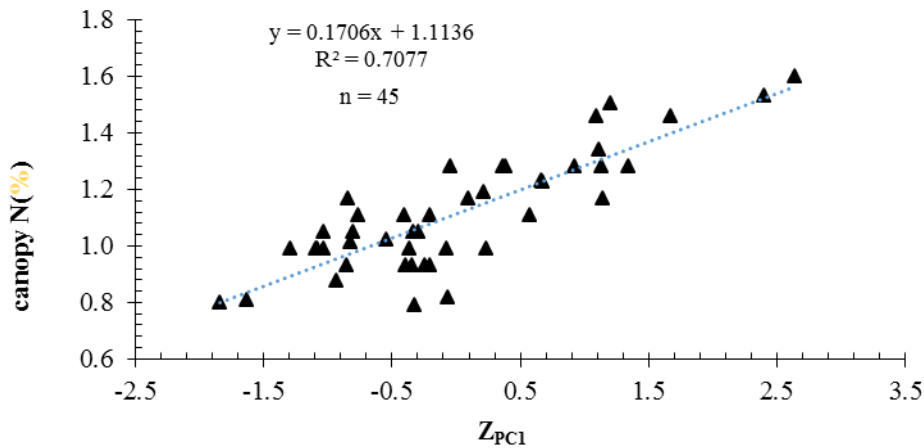
جدول ۴- همبستگی بین مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی و مؤلفه‌های اصلی ۱ و ۲ ایجاد شده بین داده‌های سنجنش از دور

Table 4- Pearson correlation between nitrogen content of plant canopy and PC₁ and PC₂ developed among remote sensing data

پارامتر	مؤلفه اصلی اول	مؤلفه اصلی دوم
Parameter	FAC ₁	FAC ₂
نیتروژن	0.841**	0.080 ^{ns}
N		

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، NS: غیرمعنی‌دار

** significant at the 0.01 level, ns: nonsignificant

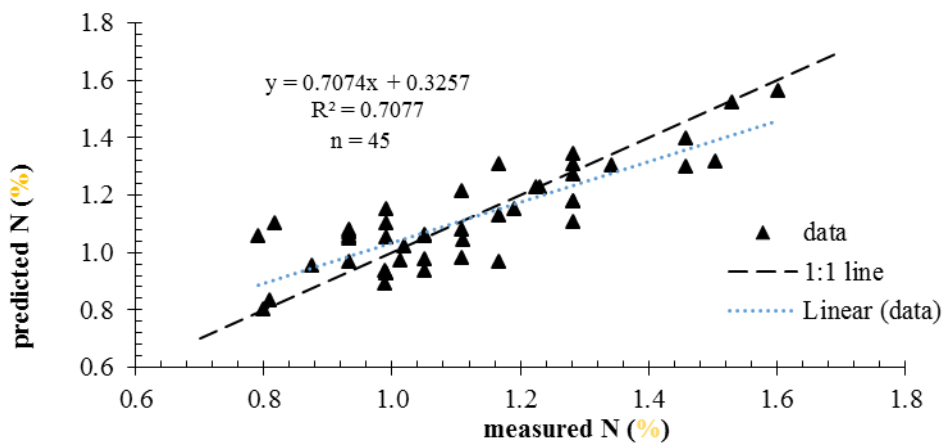


شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین محتویات نیتروژن آسمانه گیاهی و پارامتر Z استاندارد شده (Z_{PC1}) ایجاد شده بین داده‌های سنجش از دور
 Figure 3- The regression relationship between nitrogen content of plant canopy and standardized Z parameter (Z_{PC1}) developed among remote sensing data

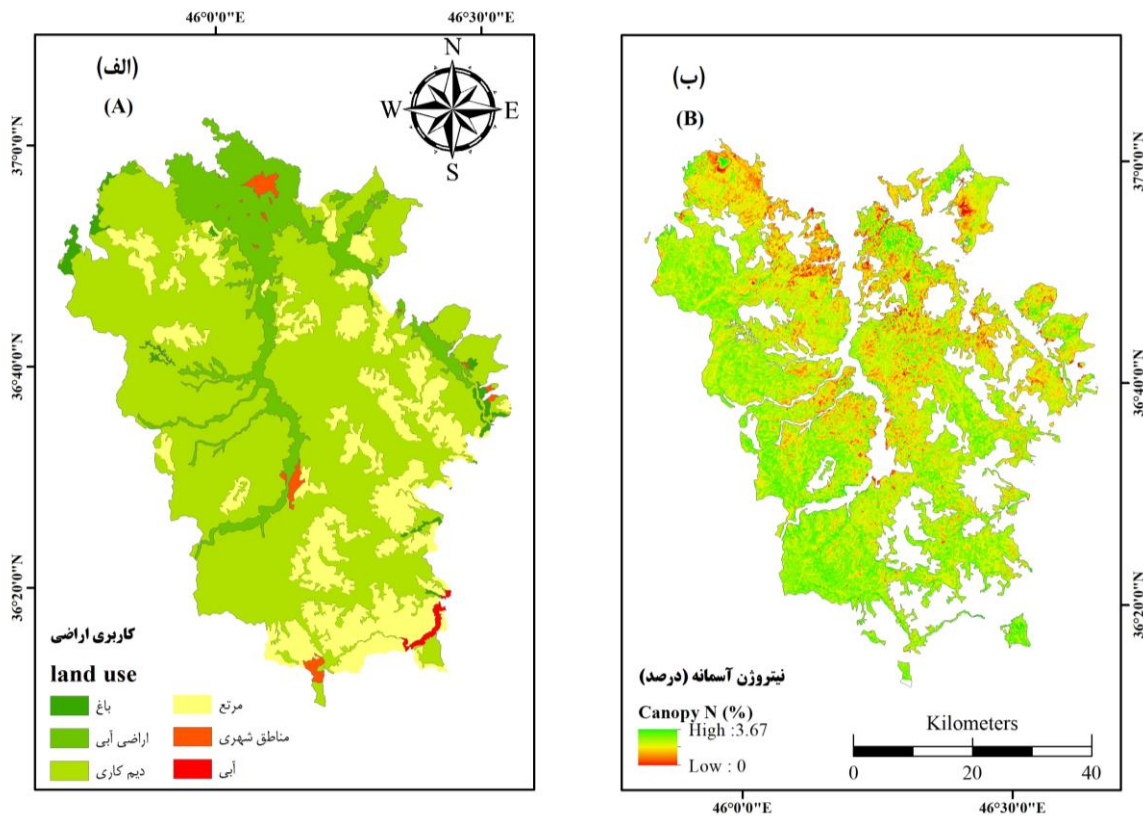
جدول ۶- تجزیه واریانس رگرسیون ایجاد شده بین محتویات نیتروژن آسمانه گیاهی (متغیر وابسته) و پارامتر Z استاندارد شده (Z_{PC1}) (تخمین گر) ایجاد شده بین داده‌های سنجش از دور

Table 6- Analysis of variance of employed regression between nitrogen content of plant canopy (dependent variable) and standardized Z parameter (Z_{PC1}) (predictors) developed among remote sensing data

مدل Model	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	آزمون F F test	معنی‌داری آزمون F Sig.
رگرسیون Regression	1.280	1	1.280	104.087	0.000 ^b
باقی مانده Residual	0.529	43	0.012		
کل Total	1.809	44			



شکل ۴- رابطه نیتروژن آسمانه گیاهی اندازه گیری شده و برآورد شده از معادله ۲
 Figure 4- The relationship between measured and predicted nitrogen content of plant canopy using the equation 2



شکل ۵- الف) نقشه کاربری اراضی ب) نقشه توزیع نیتروژن آسمانه در مناطق دیم‌کاری مورد مطالعه
Figure 5- A. Land use map B. The map of canopy N distribution at studied dry land area

بسیار بالایی بین باندهای مختلف تصویر سنجنده ETM^+ و مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی وجود داشت. از همین رو رابطه رگرسیونی قوی و معنی‌داری مابین مقدار نیتروژن آسمانه گیاهی و مؤلفه اصلی اول حاصل از داده‌های سنجش از دور، به‌دست آمد که در نهایت باعث ایجاد معادله رگرسیونی با ضریب تبیین 0.7 بین مقدار نیتروژن آسمانه اندازه‌گیری شده و برآورد شده گردید.

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که از داده‌های سنجش از دور می‌توان برای مدیریت دقیق‌تر و به‌روزتر مزارع دیم کشور برای مدیریت هرچه بهتر کوددهی مزارع (به ویژه نیتروژن) و جلوگیری از کاهش عملکرد محصولات در مراحل رشدی حساس و هدررفت کود با مصرف دقیق آن در مواقع مورد نیاز گیاه با دقت قابل قبول استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

مدیریت نیتروژن به عنوان مهم‌ترین عنصر برای حفظ وضعیت رشد و عملکرد دانه (۸) و همچنین برای دسترسی به عملکرد بهینه (۵ و ۴۸) در محصولات زراعی از دیدگاه اقتصادی و زیست‌محیطی حائز اهمیت می‌باشد (۴ و ۵)؛ بنابراین پایش به‌موقع، غیرمخرب و دقیق مقدار نیتروژن در محصولات زراعی ضروری به نظر می‌رسد (۳۸ و ۴۷) که این عمل با تکیه بر آنالیزهای شیمیایی رایج با توجه به زمان بر و پرهزینه بودن آنها میسر نمی‌شود. از این رو سنجش از دور به عنوان یک روش جایگزین در تعیین مقادیر مواد بیوشیمیایی برگ آسمانه گیاهی به منظور کاهش مشکلات مربوط به تجزیه‌های آزمایشگاه مطرح شده است (۲۴). در همین راستا پژوهش حاضر به منظور ارزیابی کارایی تصاویر سنجنده ETM^+ در تعیین مقدار نیتروژن آسمانه انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که همبستگی

منابع

- 1- Babar M., Reynolds M., Van Ginkel M., Klatt A., Raun W., and Stone M. 2006. Spectral reflectance indices as a potential indirect selection criteria for wheat yield under irrigation. *Crop Science* 46(2): 578-588.
- 2- Bausch W.C., and Khosla R. 2010. Quick Bird satellite versus ground-based multi-spectral data for estimating nitrogen status of irrigated maize. *Precision Agriculture* 11(3): 274-290.
- 3- Blackmer T.M., Schepers J.S., Varvel G.E., and Walter-Shea E.A. 1996. Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies. *Agronomy journal* 88(1): 1-5.

- 4- Bonfil D.J., Karnieli A., Raz M., Mufradi I., Asido S., Egozi H., Hoffman A., and Schmilovitch Z. 2004. Decision support system for improving wheat grain quality in the Mediterranean area of Israel. *Field Crops Research* 89(1): 153-163.
- 5- Bouaziz M., Matschullat J., and Gloaguen R. 2011. Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. *Comptes Rendus Geoscience* 343(11): 795-803.
- 6- Carré F., and Girard M.C. 2002. Quantitative mapping of soil types based on regression kriging of taxonomic distances with landform and land cover attributes. *Geoderma* 110(3): 241-263.
- 7- Clevers J.G.P.W., and Gitelson A.A. 2013. Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and -. 3. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinform* 23: 344-351.
- 8- Darvishzadeh R., Skidmore A.K., Schlerf M., Atzberger C.G., and Cho M.A. 2008. LAI and Chlorophyll Estimation for a Heterogeneous Grassland Using Hyperspectral Measurements. *ISPRS J. Photogramm* 63: 409-426.
- 9- Daughtry C., Walthall C., Kim M., De Colstoun E.B., and McMurtrey Iii J. 2000. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote sensing of Environment* 74(2): 229-239.
- 10- Gabriel K.R.: The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis, *Biometrika*, 58, 453-467, <https://doi.org/10.2307/2334381>, 1971.
- 11- Ghasemloo N., Mobasheri M., and Rezaei Y. 2011. Vegetation species determination using spectral characteristics and artificial neural network (SCANN). *Journal of Agricultural Science and Technology* 13: 1223-1232.
- 12- Gitelson A.A., Viña A., Arkebauer T.J., Rundquist D.C., Keydan G., and Leavitt B. 2003. Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. *Geophysical Research Letters* 30(5).
- 13- Haboudane D., Miller J.R., Tremblay N., Zarco-Tejada P.J., and Dextraze L. 2002. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote sensing of environment* 81(2-3): 416-426.
- 14- Jia L., Yu Z., Li F., Gnyp M., Koppe W., Bareth G., Miao Y., Chen X., and Zhang F. 2011. Nitrogen status estimation of winter wheat by using an IKONOS satellite image in the north china plain, *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*. Springer 174-184.
- 15- Lamb D., Steyn-Ross M., Schaare P., Hanna M., Silvester W., and Steyn-Ross A. 2002. Estimating leaf nitrogen concentration in ryegrass (*Lolium* spp.) pasture using the chlorophyll red-edge: theoretical modelling and experimental observations. *International Journal of Remote Sensing* 23(18): 3619-3648.
- 16- Land M.H., Guillermo M.A.S., Dos Santos W.R., Paioli-Pires E.J., Pommer C.V., and Botelho R.V. 2003. Nutritional evaluation of the condition of Italia grapevine in the region of Jales, SP, using the diagnosis and recommendation integrated system. *Rev Bras Frutic* 25: 309-314.
- 17- Lee Y.J., Yang C.M., Chang K., and Shen Y. 2008. A simple spectral index using reflectance of 735 nm to assess nitrogen status of rice canopy. *Agronomy Journal* 100: 205-212.
- 18- Lelong C.C., Pinet P.C., and Poilvé H. 1998. Hyperspectral imaging and stress mapping in agriculture: a case study on wheat in Beauce (France). *Remote Sensing of Environment* 66: 179-191.
- 19- Merzlyak M., Gitelson A., Chivkunova O., Solovchenko A., and Pogosyan S. 2003. Application of reflectance spectroscopy for analysis of higher plant pigments. *Russian Journal of Plant Physiology* 50(5): 704-710.
- 20- Min M., Lee W.S., Burks T.F., Jordan J.D., Schumann A.W., Schueller J.K., and Xie H. 2008. Design of a hyperspectral nitrogen sensing system for orange leaves. *Computers and Electronics in Agriculture* 63(2): 215-226.
- 21- Mirzaee S., Ghorbani-Dashtaki S., Mohammadi J., Asadi H., and Asadzadeh F. 2016. Spatial variability of soil organic matter using remote Sensing Data. *Catena* 145: 118-127.
- 22- Mutanga O., Skidmore A., Kumar L., and Ferwerda J. 2005. Estimating tropical pasture quality at canopy level using band depth analysis with continuum removal in the visible domain. *International Journal of Remote Sensing* 26(6): 1093-1108.
- 23- Mutanga O., Skidmore A.K., and Prins H. 2004. Predicting in situ pasture quality in the Kruger National Park, South Africa, using continuum-removed absorption features. *Remote sensing of Environment* 89(3): 393-408.
- 24- Mutanga O., Skidmore A.K., and van Wieren S. 2003. Discriminating tropical grass (*Cenchrus ciliaris*) canopies grown under different nitrogen treatments using spectroradiometry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 57(4): 263-272.
- 25- Nagorny V.D. 2013. *Soil and Plant Laboratory Analysis*. (text book): 107-110.
- 26- Özyiğit Y., and Bilgen M. 2013. Use of spectral reflectance values for determining nitrogen, phosphorus, and potassium contents of rangeland plants. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15: 1537-1545.
- 27- Perry E.M., and Davenport J.R. 2007. Spectral and spatial differences in response of vegetation indices to nitrogen treatments on apple. *Computers and Electronics in Agriculture* 59(1-2): 56-65.
- 28- Porder S., Asner G.P., and Vitousek P.M. 2005. Ground-based and remotely sensed nutrient availability across a tropical landscape. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102(31): 10909-10912.
- 29- Rahmati M., and Hamzehpour N. 2018. Effectiveness of spectral data reduction in detection of salt-affected soils in a small study area. *Desert* 23(1): 97-106.
- 30- Samson G., Tremblay N., Dudelzak A., Babichenko S., Dextraze L., and Wollring J. 2000. Nutrient stress of corn plants: early detection and discrimination using a compact multiwavelength fluorescent lidar, *Proceedings of the*

- 20th EARSeL Symposium, Dresden, Germany 214-223.
- 31- Shi J., Wang H., Xu J., Wu J., Liu X., Zhu H., and Yu C. 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China. *Environmental Geology* 52(1): 1-10
- 32- Smart D.R., Whiting M.L., and Stockert C. 2007. Remote sensing of grape K deficiency symptoms using leaf level hyperspectral reflectance, Western Nutrient Management Conference 19-24.
- 33- Starks P.J., Zhao D., Phillips W.A., and Coleman S.W. 2006. Development of canopy reflectance algorithms for real-time prediction of bermudagrass pasture biomass and nutritive values. *Crop Science* 46(2): 927-934.
- 34- Stroppiana, D., Boschetti, M., Brivio, P.A., and Bocchi, S., 2009. Plant nitrogen concentration in paddy rice from field canopy hyperspectral radiometry. *Field crops research* 111(1-2), 119-129.
- 35- Taiz L., and Zeiger E. 2010a. *Plant Physiology*. Sinauer Associates Inc.: Sunderland, MA, USA 5th ed.
- 36- Terra M.M., Guilherme M.A.S., Santos W.R.d., Paioli-Pires E.J., Pommer C.V., and Botelho R.V. 2003. Evaluation of the nutritional condition of Italia grapevine in the region of Jales, SP, using the diagnosis and recommendation integrated system. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25(2): 309-314.
- 37- Thomas J.R., and Oerther G.F. 1972. Estimating nitrogen content of sweet pepper leaves by reflectance measurements. *Agronomy Journal* 64: 11-13.
- 38- Tian Y.C., Yao X., Yang J., Cao W.X., Hannaway D.B., and Zhu Y. 2011. Assessing newly developed and published vegetation indices for estimating rice leaf nitrogen concentration with ground- and space-based hyperspectral reflectance. *Field Crops Research* 120: 299-310.
- 39- Tilling A.K., O'Leary G.J., Ferwerda J.G., Jones S.D., Fitzgerald G.J., Rodriguez D., and Belford R. 2007. Remote sensing of nitrogen and water stress in wheat. *Field Crops Research* 104(1-3): 77-85.
- 40- Wei J.B., Xiao D.N., Zeng H., and Fu Y.K. 2008. Spatial variability of soil properties in relation to land use and topography in a typical small watershed of the black soil region, northeastern China. *Environmental Geology* 53(8): 1663-1672
- 41- Wilding L. 1985. Spatial variability: its documentation and implication to soil surveys, *Soil spatial variability. Workshop* 166-194.
- 42- Zadoks J.C., Chang T.T., and Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14(6): 415-421.
- 43- Zeng X., Dickinson R.E., Walker A., Shaikh M., DeFries R.S., and Qi J. 2000. Derivation and evaluation of global 1-km fractional vegetation cover data for land modeling. *Journal of Applied Meteorology* 39(6): 826-839.
- 44- Zhai Y., Cui L., Zhou X., Gao Y., Fei T., and Gao W. 2013. Estimation of nitrogen, phosphorus, and potassium contents in the leaves of different plants using laboratory-based visible and near-infrared reflectance spectroscopy: comparison of partial least-square regression and support vector machine regression methods. *International Journal of Remote Sensing* 34(7): 2502-2518.
- 45- Zhao D., Reddy K.R., Kakani V.G., and Reddy V. 2005. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy* 22(4): 391-403.
- 46- Zhu Y., Li Y.X., Zhou D.Q., Tian Y.C., Yao X., and Cao W.X. 2006. Quantitative relationship between leaf nitrogen concentration and canopy reflectance spectra in rice and wheat. *Acta Ecol. Sin* 26: 3463-3469.
- 47- Zhu Y., Yao X., Tian Y., Liu X., and Cao W. 2008. Analysis of common canopy vegetation indices for indicating leaf nitrogen accumulations in wheat and rice. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 10(1): 1-10.
- 48- Zvomuya F., Rosen C.J., Russelle M.P., and Gupta S.C. 2003. Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental quality* 32(2): 480-489.

Evaluation of Canopy Nitrogen in Dryland Wheat using ETM⁺ Satellite Images in South of West Azerbaijan Province

N. Miran^{1*}- H. Sadaghiani²- V. Feiziasl³- E. Sepehr⁴- M. Rahmati⁵- S. Mirzaee⁶

Received: 25-02-2019

Accepted: 02-09-2019

Introduction: In cereal crops, nitrogen is the most important element for maintaining growth status and enhancing grain yield. Nitrogen is an important constituent of the chlorophyll molecule and the carbon-fixing enzyme ribulose-1, 5-bis-phosphate carboxylase/oxygenase. Therefore, providing enough nitrogen to achieve optimal yield is essential. Common chemical analyzes are used to determine the nutrient elements of plants using laboratory methods. Conventional laboratory techniques are expensive, laborious, and time-consuming. Determination of plant biochemical content by remote sensing could be used as an alternative method which reduce the problems of laboratory analyses. Expensive and time-consuming direct determination of the nutritional status of the plant play an important role in the quantitative and qualitative yield of the product. However, exposure to rainfed wheat nutrient stresses (in particular, nitrogen) compared to irrigated wheat resulting in attempts to evaluate these features with acceptable accuracy without the direct measurement. In this regard, remote sensing data and satellite images are of the basic dryland management and optimal wheat production methods. As such, it collects massive information periodically from the surface of the planet, and it is easy to use this timely information to identify the stresses and apply appropriate agronomic methods in order to counteract them or reduce their negative impact on the production of this strategic product. Therefore, the goal of this study was to determine the nitrogen concentration of dryland wheat in the laboratory and its fitting with ETM⁺ images, evaluate the accuracy of remote sensing in determining the total nitrogen content of the plant and establish a regression relationship to estimate the amount of canopy nitrogen in the plant.

Material and Methods: This research was undertaken in parts of the south of the West Azerbaijan Province in Iran. The sampling was done from 45 dryland wheat fields using a stratified random method in May 2016. The wheat canopy nitrogen was determined using the Kjeldahl method. Satellite images of the ETM⁺ were downloaded on the USGS website. Then the required pre-processing was performed on images to reduce systematic and non-systematic errors. Statistical analyses were performed by excel and SPSS. Descriptive statistics and correlations were obtained between reflectance data obtained from various satellite bands and nitrogen measured in the laboratory. Correlated variables among the reflectance data of different bands were analyzed by principal component to reduce repeat calculations. The regression relationship between the plant canopy nitrogen and the first principal component has been evaluated using the stepwise regression method. To draw the plant canopy nitrogen, map, the equation was obtained and the ETM⁺ image has been used for land uses. Finally, the map of canopy N distribution at the studied area was drawn.

Results and Discussion: The results showed that nitrogen content varied from 1.6% to 0.79%, with an average of 1.11%. The normality data was verified by the Shapiro Wilk test. The results of the Pearson correlation showed that the wheat canopy nitrogen has a high correlation with digital number values of all bands of satellite images except band 4, so that it has the highest and the least correlation with band 2 and band 4, respectively. The correlation between remote sensing data in different bands was also evaluated using bi-plot statistics, which results showed a high correlation between all bands except band 4 with the first one of the principal component (PC1). Therefore, only PC1 data has been used to study the regression relationships between wheat canopy nitrogen and remote sensing data. A regression equation $N_{canopy} = 0.171 \times Z_{PC1} + 1.114$ between wheat canopy nitrogen and Z_{PC1} ($R^2 = 0.71$) was developed. Z_{PC1} is obtained according to the following formula: $Z_{PC1} = (PC1 - \overline{PC1}) / \sigma_{PC1}$ where Z_{PC1} is the standardized Z parameter, $\overline{PC1}$ is the average of PC1 and the σ_{PC1} is the standard deviation of PC1. Finally, the map of canopy N distribution was drawn to the studied area. According to the results of this study, the application of remote sensing data such as Landsat ETM⁺ data is a very important variable for improving and managing the prediction of wheat canopy nitrogen.

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: nasermiran@yahoo.com)

3- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

5- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran

6- Ph.D. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Conclusion: Overall, the results indicated that the remote sensing data provide more accurate and timely information from the drylands of Iran to manage farm fertilization and prevent the decline in yields at critical points. However, proper management to avoid the fertilizer loss by precise and timely application of N-fertilizer is needed.

Keywords: First one of the principal component, Nitrogen, Remote sensing