

不同施肥种类对大豆叶片光谱及叶绿素含量的相关性分析

申晓慧

(黑龙江省农业科学院 佳木斯分院,黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:为准确测定叶绿素含量,以大豆品系 2146-7 为试材,采用随机区组设计方法,研究不同施肥方式对大豆叶片光谱与叶绿素含量的相关性。结果表明:光谱反射率大小为:不施肥处理>常规施肥处理>有机肥处理+常规施肥处理;在可见光 710 nm 处有一个叶绿素反射吸收谷;叶片叶绿素含量与光谱植被指数 mSR_{705} 、 mND_{705} 和 $PSSR_c$ 具有极显著相关性。

关键词:大豆;叶片;光谱反射率;植被指数

中图分类号:S565.106.2

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)01-0034-03

利用作物的光谱特性对其营养状况实时监测和快速诊断一直是精准农业中的研究热点^[1]。大豆是重要的油料作物,国外研究大豆光谱特征及其生物物理和化学参数反演的报道很多。通过光谱反射率对大豆长势监测和遥感估产已经成为一种重要手段^[2-3]。该研究的目的是在不同肥料条件下,利用相关分析研究光谱植被指数与叶绿素含量的关系,为利用反射光谱数据来估算大豆叶片叶绿素含量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012 年在黑龙江省农业科学院佳木斯分院试验地进行,土壤类型为草甸黑土,土壤有机质含量 $3.16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 $108.40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $92.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $163.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、pH 6.4。

1.2 材料

供试大豆品系为 2146-7。供试仪器设备有英国产的 UniSpec 植物生理-光谱分析仪,该仪器能测定的波段值为 $310 \sim 1\,130 \text{ nm}$,美国产的 SPAD 叶绿素仪,测定精度为 $\pm 1.0 \text{ SPAD}$ 单位(室内 SPAD 的读数在 $0 \sim 50$)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设 3 个施肥处理:(I)无肥、(II)常规施肥(氮、磷、钾分别为 90 、 120 、 $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)、(III)有机肥($3\,000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) + 常规施肥。随机区组排列,3 次重复。10 行小区,行长 6 m,行距 0.45 m,南北垄向,小区面积 24 m^2 。

1.3.2 测定项目及方法 在花期、结荚期及成熟期的大豆活体上进行叶片光谱反射率和叶绿素含量的测定,测定位置为倒三叶,测量时间为 9:00~11:00 及 13:30~15:00。数据采集前对光谱仪和

表 1 植被指数

Table 1 Summary of the vegetation indexes

植被指数 Vegetation indexes	定义 Definition	出处 Source
PSSRa	R_{800}/R_{680}	Blackburn et al. [4]
PSSRc	R_{800}/R_{470}	Blackburn et al. [4]
mSR_{705}	$(R_{750} - R_{445}) / (R_{705} - R_{445})$	Sims Gamon et al. [5]
mND_{705}	$(R_{750} - R_{705}) / (R_{750} + R_{705} - 2R_{445})$	Sims Gamon et al. [5]
PSSRb	R_{800}/R_{700}	Blackburn et al. [4]
PSSRd	R_{800}/R_{640}	Blackburn et al. [4]

叶绿素仪进行标准校正,光谱测量采用 5 点重复,求平均数;叶绿素测量叶面积大小为 $2 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$,采用 3 点重复,求平均数。不同植被指数由各光谱不同位点光谱反射率比值所得(见表 1)

收稿日期:2013-08-15

作者简介:申晓慧(1980-),女,吉林省扶余县人,硕士,助理研究员,从事作物工程研究。E-mail: xiaohuishen @ 126.com。

2 结果与分析

2.1 不同施肥种类的大豆叶片 3 个生育时期的光谱反射率变化

从图 1(A、B、C)可看出,在无肥、常规施肥、有机肥+常规施肥 3 种不同施肥条件下,大豆花期、结荚期、成熟期的叶片光谱反射率变化趋势基本一致。在可见光波段 680~700 nm 处光谱有一特征谷,在不同施肥条件下,光谱的反射强度不同,在 760~1 000 nm 的近红外区域,光谱曲线趋于平稳,说明此波段的叶绿素吸收率较低。在可见光波段,生育前期大豆叶片光谱的反射率均是无肥处理的反射率高于有机肥和氮肥处理的光谱反射率,说明施肥能使叶片吸收更多光,有利于光合作用和大豆的生长,图 1A 是大豆花期叶片光谱反射率情况,图中在 310~710 nm 和 1 010~1 110 nm 处,光谱反射率为:无肥处理>常规施肥+有机肥处理>常规施肥处理,说明施肥处理的叶绿素含量比无肥处理的叶绿素含量高;图 1B 是结荚期大豆叶片光谱反射率情况,此时期是大豆最关键的时期,是进行光合作用和养分积累最多、最快的时期,由于施肥种类的不同,大豆叶片

光谱反射率表现出明显差异,不施肥处理的光谱反射率明显高于施肥处理,且施用常规施肥方式处理的反射率高于有机肥+常规施肥处理,结荚期叶片光谱反射率变化反映出了大豆对肥料的需求规律。图 1C 是鼓粒期大豆叶片光谱的反射情况,施肥处理的光谱反射率高于无肥处理的反射率,而 2 个施肥处理的反射率基本相同,原因可能是生育后期,大豆由营养生长向生殖生长加速,营养迅速向豆荚运输,施肥处理的豆荚生长得更加茂盛,养分向叶片供应得较少,叶绿素合成逐渐下降,所以施肥处理叶片的光谱反射率比无肥处理的叶片光谱反射率高,到 780 nm 之后更明显。

综上所述,生育前期,肥料对大豆叶片光谱的反射率影响比较明显,尤其是在近红外光区和可见光区,无肥处理的叶片光谱反射率明显高于施肥处理;生育后期与其相反,从营养学上来说,由于结荚期是养分利用最大效率期,因此,结荚期的光谱反射率不同处理之间非常明显,所以说结荚期可以作为大豆光谱营养诊断监测的一个敏感时期。

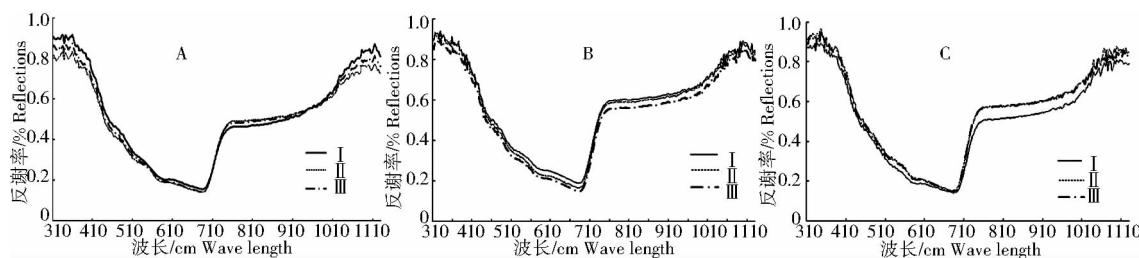


图 1 3 种施肥条件下不同生育时期的大豆叶片光谱反射率

A. 花期;B. 结荚期;C. 鼓粒期

Fig. 1 Spectral reflections of leaves under three kinds of fertilizer at different stages of soybean

A. Flowering stage;B. Podding stage;C. Seed filling

2.2 光谱植被指数与叶绿素含量的相关性分析

由表 2 可以看出,从花期、结荚期到鼓粒期,在花期和结荚期,mSR705 与叶绿素含量呈极显著正相关,鼓粒期 mSR705 与叶绿素含量呈正相关,除了不施肥处理条件下,鼓粒期的植被指数 mND705 与叶绿素含量不相关外,其它各处理的植被指数 mND705 与叶片叶绿素含量均呈极显著正相关;这可能是由于试验误差或是植株在无肥条件下,单株个体营养供应不足等原因造成,植

被指数 PSSRb 在各生育时期的无肥与常规施肥+有机肥条件下与叶绿素含量呈极显著正相关,PSSRa 在大豆花期与叶绿素含量呈极显著正相关,植被指数 PSSRc 与各生育时期的叶绿素含量均呈极显著负相关;而 PSSRd 与大豆叶片叶绿素含量均不相关,试验证明,可以通过 mSR705、mND705 和 PSSRc 的预算与检测对叶片叶绿素含量进行估算。

表 2 不同施肥条件下各生育时期光谱植被指数与叶绿素含量的相关性分析

Table 2 Correlation coefficient between vegetation indexes of leaves spectra and chlorophyll of soybean under different periods and fertilizers

生育期 Growth period	处理 Treatments	植被指数 Vegetation indexes					
		mSR ₇₀₅	mND ₇₀₅	PSSRb	PSSRd	PSSRa	PSSRc
花期 Flowering stage	I	0.836 **	0.956 **	0.899 **	-0.260	0.889 **	-0.981 **
	II	0.892 **	0.878 **	0.751	-0.397	0.925 **	-0.945 **
	III	0.973 **	0.891 **	0.985 **	-0.451	0.897 **	-0.987 **
结荚期 Podding stage	I	0.942 **	0.871 **	0.891 **	-0.276	0.526	-0.892 **
	II	0.876 **	0.856 **	0.783	-0.359	0.665	-0.859 **
	III	0.926 **	0.921 **	0.987 **	-0.453	0.898 **	-0.879 **
鼓粒期 Seed filling	I	0.834 *	0.737	0.862 **	-0.365	0.445	-0.912 **
	II	0.884 *	0.896 **	0.681	-0.348	0.678	-0.848 **
	III	0.784 *	0.881 **	0.889 **	-0.461	0.897 **	-0.985 **

注：* 和 ** 分别表示差异显著性达 0.05 和 0.01 水平。

Note: * and ** mean significant difference at 0.05 and 0.01 level respectively.

3 结论

大豆花期和结荚期叶片光谱反射率是不施肥处理高于施肥处理,随着生育时期的推进,到成熟期时,大豆叶片光谱反射率为施肥处理高于不施肥处理。在不同施肥种类处理中,可见光波段各生育时期具有明显的特征谷;此外,由于结荚期是大豆进行光合作用最强和养分吸收利用最快速的时期,成为叶片反射光谱上表现需肥营养的最敏感时期。叶片叶绿素含量与所测的植被指数的相关性为:mND705、mSR705 和 PSSRc 与大豆叶片叶绿素含量具有显著的相关性,PSSRd 与叶绿素含量不相关,PSSRa 在花期 3 种施肥条件下和结荚期及鼓粒期的有机肥+常规施肥处理下与叶绿素含量呈极显著正相关,PSSRb 在不同时期的不

同肥料处理下与大豆叶片叶绿素含量相关关系没有规律性。

参考文献:

- [1] 金继运,白由路.精准农业与土壤养分管理[M].北京:中国大地出版社,2001:10-15.
- [2] 唐延林,黄敬峰,王人潮,等.水稻遥感估产模拟模式比较[J].农业工程学报,2004,21(1):166-171.
- [3] 唐延林,黄敬峰,王人潮.水稻不同发育时期光谱与叶绿素和类胡萝卜素的变化规律[J].中国水稻科学,2004,18(1):59-66.
- [4] Pu R L, Gong P. Wavelet transform applied to EO-1 hyper-spectral data for forest LAI and crown closure mapping[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 91: 212-224.
- [5] Myneni R B, Hall F G, Sellers P J. The interpretation of special vegetation indexes[J]. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 1995, 33: 481-486.

Correlation Analysis of Chlorophyll Content and Spectral Characteristics of Soybeans Leaves under Different Fertilizer Treatments

SHEN Xiao-hui

(Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154007)

Abstract: In order to determinate the chlorophyll content accurately, taking soybean strain 2146-7 as material, using randomized block design method, correlation analysis about chlorophyll content and spectral characteristics of soybean leaves under different fertilizer treatmens were researched. The results showed that spectral reflectance was without fertilizer > conventional fertilizer > organic fertilizer and conventional fertilizer, there was a chlorophyll absorption valley in 710 nm of visible light; there was significant correlation on content of chlorophyll and spectral vegetation indexes such as mSR705, mND705 and PSSRc.

Key words: soybean; leaf; spectral reflection; vegetation index