



ÍNDICES DE VEGETAÇÃO OBTIDO POR SENSOR HIPERESPECTRAL TERRESTRE NA IDENTIFICAÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA

FURLANETTO, R.H.¹; NANNI, M. R.¹; CRUSIOL, L.G. T.¹; OLIVEIRA JUNIOR, A. de²

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, *Campus* Maringá, Maringá, PR, renatohfurlanetto@hotmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja.

O Brasil situa-se entre os maiores produtores mundiais de soja atrás apenas do Estados Unidos. No âmbito nacional encontra-se os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás, como sendo os maiores produtores desta cultura (Conab, 2018). Dentre todos os fatores limitantes no aumento da produtividade da cultura da soja, o manejo nutricional tem-se tornado uma das maiores preocupações na produção mundial, visto que os solos são manejados inadequadamente, naturalmente de baixa fertilidade e, muitas vezes, realizadas adubações de maneira inapropriada o que tem contribuído para o surgimento de graves danos ambientais.

Entre todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta de soja, o íon potássio é terceiro elemento mais absorvido e com participação em inúmeros processos metabólicos da planta.

A deficiência de potássio leva a planta a diversos distúrbios fisiológicos, exibindo sintomas visíveis da falta deste elemento como, por exemplo, a clorose marginal das folhas mais velhas, menor porte, maior taxa de acamamento, entre outros, na qual comprometerá drasticamente a produtividade. Porém, muitas vezes, a deficiência encontra-se em um estado “oculto” não exibindo sintomas visíveis, tornando a identificação extremamente difícil em tempo hábil para a correção da fertilidade de potássio no solo, limitando a obtenção de maior produtividade.

Devido à dificuldade de identificação, há necessidade em buscar métodos rápidos e precisos para a sua caracterização com o objetivo de estabelecer o manejo adequado de fertilizantes que possa recuperar e/ou minimizar as perdas causadas.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi em verificar o potencial de utilização de índices de vegetação na identificação da deficiência de potássio na cultura da soja utilizando de um sensor não-imageador hiperespectral terrestre, avaliando plantas submetidas a condição ótima de suprimento do nutriente, condição de deficiência “leve” e deficiência “severa”.

A área de estudo compreendeu o experimento em campo de longa duração em fertilidade do solo com histórico em deficiência nutricional de potássio e fósforo, na safra da soja 2017/2018, localizado na EMBRAPA Soja, Rodovia Carlos João Strass - Distrito de Warta, Estado do Paraná, Brasil.

O experimento está implantado no delineamento em blocos completos ao acaso (DBC) com 4 blocos e 12 tratamentos, sendo a adubação (tratamentos) manejada de modo que possibilitam-se ampla variação na disponibilidade de fósforo e potássio no solo, sendo possível detectar sintomas visuais de deficiência nas plantas de forma combinada e isolada destes nutrientes. Os tratamentos avaliados compreenderam ao efeito isolado do potássio no solo, sendo estes: tratamento A (deficiência “severa”), B (deficiência “leve”) e C (sem deficiência).

As parcelas experimentais possuem dimensões de 4 x 20 metros com área total de 80 m² contendo 8 linhas de plantio. Foi utilizado a cultivar de soja BRS-1003 IPRO, semeada em 07/11/2017. As avaliações foram realizadas quando as plantas estavam no estágio de desenvolvimento V4, R2, R5.1 e R5.5, estabelecidos de acordo com a marcha de absorção apresentado por Oliveira Júnior et al., (2016). O sensor utilizado foi um espectrorradiômetro ASD Fieldspec 3 Jr, sensor hiperespectral com



resolução espectral de 3 nm entre 350 e 1400 nm e de 30 nm entre 1400 e 2500 nm, avaliando a resposta espectral de 21 plantas por parcela experimental, totalizando 252 leituras. Todas as avaliações foram realizadas em condição de céu limpo, sem interferências por nuvens.

Após, foram calculados os índices de vegetação (IV's), gerados a partir das bandas do espectro visível (vermelho e verde) e infravermelho próximo (NIR): NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*), RNIR (*Ratio between Red and Near-Infrared*), GNIR (*Ratio between Green and Near-Infrared*), RVI (*Ratio between Near-Infrared and Red*) e GRVI (*Ratio between Near-Infrared and Green*).

Os dados foram submetidos aos pressupostos básicos da ANOVA e realizado o teste de comparação múltipla de médias de Tukey, ao nível de probabilidade de erro de 5%.

Todos os índices de vegetação em todas as datas de avaliações atenderam aos pressupostos básicos da ANOVA, os resultados referentes ao teste de Tukey estão na Tabela 1.

A vegetação sadia em pleno vigor vegetativo, apresenta menor reflectância na faixa do espectro visível e alta reflectância no infravermelho próximo, consequentemente os IV's NDVI e GNDVI apresentam maiores valores quando comparados a plantas submetidas a estresse. Por outro lado, plantas estressadas apresentam aumento na reflectância na região do visível e diminuição no infravermelho próximo, resultando na diminuição do valor dos IV's que utilizam tais bandas espectrais. Esta característica foi observada quando as plantas estavam no estágio de desenvolvimento R5.1 e R5.5, porém, quando as mesmas estavam em V4 o comportamento oposto foi observado, sendo os maiores valores destes IV's observados para o tratamento A.

Navarro (2012) avaliou a relação do NDVI com potássio foliar em plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento, o autor concluiu que houve uma correlação positiva entre os mesmos nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta. Quando as plantas encontravam-se no início do estágio reprodutivo, o NDVI foi mais sensível à deficiência de potássio.

Com relação aos IV's GNIR e RNIR, que são produtos de razões simples entre bandas do espectro visível e do infravermelho próximo, apresentando uma relação inversa, sua principal característica, quando estudado em plantas mal nutridas, é por apresentarem maiores valores do que plantas nutricionalmente equilibradas.

De maneira análoga aos IV's NDVI e GNDVI, observou-se que as plantas do tratamento A apresentaram maiores valores para os IV's GNIR e RNIR, resultados condizentes com trabalhos na literatura.

Nota-se ainda que na primeira data de avaliação, quando as plantas estavam no estágio de desenvolvimento V4, todos os IV's avaliados apresentaram sensibilidade para diferenciar o tratamento mais bem adubado com potássio em relação aos tratamentos com deficiência. Esta diferenciação logo no início do desenvolvimento da planta, torna-se um grande aliado na identificação da anomalia antes das mesmas apresentarem sintomas visíveis da falta deste nutriente, contribuindo para o rápido manejo da adubação potássica.

Já quando as plantas estavam no estágio de desenvolvimento R2, nenhum IV's foi sensível o suficiente para diferenciar os tratamentos, sendo observado valores muito próximos dos IV's.

Por outro lado, nas demais datas de avaliações, ou seja, R5.1 e R5.5, foi possível obter a separação de todos os tratamentos através dos IV's. Observa-se maior diferença na amplitude entre o tratamento C em relação ao A, devido à grande diferença nutricional entre as parcelas experimentais. Estes estádios de desenvolvimento são caracterizados pela elevada taxa de acúmulo de potássio, sendo



o estágio R5.5 o ponto máximo da curva de absorção. Após este período, ocorre o início do declínio do acúmulo de nutrientes nas folhas e trifólios e início da concentração dos mesmos nos grãos (Oliveira Jr. et al. 2014 A).

Importante mencionar que o tratamento B, caracterizado pela deficiência “leve”, mesmo sem sintomas visíveis de deficiência, com a utilização da espectrorradiometria e produtos do sensoriamento remoto, foi possível a identificação em relação aos demais tratamentos estudados, demonstrando novamente, que os IV's são uma ferramenta extremamente útil para a rápida identificação de anomalias nas lavouras.

Deste modo, com base nos resultados obtidos, conclui-se que o espectrorradiômetro em nível de campo apresenta elevado potencial de utilização no estudo nutricional na cultura da soja, permitindo a geração de inúmeros IV's que melhor representa a condição de desenvolvimento das plantas.

Referências

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 5, safra 2017/18, n. 6, sexto levantamento. Brasília: Conab, fev. 2018. 129 p.

NAVARRO, M. M. **Sensing development of a soybean canopy under P or K nutritional stress**. 2012. 125 f. Dissertação (mestrado) - College of Agriculture at the University of Kentucky, Lexington.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; FOLONI, J. S. S. **Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 34., 2014, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 133-136.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; PEREIRA, L. R.; DOMINGOS, C. da S. **Estádios fenológicos e marcha de absorção de nutrientes da soja**. Paçandu: Fortgreen; Londrina: Embrapa Soja, 2016. 1 cartaz, color., 70 cm x 100 cm.

Tabela 1. Índices de vegetação obtido pelo espectrorradiômetro nas diferentes datas de avaliações na cultura da soja.

Índices de Vegetações	Tratamentos	Estádio de desenvolvimento			
		V4	R2	R5.1	R5.5
NDVI	A	0.672 a	0.670 a	0.688 c	0.623 c
	B	0.666 a	0.677 a	0.705 b	0.671 b
	C	0.648 b	0.673 a	0.713 a	0.705 a
GNDVI	A	0.642 a	0.645 a	0.671 c	0.611 c
	B	0.632 a	0.654 a	0.692 b	0.668 b
	C	0.609 b	0.649 a	0.702 a	0.710 a
GNIR	A	0.217 b	0.215 a	0.196 a	0.241 a
	B	0.225 b	0.208 a	0.181 b	0.198 b
	C	0.242 a	0.212 a	0.174 c	0.168 c
RNIR	A	0.195 b	0.197 a	0.184 a	0.232 a
	B	0.200 b	0.192 a	0.172 b	0.196 b
	C	0.212 a	0.195 a	0.167 c	0.172 c
RVI	A	5.110 a	5.062 a	5.418 c	4.315 c
	B	4.996 a	5.213 a	5.787 b	5.099 b
	C	4.698 b	5.129 a	5.977 a	5.798 a
GRVI	A	4.599 a	4.648 a	5.089 c	4.147 c
	B	4.442 a	4.817 a	5.501 b	5.040 b
	C	4.125 b	4.710 a	5.734 a	5.919 a

¹Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível α de 5% de probabilidade de erro.

²O maior coeficiente de variação observado foi de 5,32% e o menor 0,32%.