

基于预设 SPAD 阈值的花生氮肥施用效果研究

邱才飞,邵彩虹,彭春瑞,钱银飞,陈金,关贤交,谢江

(江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所/国家红壤改良工程技术研究中心/
农业部长江中下游作物生理生态与耕作重点实验室,江西 南昌 330200)

摘要:为利用花生叶片 SPAD 值进行实时、无损诊断花生生长过程中的氮素丰缺,指导花生合理施用氮肥,试验通过设定花生出苗后 30、45、60、75 d 和 90 d 倒 3 叶的 SPAD 值,分别将 SPAD 值按各时间段在 30~33、38~41、42~45、44~47 和 43~46 每隔 1 个点值预设一种施氮方案,共 3 种方案(分别以 S_{N-1} 、 S_{N-2} 和 S_{N-3} 表示),探究不同氮素管理方案对花生的自身固氮力、氮素利用效率和产量的影响效果。研究结果显示,3 种方案中, S_{N-3} 阈值设定过高,不利于花生的生长, S_{N-1} 和 S_{N-2} 的阈值设定方案较合理,均可促进花生根瘤生长,提高氮素利用效率和产量。其中, S_{N-1} 的阈值设定最佳,与常规施肥比较, S_{N-1} 的花生单株根瘤量和单个根瘤重分别增加 17.65% 和 4.35%,氮素利用效率和氮素农学利用效率分别提高 19.36 和 3.99 个百分点,花生产量增加 12.95%。因此, S_{N-1} 方案的 SPAD 预设值可以作为花生栽培过程中各生育时段的氮素丰缺阈值。

关键词:SPAD 阈值;花生;氮肥;根瘤;氮素利用效率;产量

中图分类号:S565.3;S143.1 **文献标志码:**A

Effect of nitrogen fertilization on peanut growth based on the preset SPAD threshold

QIU Cai-fei, SHAO Cai-hong, PENG Chun-rui, QIAN Yin-fei, CHEN Jin, GUAN Xian-jiao, XIE Jiang

(Institute of Soil, Fertilizer, Resources, and Environment, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences/National Engineering and Technology Center for Red Soil Improvement/Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System for the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, P.R.China, Nanchang, 330200, China)

Abstract: To explore the use of peanut leaf SPAD value to estimate nitrogen status of peanuts in real-time and non-destructive diagnosis for guiding nitrogen fertilization of peanut, we preset the third leaf SPAD value after peanut emergence at 30, 45, 60, 75 d, and 90 d, and designed SPAD corresponding N fertilization for days of 30~33, 38~41, 42~45, 44~47 d, and 43~46 d. There was 3 designs as S_{N-1} , S_{N-2} , and S_{N-3} . We also studied the effect of different nitrogen management programs on peanut nitrogen fixation, nitrogen use efficiency, and its yield. The results showed that, S_{N-3} threshold was set too high so it was not conducive to the peanut growth. The S_{N-1} and S_{N-2} were more optimal and promoted peanut N-fixation nodule growth, improved N efficiency and peanut yield. Comparing with the conventional fertilization, the SPAD threshold for S_{N-1} design was the best and resulted in 17.65% and 4.35% increases in single nodule volume and weight of peanut root, respectively and 19.36% and 3.99% increase in N use efficiency and N agronomic use efficiency, 12.95% increase in peanut yield. Therefore, the preset SPAD value for S_{N-1} can be used as N management guidance at each growth stage of peanut production in the region.

Keywords: SPAD threshold; peanuts; nitrogen fertilizer; N-fixation nodules; N use efficiency; peanut yield

花生为豆科作物,具有自身固氮能力,但其通过根瘤所固定的氮量不能完全满足花生生产的需要,必需外施氮肥补充。虽然,外施氮肥可以有效

提高花生产量,且在一定用量范围内,产量随着施氮量的增加而增加,但也存在氮肥施用量越多,花生自身的固氮能力越弱^[1-2],氮肥的利用率越低,氮

素流失加重的现象^[3-5]。而氮肥的大量流失又会直接造成水体和空气的污染,对生态环境产生不利影响。为减少氮肥的损失,国内外科技工作者通过实时检测植物养分丰缺的手段,精确制定施肥方案,来提高氮肥在植物体内的利用效率^[6-7]。由于 SPAD 值和叶片氮素浓度之间具有显著的线性相关性^[8-10],利用叶绿素计 (SPAD 仪) 实时实地监测作物生长过程中的所有氮素源的氮素利用状况,指导作物氮素的施用较其它方式具有更加便捷、快速的优势,在水稻^[11-13]、小麦^[14-15]、棉花^[16-17]、玉米^[18-19]、马铃薯^[20-21]、烟草^[22-23]等多种主要作物中得到应用,且均取得较好的效果。然而,该项技术在花生、大豆等豆科作物生产上的应用却鲜见报道。花生作为重要的油料作物,氮素利用的特点与其它作物有较大差异,外施氮肥与自身固氮之间的动态平衡较难掌握,而利用花生叶片 SPAD 值来动态诊断花生生产中各生育时期的氮素丰缺具有较强的可行性^[8,24-25]。因此,在不牺牲产量和环境为代价的条件下,为使花生的产量、施氮量、自身固氮力和环境保护之间达到平衡,实现花生自身固氮力和外施氮肥利用率的同步提高,有必要研究花生生产中表征氮素丰缺的适宜 SPAD 阈值。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在江西省进贤县罗溪镇进行,供试田块平整,面积 0.1 hm²。试验地土壤为第四纪红色粘土,耕层土壤(0~20 cm)基础养分含量分别为:有机质 10.1 g·kg⁻¹,pH 值 5.26,全 N 0.997 g·kg⁻¹,全 P 0.66 g·kg⁻¹,全 K 10.7 g·kg⁻¹,碱解 N 90.9 mg·kg⁻¹,有效 P 25.2 mg·kg⁻¹,速效 K 120 mg·kg⁻¹。

1.2 试验材料和设计

以花生品种赣花 1 号为供试材料,设 5 个处理,

即习惯施氮 (CK),S_{N-1},S_{N-2},S_{N-3} 和无氮肥 (N₀) 处理,总施肥量以 N 225 kg·hm⁻²,P₂O₅ 150 kg·hm⁻² 和 K₂O 225 kg·hm⁻² 为基数,其中,CK 的 80% N、K₂O 作基肥 (均为 180 kg·hm⁻²),磷肥 100% 作基肥,20%N、K₂O 作苗肥 (花生 4 片真叶时施用,均为 45 kg·hm⁻²);N₀ 处理和 S_{N-1},S_{N-2},S_{N-3} 处理及 CK 的磷、钾施用方式和用量一致,S_{N-1},S_{N-2},S_{N-3} 氮肥的用量在测定值低于下阈值的情况下每减低 1 个点追施纯氮 22.5 kg·hm⁻²,高于上阈值则每增加 1 个点减施纯氮 22.5 kg·hm⁻²,在上下阈值之间则按基肥:苗肥:花针肥:荚果肥=4:3:2:1 施用,阈值设定见表 1。试验小区面积 30 m²,4 次重复。

1.3 田间管理

试验于 2015 年 4 月 15 日左右结合整地,各小区按试验设计施用基肥,4 月 20 日左右播种花生,播种方式为穴播,每穴两粒,穴距 20 cm×33.3 cm,播后盖土 3~4 cm,并用乙草胺 900~1 500 ml·hm⁻² 兑水 750 kg·hm⁻²,充分乳化后均匀喷洒畦面,花生出苗后进行查漏补缺,同时开好三沟,注意排水,8 月 18 日收获。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 花生叶片 SPAD 值及施氮量记载 分别于花生出苗后 30、45、60、75 d 和 90 d,每小区选择 20 莢,用日本产 SPAD-502 仪测定主茎倒 3 叶的 SPAD 值,测定时要对花生复叶的 4 片小叶中部分别测定 (避开叶脉),平均后为复叶的 SPAD 值,并记录追施的氮肥量。

1.4.2 干物质及含氮量测定 分别于花针期、结荚期、饱果期和成熟期测定花生根系、茎叶和花生果的干物重,并用凯氏定氮法测定成熟期花生各部位全氮含量。

1.4.3 根瘤量的测定 花生成熟期每小区分别取 10 丛测定不同处理花生根瘤的个数和重量。

表 1 不同处理倒 3 叶的上下阈值设定

Table 1 Upper and lower thresholds for top third leaf of different treatments

处理 Treatment	出苗后 30 d 30 d after emergence	出苗后 45 d 45 d after emergence	出苗后 60 d 60 d after emergence	出苗后 75 d 75 d after emergence	出苗后 90 d 90 d after emergence
CK	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement
S _{N-1}	上:31;下:30 U:31;L:30	上:39;下:38 U:39;L:38	上:43;下:42 U:43;L:42	上:45;下:44 U:45;L:44	上:44;下:43 U:44;L:43
S _{N-2}	上:32;下:31 U:32;L:31	上:40;下:39 U:40;L:39	上:44;下:43 U:44;L:43	上:46;下:45 U:46;L:45	上:45;下:44 U:45;L:44
S _{N-3}	上:33;下:32 U:33;L:32	上:41;下:40 U:41;L:40	上:45;下:44 U:45;L:44	上:47;下:46 U:47;L:46	上:46;下:45 U:46;L:45
N ₀	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement	实测 Actual measurement

1.4.4 取样考种 成熟期每处理选择 5 丛有代表性的植株用于考种,各小区实收计产(成熟期考种样计入产量)。

1.5 数据统计方法

测定数据使用 Excel 2013 软件和 DPS 7.5 数据处理系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥方案对花生叶片 SPAD 值的影响

对各方案的 SPAD 值测定结果显示(图 1),在花生出苗后的 30 d 和 45 d,习惯施肥的 SPAD 值最大,在 30 d 时较 S_{N-1} 、 S_{N-2} 、 S_{N-3} 的值分别增加了 1.20、1.24 和 1.12,三方案之间比较接近,在 45 d 时,期间受二次施肥的影响,较 S_{N-1} 、 S_{N-2} 、 S_{N-3} 的值分别增加了 2.10、1.48 和 0.54,三方案之间出现了较大的差别,且和 S_{N-3} 的差异最小,在 60 d 时,除 S_{N-1} 的 SPAD 值低于 43 外, S_{N-2} 、 S_{N-3} 和习惯施肥均在 43~44 之间,差别不大,到 75 d 及以后,受三、四次施肥的影响,习惯施肥的 SPAD 值均最低,各处理间也出现差异,其中,以 S_{N-3} 的最高,在 75、90 d 和 105 d 分别较习惯施肥增加 1.98、1.90 和 1.56,而 S_{N-1} 和 S_{N-2} 基本在一个范围内波动,但 S_{N-2} 在三个时期的 SPAD 值均高于 S_{N-1} 。

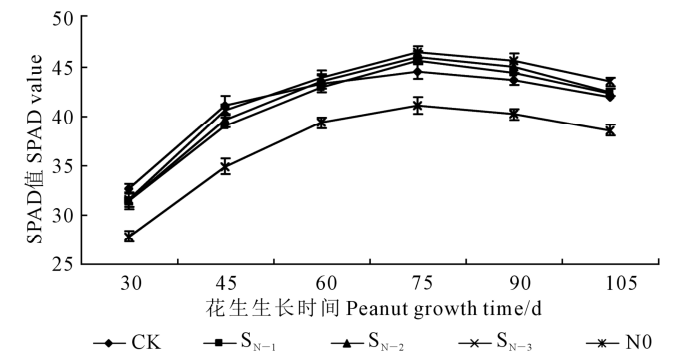


图 1 不同施肥方案的花生各生长时段 SPAD 值
Fig.1 SPAD value of peanut leaves at different growth stages under different treatments

2.2 不同施肥方案的花生施肥时间及施氮量

按试验设计的处理记载花生不同时期的氮肥施用时间及施肥量,从表 2 的结果可以看出, S_{N-1} 、 S_{N-2} 、 S_{N-3} 的氮肥按设定的 SPAD 值施用,分别需要施用 3 次、4 次和 4 次,较习惯施肥增加 1~2 次,且增加施用时间在花生出苗后的 60 d 和 90 d,施氮量分别为 180、225 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 270 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,分别较习惯施肥减少 20%、持平 and 增加 20%。

2.3 不同施肥方案对花生干物质的影响

不同施肥方案对花生各时期的干物质积累影响较大,从表 3 的结果可以看出,习惯施肥在花针期以前的根系生长量、茎叶量和花针荚果重最大,其次为 S_{N-3} ,相对较少的为 S_{N-2} 和 S_{N-1} ,结荚期、饱果期和成熟期的根量、茎叶量大小为 $S_{N-3}>S_{N-2}>S_{N-1}>$ 习惯施肥>无氮肥,而花针及荚果重的大小在结荚期和饱果期为 $S_{N-2}>S_{N-1}>$ 习惯施肥> $S_{N-3}>$ 无氮肥,成熟期的花针荚果重则为 $S_{N-2}>$ 习惯施肥> $S_{N-1}>S_{N-3}>$ 无氮肥,从地上部和地下部的干物质质量比例来看,在整个生育期 S_{N-1} 的比值均最大,其次为 S_{N-2} ,而施氮量较大的习惯施肥和 S_{N-3} 的较小。

2.4 不同施肥方案对花生根瘤生长的影响

不同施肥方案对花生根瘤的生长也有较大的影响,从表 4 的结果可以看出,根瘤数、根瘤重最大的均为 S_{N-1} ,其它依次为 $S_{N-2}>$ 习惯施肥> $S_{N-3}>$ 无氮肥。其中, S_{N-1} 较习惯施肥的主根和侧根的根瘤分别增加 9.84% 和 15.34%,单株主根根瘤重和侧根根瘤重分别增加 14.29% 和 20.00%。根瘤的固氮不仅受根瘤数的影响,而且与根瘤的大小也有关,对单个根瘤的大小比较其重量可以发现,主根和侧根的平均单个根瘤重最大的也为 S_{N-1} ,较习惯施肥主根和侧根的单根瘤重分别增加 4.06% 和 4.76%,其它为 $S_{N-2}>$ 习惯施肥> $S_{N-3}>$ 无氮肥。

2.5 不同施肥方案的花生产量及经济性状

不同施肥方案对花生的产量及其经济性状的影响

表 2 不同施肥方案的施肥时间及施氮量

Table 2 The time and quantity of N fertilization under different treatments

处理 Treatment	基肥 Base fertilizer /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	出苗后 30 d 30 d after emergence /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	出苗后 45 d 45 d after emergence /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	出苗后 60 d 60 d after emergence /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	出苗后 75 d 75 d after emergence /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	出苗后 90 d 90 d after emergence ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	总 N 量 Total N /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
CK	180	45	0	0	0	0	225
S_{N-1}	90	45	0	45	0	0	180
S_{N-2}	90	67.5	0	45	0	22.5	225
S_{N-3}	90	90	0	67.5	0	22.5	270
N_0	0	0	0	0	0	0	0

表 3 不同施肥方案对花生干物质质量的影响

Table 3 Effect of different treatments on dry matter weight of peanut

花生生长期 Peanut growing period	施肥方案 Fertilization	根量/(g·株 ⁻¹) Root biomass /(g·plant ⁻¹)	茎叶量/(g·株 ⁻¹) Stem and leaf weight /(g·plant ⁻¹)	花针荚果重/(g·株 ⁻¹) Weight of flower needle and pod/(g·plant ⁻¹)	地下部/地上部 Ratio of underground and aboveground parts
花针期 Flowering stage	CK	0.91a	8.96a	2.62a	0.3934
	S _{N-1}	0.86c	7.68b	2.23ab	0.4020
	S _{N-2}	0.88b	8.21ab	2.41a	0.4004
	S _{N-3}	0.90ab	8.82ab	2.60a	0.3965
	N ₀	0.79d	6.22c	1.72b	0.4027
结荚期 Pod period	CK	1.06a	11.89a	4.32a	0.4527
	S _{N-1}	1.07a	11.79a	4.50a	0.4720
	S _{N-2}	1.09a	12.11a	4.58a	0.4682
	S _{N-3}	1.11a	11.68a	4.15a	0.4495
	N ₀	1.04a	7.57b	2.17b	0.4234
饱果期 Pod filling period	CK	1.05a	10.40a	7.70a	0.7447
	S _{N-1}	1.07a	10.65a	8.02a	0.7592
	S _{N-2}	1.09a	10.95a	8.09a	0.7465
	S _{N-3}	1.08a	11.79a	7.70a	0.6597
	N ₀	0.97b	7.23b	4.54b	0.6235
成熟期 Ripen stage	CK	1.00ab	9.60b	10.65ab	1.0042
	S _{N-1}	1.03a	10.04b	10.14bc	1.0130
	S _{N-2}	1.05a	10.18b	11.19a	1.0049
	S _{N-3}	1.06a	11.56a	9.61c	0.8364
	N ₀	0.94b	6.95c	5.25d	0.7459

注:同列不同字母表示处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著,下同。
Note: Different letters indicate significant difference in $P<0.05$ level in the same column, the same below.

表 4 不同施肥方案的花生根瘤生长情况

Table 4 Growth of N-Fixation nodules under different treatments

处理 Treatment	根瘤数(个·株 ⁻¹) Nodule number per plant		根瘤重/(g·株 ⁻¹) Nodule weight/(g·plant ⁻¹)		单个根瘤重/mg Single nodule weight	
	主根 Main root	侧根 Lateral root	主根 Main root	侧根 Lateral root	主根 Main root	侧根 Lateral root
CK	113.8a	237.2a	0.14a	0.20b	1.23a	0.84abc
S _{N-1}	125.0a	273.6a	0.16a	0.24a	1.28a	0.88a
S _{N-2}	116.0a	246.0a	0.14a	0.21ab	1.21a	0.85ab
S _{N-3}	99.6a	161.6b	0.11b	0.13c	1.10b	0.80bc
N ₀	66.0b	63.2c	0.07c	0.05d	1.06b	0.79c

响也不同,从表 5 的花生经济性状和产量结果可以看出,产量最高的为 S_{N-2},较习惯施肥处理增产 414.00 kg·hm⁻²,增产幅度为 14.07%,其次为 S_{N-1},较习惯施肥处理增产 381.00 kg·hm⁻²,增产幅度为 12.95%,两施肥处理与习惯施肥的产量差异达极显著水平,但两施肥处理之间的差异不显著。S_{N-3} 施肥方案与习惯施肥的产量较为接近,均较不施肥处理有极显著的提高。从花生的经济性状来看,S_{N-1} 和 S_{N-2} 的单株结果数、结实率、百粒重、单株仁数、百仁重和出仁率均较习惯施肥高,两施肥方案之间比较,S_{N-1} 的结实率、百仁重和出仁率稍高,S_{N-2} 的单株结果数、百粒重表现较好。

2.6 不同施肥方案对花生氮吸收及氮素利用效率的影响
评价不同施肥方案的优劣除产量指标外,同时

要考虑对环境的作用及单位肥料的报酬,从表 6 的结果可以看出,单株氮肥吸收量最高的为 S_{N-3},其它依次为 S_{N-2}>S_{N-1}>习惯施肥>无氮肥,与施氮量具有较好的相关性(相关系数 0.96**)。花生氮素利用效率的结果表明,氮素表观利用率、氮素生理效率、氮素农学利用效率和氮素偏生产力均以 S_{N-1} 的表现最好,分别较对照提高了 19.36、1.38、3.99 和 5.39 个百分点,而施肥量相同,但施肥方式不同的 S_{N-2} 和习惯施肥比较,其各项利用率分别增加 9.67、0.67、1.84 和 1.84 个百分点,S_{N-3} 在四个施肥方案中的氮利用率最低。

3 讨论与结论

利用 SPAD 值来判断作物氮素丰缺被认为是一种无损、简便和快速的方法,Uddling 等^[24]发现,马铃

表 5 不同施肥方案的花生经济性状和产量

Table 5 Economic characters and yield of peanut under different treatments

处理 Treatment	果数/(粒·株 ⁻¹) Fruit number per plant	结实率/% Rate of seed-setting	百粒重/g 100 grain weight	仁数/(粒·株 ⁻¹) Kernel number per plant	百仁重/g 100 kernel weight	出仁率/% Kernel rate	产量/(kg·hm ⁻²) Yield
CK	10.91a	64.71a	138.78b	18.00b	41.03a	70.38ab	2943.00b
S _{N-1}	11.53a	66.29a	143.89a	20.33a	41.52a	71.39a	3324.00a
S _{N-2}	11.71a	66.18a	144.34a	20.34a	41.48a	71.26a	3357.00a
S _{N-3}	10.45a	65.14a	142.62a	16.88b	39.52b	69.84b	2911.00b
N ₀	6.15b	58.76b	116.25c	8.56c	33.76c	65.58c	1251.50c

表 6 不同施肥方案的花生吸氮量及氮素利用效率

Table 6 Nitrogen uptake and N use efficiency under different treatments

施肥方案 Fertilization	总吸 N 量/(mg·株 ⁻¹) Total absorption N /(mg·plant ⁻¹)	氮素表观利用率 Apparent utilization rate of nitrogen/%	氮素生理效率 N physiological efficiency /(kg·kg ⁻¹)	氮素农学利用效率 N agronomic efficiency /(kg·kg ⁻¹)	氮素偏生产力 N partial productivity /(kg·kg ⁻¹)
CK	577.72	43.70	17.20	7.52	13.08
S _{N-1}	628.37	63.06	18.58	11.51	18.47
S _{N-2}	642.76	52.37	17.87	9.36	14.92
S _{N-3}	679.28	47.70	12.89	6.15	10.78
N ₀	249.99	—	—	—	—

注:(1)氮素表观利用率=(施氮处理吸氮量-不施氮处理吸氮量)/施氮量×100%;(2)氮素生理效率=(施氮处理籽粒产量-不施氮处理籽粒产量)/(施氮处理吸氮量-不施氮处理吸氮量);(3)氮素农学利用效率=(施氮处理籽粒产量-不施氮处理籽粒产量)/施氮量;(4)氮素偏生产力=施氮处理籽粒产量/施氮量。

Note: (1) Apparent N utilization rate = (N uptake by N treatment- N uptake by no N treatment)/ N application amount×100%; (2) N physiological efficiency = (Grain yield under N application - Grain yield under no N application)/(N uptake by N treatment- N uptake by no N treatment); (3) N agronomic efficiency=(Grain yield under N application - Grain yield under no N application)/ N application amount; (4) N partial productivity = Grain yield under N application/ N application amount.

薯叶片的 SPAD 值与叶片含氮量呈正相关,邱才飞等^[8]也发现施氮水平与花生叶片 SPAD 值和叶片含氮量之间呈显著的线性相关,并认为主茎倒 3 叶是氮素诊断的理想叶位。说明选择合适的叶位测定是利用 SPAD 值判断作物需氮情况的关键。于亚利^[9]、胡昊^[14]、屈卫群^[16]、赵天成^[26]等分别对春玉米、小麦、棉花和水稻的研究结果发现,同一作物在不同生育时期的叶片 SPAD 值之间存在显著差异,说明在作物的不同生育时期不能使用一个 SPAD 值标准,应分别确定各阶段的判定值。陈百翠等^[27]认为马铃薯块茎形成期 SPAD 临界值为 45.16,块茎膨大期 SPAD 临界值为 44.00,淀粉积累期 SPAD 临界值为 44.14;贺广生等^[23]也发现烤烟品种 K326 在 SPAD 阈值 40.50~43.00 的范围内能获得较高的干物质、氮素积累和产质量。董鹏等^[28]则发现利用 SPAD 值进行氮素管理比常规施肥可以提高氮肥利用率 27.80%。本试验是在南方红壤旱地条件下,依据花生品种特性和土壤养分背景,并以花生高产栽培中各生育时期的 SPAD 值测定结果为依据,预设花生生育各时间段倒 3 叶片的 SPAD 上下阈值,制定氮肥施用方案,以期实行花生氮肥实时精确管理。

试验结果显示,不同的施肥方案中,采用 SPAD 阈值进行氮肥推荐的 S_{N-1}和 S_{N-2}方案,其产量和氮肥的利用效率较常规施肥有显著的增加,且两者产量差异较小,但 S_{N-1}的氮肥施用量较 S_{N-2}降低 20%,氮素利用效率有较大的提高。由于花生根瘤的生长量和大小可以间接反映花生自身固氮能力,从根瘤生长来看,S_{N-1}方案的根瘤量和单个根瘤数均较对照和其它施肥方案均有所增加,在施氮量减少的情况下,依然较对照增产 12.95%。因此,在本试验条件下,可将 S_{N-1}方案的 SPAD 预设值作为赣花 1 号高产栽培过程中各生育时段的氮素施用的判断标准。然而,S_{N-1}方案预设 SPAD 阈值在花生生产上要实现大面积推广应用则还有较多的问题需要搞清楚。刘井良等^[29]发现黑麦草品种之间 SPAD 值差异显著,汪华等^[30]也认为在应用 SPAD 计诊断氮肥施用量时,需要根据不同的水稻品种,针对水稻生长的生理周期采用不同的 SPAD 阈值,来指导氮肥的施用;而蔡红光等^[31]则发现春玉米品种叶片 SPAD 值主要受氮肥水平影响,且因土壤肥力而变异;李俊霞等^[32]认为玉米 SPAD 值来源于氮水平的变异远高于品种。同理,在花生生态环境、品种和

土壤养分状况改变的条件下, S_{N-1} 方案的 SPAD 预设值是否依然适用, 还需进一步的研究。

参考文献:

- [1] 邱才飞, 彭春瑞, 陈金, 等. 施氮水平对‘赣花 7 号’氮素代谢、根瘤生长及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(12): 218-222.
- [2] 刘佳, 张杰, 秦文婧, 等. 施氮和接种根瘤菌对红壤旱地花生生长及氮素累积的影响[J]. 核农学报, 2016, 30(12): 2441-2450.
- [3] 刘佳, 张杰, 秦文婧, 等. 施氮和接种根瘤菌对红壤旱地花生产量、氮素吸收利用及经济效益的影响[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(4): 473-480.
- [4] 于俊红, 彭智平, 黄继川, 等. 施氮量对花生养分吸收及产量品质的影响[J]. 花生学报, 2011, 40(3): 20-23.
- [5] 万书波, 封海胜, 左学青, 等. 不同供氮水平花生的氮素利用效率[J]. 山东农业科学, 2000, (1): 31-33.
- [6] 李银水, 余常兵, 廖星, 等. 三种氮素营养快速诊断方法在油菜上的适宜性分析[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(5): 508-513.
- [7] 郭建华, 赵春江, 王秀, 等. 作物氮素营养诊断方法的研究现状及进展[J]. 中国土壤与肥料, 2008, (4): 10-14.
- [8] 邱才飞, 彭春瑞, 钱银飞, 等. 利用 SPAD 值诊断赣花 7 号氮素营养研究[J]. 作物研究, 2014, 28(1): 22-26.
- [9] 于亚利, 贾文凯, 王春宏, 等. 春玉米叶片 SPAD 值与氮含量及产量的相关性研究[J]. 玉米科学, 2011, 19(4): 89-92, 97.
- [10] 李刚华, 薛利红, 尤娟, 等. 水稻氮素和叶绿素 SPAD 叶位分布特点及氮素诊断的叶位选择[J]. 中国农业科学, 2007, 40(6): 1127-1134.
- [11] Esfahani M, Abbasi H R A, Rabiei B, et al. Improvement of nitrogen management in rice paddy fields using chlorophyll meter (SPAD) [J]. Paddy and Water Environment, 2008, 6(2): 181-188.
- [12] 林娜, 张忠庆, 李韶山, 等. 基于 SPAD 值确定东北黑土区水稻最佳施氮量及追肥时间[J]. 中国农学通报, 2015, 31(33): 6-10.
- [13] 李刚华, 丁艳锋, 薛利红, 等. 利用叶绿素计 (SPAD-502) 诊断水稻氮素营养和推荐追肥的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(3): 412-416.
- [14] 胡昊, 白由路, 杨俐苹, 等. 基于 SPAD-502 与 GreenSeeker 的冬小麦氮营养诊断研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(4): 748-752.
- [15] 李映雪, 徐德福, 谢晓金, 等. 小麦叶片 SPAD 空间分布及其与氮素营养状况的关系[J]. 中国农业气象, 2009, 30(2): 164-168.
- [16] 屈卫群, 王绍华, 陈兵林, 等. 棉花主茎叶 SPAD 值与氮素营养诊断研究[J]. 作物学报, 2007, 33(6): 1010-1017.
- [17] 王晓静, 张炎, 李磐, 等. 棉花氮素营养状况的诊断研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 656-661.
- [18] Hawkins J, Sawyer J, Barker D, et al. Using relative chlorophyll meter values to determine nitrogen application rates for corn[J]. Agronomy Journal, 2007, 99(4): 1034-1040.
- [19] 李志宏, 张云贵, 刘宏斌, 等. 叶绿素仪在夏玉米氮营养诊断中的应用[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 764-768.
- [20] Zheng H L, Liu Y C, Qin Y L, et al. Establishing dynamic thresholds for potato nitrogen status diagnosis with the SPAD chlorophyll meter[J]. Agricultural Sciences in China, 2015, 14(1): 190-195.
- [21] 李利, 陈俊辉, 樊明寿. 使用叶绿素仪进行马铃薯氮素营养诊断的样本数确定[J]. 作物杂志, 2015, (4): 135-137.
- [22] 贺广生, 文俊, 叶为民, 等. 基于 SPAD 值的田间氮肥管理模式对烤烟产质量及氮肥利用率的影响[J]. 烟草科技, 2010, (3): 51-55.
- [23] 贺广生, 钟俊周, 李福君, 等. RTNM 模式下不同 SPAD 阈值对烤烟干物质、氮素积累及产质量的影响[J]. 广东农业科学, 2013, 40(6): 14-17.
- [24] Uddling J, Gelang-Alfredsson J, Piikki K, et al. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings[J]. Photosynthesis Research, 2007, 91(1): 37-46.
- [25] 陈防, 鲁剑巍. SPAD-502 叶绿素计在作物营养快速诊断上的应用初探[J]. 湖北农业科学, 1996, (2): 31-34.
- [26] 赵天成, 刘汝亮, 李友宏, 等. 用叶绿素仪预测水稻氮肥施用量的研究[J]. 宁夏农林科技, 2008, (6): 9-11.
- [27] 陈百翠, 魏峭嵘, 石瑛, 等. SPAD 值在马铃薯氮素营养诊断和推荐施肥中的研究与应用[J]. 吉林农业科学, 2014, 39(4): 26-30, 38.
- [28] 董鹏, 危常州, 王娟, 等. 不同氮素管理方法下棉花产量和氮肥利用率[J]. 西北农业学报, 2011, 20(8): 89-94.
- [29] 刘井良, 王丽华, 李杰勤, 等. 10 个黑麦草品种叶片 SPAD 值、叶绿素含量和蛋白质含量的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(27): 83-86.
- [30] 汪华, 李金文, 姜继萍, 等. 氮素、品种及光照对水稻冠层叶片 SPAD 读数的影响[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(2): 319-324.
- [31] 蔡红光, 米国华, 陈范骏, 等. 玉米叶片 SPAD 值、全氮及硝态氮含量的品种间变异[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 866-873.
- [32] 李俊霞, 杨俐苹, 白由路, 等. 不同品种玉米氮含量与叶片光谱反射率及 SPAD 值的相关性[J]. 中国土壤与肥料, 2015, (3): 34-39, 119.