نظارت بر نیتروژن مصرفی گیاه اسفناج با استفاده از حسگر نوری GreenSeeker

مهران هاشمی جوزانی[۱]، حسین باقرپور[۲،*] جواد حمزه‌ئی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان(hashemi6284@gmail.com)
۲. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان (h.bagherpour@basu.ac.ir)
۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (j.hamzei@basu.ac.ir)

چکیده

ازجمله مواد غذایی مورد نیاز برای رشد و نمو این محصول، کود نیتروژن (N) می‌باشد. اسفناج پاسخ بسیار مناسبی نسبت به کوددهی نیترات دارد، بطوریکه مصرف نادرست این کود باعث کاهش ویتامین ث و از بین رفتن سلامتی گیاه، هدر رفت کود و بروز مشکلات زیست‌محیطی می گردد. بنابراین، بایستی در زمان، مکان و مقدار صحیح استفاده شود. یکی از روش-های غیر مخرب برای بررسی میزان سلامتی یا نیاز N گیاه، استفاده از شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) بدست آمده از حسگر GreenSeeker (GS) می‌باشد. بنابراین تخمین سطح N محصول اسفناج با استفاده از شاخص NDVI اهداف اصلی این پژوهش می‌باشند. در این پژوهش آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینای همدان انجام شد و از ۴ تیمار کودی N0، N75، N150 و N300 استفاده گردید. در اغلب مراحل رشد، شاخص NDVI با تیمار کودی N همبستگی معنی‌داری داشتند.نتیجه کلی تحقیق نشان داد که حسگر GS وسیله مناسبی در تشخیص مقادیر کود N داده شده به گیاه اسفناج باشد.

کلمات کلیدی: *شاخص سبزینگی، اسفناج، سنجش غیر مخرب، GreenSeeker*

*نویسنده مسئول: h.bagherpour@basu.ac.ir

نظارت بر نیتروژن مصرفی گیاه اسفناج با استفاده از حسگر نوری GreenSeeker

مقدمه

برگ‌ها وساقه‌های ظریف گیاه اسفناج (*Spinacia Oleraceae L.*)، به‌صورت فرآوری‌شده یا تازه‌خوری مصرف می‌شود. بهترین آب‌وهوای مناسب رشد این محصول، خنک می‌باشد. اسفناج پاسخ بسیار مناسبی نسبت به کوددهی با نیترات دارد [۱ و ۳]. نیتروژن (N) یکی از مهم‌ترین مواد مغذی موردنیاز برای رشد گیاهان و تولید کلروفیل و محصول می‌باشد [۱۴]. مدیریت آن می‌تواند بر هر دو جنبه اقتصادی و زیست‌محیطی تولید محصول اثر بگذارد [۹]. استفاده بیش از حد N هم‌چنین باعث کاهش ویتامین ث در انواع سبزی‌ها، مانند: اسفناج، کاهو و کلم می‌شود [۳]. مصرف دقیق N براساس نیاز گیاه در زمان و مکان مورد نظر، از راه‌حل‌های مورد توجه برای مدیریت مصرف آن می‌باشد. روش‌های مختلفی برای سنجش کمبود N در محصولات وجود دارد، ازجمله: وسایل غیر مخرب اندازه‌گیری کلروفیل‌سنج[1] و سبزینه‌سنج[2] (GS) که ارزان، آسان، سریع‌تر و با محدوده کاری بزرگ‌تر هستند ولی دارای قابلیت اطمینان کمتری می‌باشند. در روش‌های غیر مخرب از حسگرهای نوری که از بازتاب گیاه بهره می‌گیرند، استفاده می‌گردد [۷ و ۱۰]. شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده[3] (NDVI) برای جداسازی پوشش گیاهی سبز از پس‌زمینه خاک در سنجش‌های کنترل از راه دور استفاده می‌شود [۱۳]. این شاخص در ارزیابی وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی و وضعیت سلامتی و سبزینگی یک منطقه توسط حسگر GS مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴].

جُنز و همکاران [۱۱] با استفاده از بازتاب چند طیفی گیاه و فن‌آوری سنجش از راه دور، غلظت کلروفیل در اسفناج را تخمین زدند. در این پژوهش از یک سیستم تصویربرداری چندطیفی و یک حسگر نوری دستی GreenSeeker™ بهره بردند. در این تحقیق همبستگی زیادی بین بازتاب مبتنی بر NDVI و عملکرد کلروفیل (R^2=۰/۹۲) و بین NDVI و زیست‌توده (R^2=۰/۹۴) یافت شد. مدیریت مصرف N به روش خاص مکانی و با کمک حسگر نوری GS، برای کاشت برنج به روش خشکه کاری[4] (DDSR)، در شمال غربی هند مورد بررسی قرار گرفت [۵]. نتایج نشان داد که بطور متوسط هنگامی که مدیریت کود N به‌وسیله GS انجام می‌شود، بازده مصرف N افزایش می‌یابد. از حسگرهای غیر مخرب برای اندازه‌گیری نیتروژن موجود در گلدان گل *Euphorbia pulcherrima L. (Willd. ex Klotzsch)* استفاده گردید. در این پژوهش میزان کود نیتروژن از طریق سه دستگاه GS، SPAD و atLEAF اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که دستگاه GS میزان کود نیتروژن را با دقت بیشتری اندازه می‌گیرد [۷]. عملکرد برنج با استفاده از GS و SPAD و با اندازه‌گیری NDVI و کلروفیل برگ در دوره رشد مورد بررسی قرار گرفت. دقت پیش‌بینی بالاتری در مدل رگرسیونی GS نسبت به SPAD مشاهده شد [۶].

با توجه به ضرورت استفاده صحیح از کود N در کشاورزی و هم‌چنین اختلاف مساحت زیر کشت گیاه اسفناج در محیط مزرعه با محیط گلخانه، بنابراین برای نظارت بر سلامتی و ارزشیابی شاخص NDVI به حسگر نوری مجاورتی GS احتیاج است. باتوجه به منابع بررسی شده، تاکنون گزارشی مبنی بر استفاده از حسگر GS در داخل کشور برای گیاه اسفناج بدست نیامده است.

1 Chlorophyll meter
2 GreenSeeker
3 Normalized Difference Vegetation Index
4 Dry Direct-Seeded Rice

مواد و روش‌ها

عملیات کاشت محصول اسفناج در سال ۱۳۹۶ در نیمه دوم اسفندماه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینای همدان انجام شد. این مزرعه در موقعیتی با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۷ دقیقه واقع شده است. نتایج تجزیه و تحلیل نمونه خاک مزرعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک

ویژگی	مقدار (نوع)
بافت	لومی رسی شنی
هدایت الکتریکی (EC)	۰/۰۷ دسی زیمنس بر متر
اسیدیته (pH)	۷/۱۵
کربن آلی (OC)	۲/۳۸ درصد
ماده آلی (OM)	۴/۱۰ درصد
نیتروژن (N)	۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم
فسفر کل(P)	۱۴۸۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم
پتاسیم کل (K)	۷۰۳/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم

بذرهای اسفناج از رقم بومی استان همدان انتخاب شدند. سپس آن‌ها در ۷ ردیف، با فاصله بین بذر ۵ سانتی‌متری، فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متری و در عمق ۱ سانتی‌متری کاشته شدند. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی[1] (RCBD) و در سه تکرار انجام گرفت. در این پژوهش از ۵ سطح تیمار کودی N (N0، N50، N100، N150 و N200) استفاده شد. بهتاش و همکاران [۲] در تحقیقی روی اسفناج همین مقادیر و تعداد تیمارها را استفاده و گزارش کرده بودند. وجین علف‌های هرز، بصورت دقیق و کامل و قبل از اعمال تیمارهای کودی و داده‌گیری از کشت‌ها اجرا گردید. کرت‌های مزرعه به فاصله هر ۷ الی ۱۰ روز آبیاری غرقابی شدند.

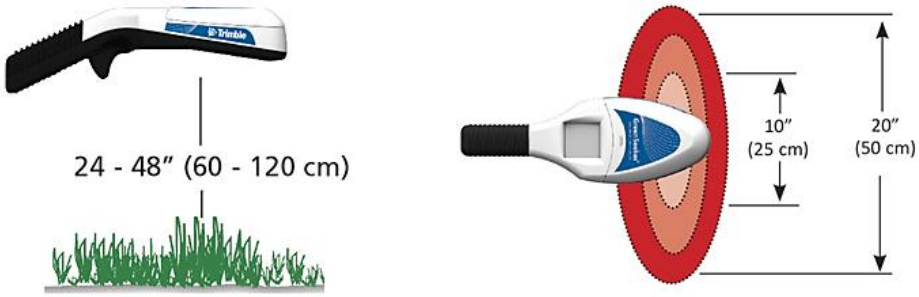
برای بدست آوردن شاخص NDVI از حسگر دستی و مجاورتی GreenSeeker (Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, CA) در ۱۰ مرحله استفاده گردید (شکل ۱). این حسگر نور را توسط دو دیود در طول موج‌های قرمز (مرئی) ۶۶۰ نانومتر و فروسرخ نزدیک[2] (NIR) ۷۷۰ نانومتر منتشر می‌نماید. سپس میزان نور بازتاب شده از سطح گیاه را دریافت کرده و با اندازه‌گیری آن‌ها، شاخص NDVI (رابطه ۱) را بر روی صفحه نمایش نشان می‌دهد. در این پژوهش، تا زمانی که رنگ گیاه به سمت زرد شدن گرایش پیدا کرد، داده‌برداری در ارتفاع تقریبی ۷۵ سانتی‌متری بالای تاج پوشش گیاهی انجام شد. رابطه زیر NDVI را نشان می‌دهد:

$$NDVI = \frac{I_{NIR} - I_{RED}}{I_{NIR} + I_{RED}} \qquad (۱)$$

که در آن، I_{NIR} و I_{RED} به ترتیب تابش نور مادون قرمز و تابش نور قرمز می‌باشند [۱۱].

دامنه‌ی دید حسگر، بیضی شکل است و وقتی در ارتفاع قابل اندازه‌گیری ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متری بالای گیاه قرار می‌گیرد به ترتیب بیضی‌هایی به قطر بزرگ ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر را پوشش می‌دهد (شکل ۱).

1 Randomized Complete Block Design
2 Near infrared



(ب) (الف)

شکل ۱. دامنه کاری حسگر GS، الف) محدوده دید حسگر، ب) حدود ارتفاع قابل اندازه‌گیری

پس از برداشت محصول اسفناج، بوته‌های هر کرت در معرض هوای آزاد خشک گردید و آنگاه بدون ریشه و دانه توزین شدند. مساحت هر کرت نیز با اندازه‌گیری ابعاد آن‌ها به وسیله متر محاسبه شد. سپس با تقسیم وزن‌ها به مساحت‌های مربوط به خودشان، عملکرد وزنی بوته‌ها در سطح برحسب کیلوگرم بر مترمربع بدست آمد. درنهایت با یک تبدیل واحد، این نتیجه برحسب تن بر هکتار محاسبه گردید.

نمودارهای لازم توسط نرم‌افزار Excel 2016 رسم گردیدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics نسخه ۲۰ انجام شد.

تحلیل نتایج

هم‌چنان که قبلاً نیز به آن اشاره گردید، یکی از مهم‌ترین کاربردهای حسگر GS، تخمین میزان سطح کلروفیل گیاهان در حال رشد می‌باشد که بدین طریق بتوان مقدار کود N مورد نیاز گیاه را کنترل کرد. نتایج (جدول ۲) نشان داد که بین تیمار کودی N و شاخص NDVI در اغلب مراحل داده‌گیری همبستگی معنی‌داری وجود دارد. بیشینه همبستگی در مرحله ۳۶ DAG برابر با مقدار ۰/۹۱ مشاهده شد که مدل رگرسیونی آن در شکل (۲-الف) نمایش داده شده است.. علت وجود این همبستگی‌ها پوشش گیاهی زیاد و پهن اسفناج، رنگ سبز تیره برگ‌ها، واکنش مناسب و سریع این گیاه نسبت به کود N، شرایط نوری مناسب در طول روز و درنتیجه رشد خوب آن می‌تواند باشد. نتایج همبستگی بین NDVI و عملکرد بوته (زیست‌توده) توسط جُنز و همکاران [۱۱] بر روی گیاه اسفناج تأیید می‌گردد. این رابطه نیز با کار انجام شده به وسیله کارلسون و ریپلی [۸] و رائون و همکاران [۱۲] هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

در اکثر مراحل داده‌گیری، همبستگی مناسب و معنی‌داری بین شاخص NDVI با سطوح تیمار کودی N اسفناج وجود داشت، آن چنانکه بیشترین همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۹۱ بدست آمد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حسگر GS دستگاه مناسبی در تشخیص مقادیر کود N داده شده به گیاه اسفناج می‌باشد.

جدول۲. ضرایب همبستگی پیرسون بین مقادیر سطوح تیمار کودی N و خروجی حسگر GS

تعداد روز پس از جوانه‌زنی (DAG)	NDVI و تیمار N
۲۰	۰/۴۷
۲۴	۰/۷۴**
	y = ۰/۴۴۲ +۰/۰۰۰۳x
۲۸	۰/۸۸**
	y = ۰/۴۶۴ +۰/۰۰۰۵x
۳۲	۰/۹۰**
	y = ۰/۴۴۴ +۰/۰۰۱x
۳۶	۰/۹۱**
	y = ۰/۴۴۲ +۰/۰۰۱x
۴۰	۰/۸۶**
	y = ۰/۵۷۳ +۰/۰۰۱x
۴۴	۰/۶۱*
	y = ۰/۷۰۹ +۰/۰۰۰۲x
۴۸	۰/۴۱
۵۲	۰/۵۲
۵۶	۰/۵۲

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

مراجع

۱. اسفندیاری بیات، س.، افتخاری، س.ع.الف.، و حیدری، م. ۱۳۹۳. اثر نیتروژن بر تجمع نیترات و فعالیت نیترات ردوکتاز در برخی توده‌های اسفناج (*Spinacia oleraceae L.*) بومی ایران. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، ۳۷(۱): ۱۱۸-۱۰۷.

۲. بهتاش، ف.، مسیحا، س.، و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۰. بررسی اثر مقادیر مختلف کود شیمیایی اوره در تجمع نیترات در اندام‌های قابل مصرف اسفناج و جعفری. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۲(۳ و ۴): ۱۶۰-۱۵۵.

۳. صادقی، م.ص.، طباطبایی، س.ج.، و بیات، ح. ۱۳۹۶. تأثیر نیتروژن و حذف محلول غذایی یک هفته قبل از برداشت بر تجمع نیترات و خصوصیات رشدی اسفناج (*Spinacia oleraceae L.*). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱(۲): ۳۰۶-۳۱۴.

۴. صالحی، م.، کوچکی، ع.ر.، و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۳. میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به عنوان شاخصی از تنش شوری در گندم. پژوهش‌های زراعی ایران، ۲(۱): ۳۴-۲۵.

5. Ali, A.M., Thind, H.S., Varinderpal-Singh., and Bijay-Singh. 2015. A framework for refining nitrogen management in dry direct-seeded rice using GreenSeeker™ optical sensor. Computers and Electronics in Agriculture, 110: 114-120.

6. Ali, A.M., Thind, H.S., Sharma, S., and Varinderpal-Singh. 2014. Prediction of dry direct-seeded rice yields using chlorophyll meter, leaf color chart and GreenSeeker optical sensor in northwestern India. Field Crops Research, 161: 11-15.
7. Basyouni, R., Dunn, B.L., and Goad, C. 2015. Use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted poinsettia (Euphorbia pulcherrima L. (Willd. ex Klotzsch)) production. Scientia Horticulture, 192: 47-53.
8. Carlson, T.N., and Ripley, D.A. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. Remote sensing of Environment, 62(3): 241-252.
9. Cordero, E., Moretti, B., Miniotti, E.F., Tenni, D., Beltarre, G., Romani, M., and Sacco, D. 2018. Fertilisation strategy and ground sensor measurements to optimise rice yield. European Journal of Agronomy, 99: 177-185.
10. Dunn, B., and Goad, C. 2015. Effect of foliar nitrogen and optical sensor sampling method and location for determining ornamental cabbage fertility status. HortScience, 50(1): 74-77.
11. Jones, C.L., Weckler, P.R., Maness, N.O., Jayasekara, R., Stone, M.L., and Chrz, D. 2007. Remote sensing to estimate chlorophyll concentration in spinach using multi-spectral plant reflectance. Transactions of the ASABE, 50(6): 2267-2273.
12. Raun, W.R., Johnson, G.V., Sembiring, H., Lukina, E.V., LaRuffa, J.M., Thomason, W.E., Phillips, S.B., Solie, J.B., Stone, M.L., and Whitney, R.W. 1998. Indirect measure of plant nutrients. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 29(11-14): 1571-1581.
13. Rouse, J.W., Hass, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., and Harlan, J.C. 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. In Type III, Final Report, 371. Greenbelt, Md.: NASA/GSFC.
14. Zheng, H., Li, W., Jiang, H., Liu, Y., Cheng, T., Tian, Y., Zhu, Y., Cao, W., Zhang, Y., and Yao, X. 2018. A comparative assessment of different modeling algorithms for estimating leaf nitrogen content in winter wheat using multispectral images from an unmanned aerial vehicle. Remote sensing, 10(12): 2026.

Monitoring nitrogen status of spinach using optical sensor GreenSeeker

Mehran Hashemi Jozani[1], Hossein Bagherpour[2*]

[1]MSc, graduated student, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2]*Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Abstract

Nutrient fertilizer (N) is one of the nutrients needed to grow this crop. Spinach has a very good response to nitrate fertilizer, as inadequate consumption of this fertilizer can reduce vitamin C and destroy plant health, waste fertilizer and environmental problems. Therefore, it should be used at the right time, place and amount. One of the non-destructive methods to assess the health or the N requirement of the plant is the use of the Normalized Vegetation Difference Index (NDVI) obtained from the GreenSeeker Sensor (GS). Therefore, estimation of N level and plant yield (biomass) of spinach crop using NDVI index are the main objectives of this study. In this study, experiments were conducted in a randomized complete block design with three repeats at the research farm of Bu Ali Sina University, Hamadan. Four fertilizer treatments N0, N75, N150 and N300 were used. At most growth stages, NDVI index was significantly correlated with N fertilizer treatment and plant yield. Therefore, it can be concluded that the GS sensor is a suitable device for detecting the amount of N fertilizer.

Keywords: greenness Index, spinach, non-destructive measurement, GreenSeeker,.

* Corresponding author
E-mail: h.bagherpour@basu.ac.ir