



## 不同追肥时期对花生光合特性及产量的影响

毕振方, 杨富军, 闫萌萌, 王月福, 赵长星, 王铭伦

(青岛农业大学农学与植物保护学院/山东省旱作农业技术重点实验室, 山东青岛 266109)

**摘要:**为了揭示不同追肥时期对花生光合特性及产量的影响,在田间试验条件下,选择花生品种‘青花5号’为材料,对不同追肥时期花生叶面积指数、叶绿素含量、光合速率、产量和产量构成因素等指标的变化进行研究。结果表明:花针期追肥可提高花生叶面积指数,叶面积指数在3以上所持续的时间达到30天以上;功能叶片叶绿素含量保持较高水平;功能叶片净光合速率明显提高;单株结果数显著增加3.5个,果重提高9.7%,从而使花生的经济产量提高9.33%。在花生生产上花针期追肥可作为提高产量的一项技术。

**关键词:**花生;追肥;光合特性;产量

**中图分类号:**S565.2

**文献标志码:**A

**论文编号:**2011-0410

### Effects of Different Top-dressing Time on Photosynthetic Physiological Properties and Yield of Peanut

Bi Zhenfang, Yang Fujun, Yan Mengmeng, Wang Yuefu, Zhao Changxing, Wang Minglun

(Agronomy and Plant Protection College, Qingdao Agricultural University /

Key Lab of Dry Farming Techniques in Shandong Province, Qingdao 266109, Shandong, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of different top dressing time on photosynthetic physiological properties and yield of peanut, a field trial with cv. Qinghua 5 was conducted in Laiyang, Shandong, China in 2009–2010 to explore the best top dressing stage and to study the changes of LAI (leaf area index), SPAD value, photosynthetic rate and yield components. The fertilizer applied at flower–pegging stage could increase LAI significantly, compared to the control without top dressing. Meanwhile, the duration of LAI >3 was more than 30 days, the SPAD value of functional leaves maintained higher level, the photosynthetic rate of functional leaves improved significantly, the pod numbers of single plant increased by 3.5, pod weight increased by 9.7%, and thus making economic yield increase by 9.33%. It was concluded that the fertilizer application at the flowering–pegging stage might be used as a technology on increasing the economic yield of peanut.

**Key words:** Peanut; Top-dressing; Photosynthetic Physiological Properties; Yield

### 0 引言

花生(*Arachis hypogaea* L.)是重要的油料作物和经济作物,施肥是提高花生产量和改善品质的重要措施。合理施肥有利于提高肥料利用率,提高施肥效益、节约成本。孙彦浩<sup>[1-2]</sup>初步明确了花生对氮磷钾的吸收运转分配规律及施肥技术,奠定了中国花生施肥研究

的基础。孙虎等<sup>[3-4]</sup>探明了施氮量与不同类型花生蔗糖合成、不同花生品种积累氮素来源及产量的关系。还有研究表明,施肥可提高花生光合性能<sup>[5-6]</sup>、改善营养元素在花生体内的分配<sup>[7-8]</sup>、提高根瘤菌固氮活性<sup>[9-10]</sup>、改善花生农艺性状<sup>[11]</sup>、提高产量和改善品质<sup>[12-16]</sup>。前人的研究主要集中在不同基肥种类及施肥量上,然而对花

**基金项目:**国家科技支撑计划“花生优质安全增效关键技术研究及示范”(2006BAD21B04);国家科技支撑计划“花生抗灾与节本增效关键技术研究及示范”(2009BADA8B03);山东省“泰山学者”建设项目“作物栽培学与育种学,ts200718095”;现代农业产业技术体系建设专项“国家花生产业技术体系建设”(CARS-14);山东省农业重大应用技术创新项目“花生中低产田产量持续提升关键技术研究”。

**第一作者简介:**毕振方,女,1986年出生,山东潍坊人,在读硕士,主要从事花生施肥理论与技术研究。Tel: 0532-88030476, E-mail: snowstar830228@163.com。

**通讯作者:**王铭伦,男,1958年出生,山东烟台人,教授,硕士,主要从事花生栽培理论与技术研究。通信地址:266109 山东省青岛市青岛农业大学农学与植物保护学院, Tel: 0532-88030476, E-mail: mlwang@qau.edu.cn。

**收稿日期:**2011-05-31, **修回日期:**2011-08-01。

生追肥时期的研究未见报道。鉴于此,笔者通过对不同时期追肥对花生光合特性和产量影响进行研究,旨在探明花生适宜的追肥时期,为花生合理追肥及缓控释肥研发中确定肥料释放时间提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试品种

供试花生品种为‘青花5号’,由青岛农业大学选育。

### 1.2 试验设计

试验于2009—2010年在青岛农业大学莱阳校区农学与植物保护学院试验田进行。试验田土质为砂壤

土,肥力均匀,基础养分含量见表1。试验田冬前深耕30 cm,早春解冻后均匀施复合有机肥750 kg/hm<sup>2</sup>,旋耕耙平,露地栽培。试验按追肥时期不同设不追肥(对照)、苗期追肥、花针期追肥、结荚期追肥4个处理。小区长8 m,宽2.7 m,每小区播种6行,行距45 cm,穴距17.5 cm,每穴2株。随机区组设计,重复4次。各处理追肥量相同,均为每公顷施N 180 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 94.5 kg, K<sub>2</sub>O 225 kg, CaO 25 kg。追肥时,将所用肥料均匀撒于花生株行两侧10 cm范围内,然后培土盖肥。试验于5月14日播种,9月10日收获,田间管理同生产大田。

表1 供试土壤养分含量

土层/cm	全氮/(g/kg)	速效氮/(mg/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	有机质/(g/kg)	pH
0~20	0.59	45.42	19.01	110.54	8.47	6.35
20~40	0.44	25.34	15.60	70.99	7.84	6.64

### 1.3 调查与测定方法

于追肥处理后10天开始取样或测定,每10天取样或测定1次至收获。于不同处理小区内每次取有代表性的植株10株,用AM100型叶面积仪测定叶面积;用SPAD-502型叶绿素计测定花生主茎倒三叶叶绿素SPAD值,测定10株,取平均值;不同追肥处理后10天开始,每10~15天(具体视天气而定)1次,选择晴好天气于9:00—11:00时或13:00—15:00时,用LI-6400光合作用测定系统测定主茎倒三叶片净光合速率,测定10株,取平均值。按小区收获,荚果晒干并放入室内平衡10天后称重、计产,从每小区收获荚果中随机称取500 g考种,分析计算单株结果数、公斤果数、饱果率、双仁果率、百果重、出仁率等。

### 1.4 数据处理

采用DPS数据处理软件,对数据进行完全随机单因素试验统计,Duncan新复极差法进行多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同时期追肥对花生叶面积指数(LAI)的影响

从图1可以看出,不同时期追肥花生的叶面积指数的消长动态基本相似,均呈先增加后减小的变化趋势,7月30日达到最大值。不同生育时期追肥均可提高花生的叶面积指数,以花针期追肥处理最为明显。7月30日测定,其叶面积指数为4.87,分别比对照、苗期处理和结荚期处理提高67.3%、24.9%和50.8%;苗期和结荚期处理也可明显提高叶面积指数,如7月30日测定苗期和结荚期处理,分别比对照提高34.5%和11.4%。花针期追肥处理不但叶面积指数高,而且较高的叶面积指数维持时间长,叶面积指数在3以上所

持续的时间达到30天左右,苗期处理的为15天左右,结荚期处理的只2~3天,对照最高叶面积指数只有2.82。可见,花针期追肥能较长时间的维持较高的叶面积指数,有利于群体光合作用和干物质积累,为提高花生产量奠定了物质基础。

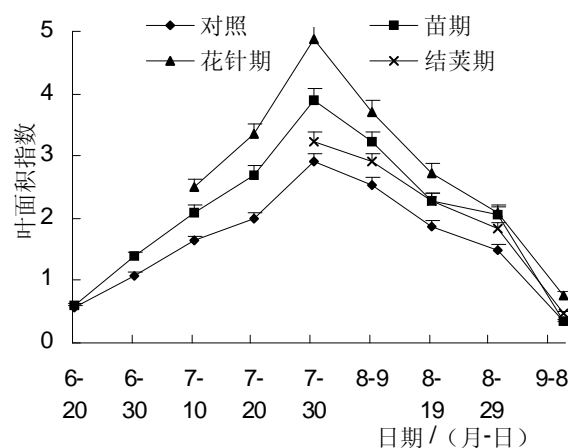


图1 不同时期追肥对花生叶面积指数的影响

### 2.2 不同时期追肥对花生功能叶片叶绿素 SPAD 值的影响

由图2可见,在不同时期对花生进行追肥,花生功能叶片中叶绿素 SPAD 值的变化趋势一致,均为先增加后下降的变化趋势,功能叶片叶绿素含量最大值出现在7月20日。追肥可增加花生功能叶片叶绿素含量。在7月10日—8月19日花针期追肥处理的功能叶片保持较高的叶绿素含量;苗期处理后10天(6月20日)至40天(7月20日)叶绿素含量明显高于对照,7月



20日之后明显下降; 结荚期处理后10天(7月30日)至30天(8月19日)功能叶片叶绿素含量明显高于对照, 之后迅速下降。至花生生育后期各处理功能叶片中叶绿素含量均下降至较低水平。

2.3 不同时期追肥对花生功能叶片净光合速率的影响

花生叶片的净光合速率与其单株生产力大小密切相关。在相同情况下, 净光合速率越大, 累积的光合产物越多。从图3可以看出, 在花生生长过程中, 功能叶片的净光合速率在苗期以后逐渐增大, 至结荚后期(7月30日)达到最大值, 以后迅速下降至收获。不同时期追肥不改变花生功能叶片净光合速率的变化趋势, 但明显提高功能叶片的净光合速率, 以花针期处理净光合速率提高最明显, 苗期处理次之, 结荚期处理提高幅度最小。7月30日测定, 花针期处理、苗期处理和结

荚期处理功能叶片净光合速率分别为  $33.0 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $30.9 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和  $29.6 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 较对照分别提高15.0%、7.7%和3.1%。

2.4 不同时期追肥对花生产量的影响

从表2可以看出, 追肥使花生生物产量和经济产量同步提高, 不同时期追肥增产幅度不同, 以花针期处理增产幅度最大, 苗期和结荚期处理增产较少, 花针期处理、苗期处理和结荚期处理经济产量分别为  $3836.9 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 $3624.7 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 $3654.3 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 分别比对照提高9.33%、3.28%、4.12%; 花针期处理、苗期处理和结荚期处理生物产量分别为  $8311.4 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 $7809.8 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 $7925.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 分别比对照提高10.33%、3.67%、5.20%, 花针期处理增产均达显著水平。不同时期追肥对花生经济系数无明显影响。

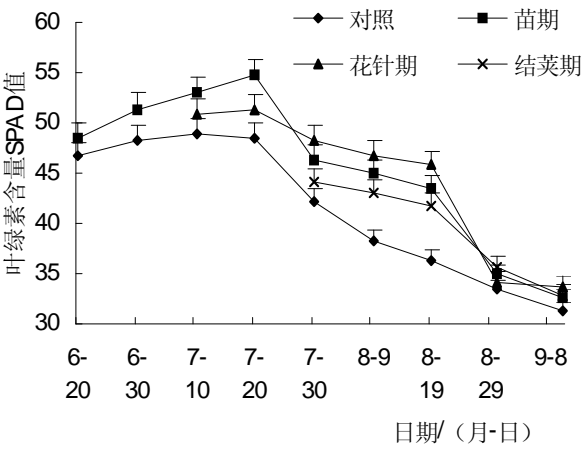


图2 不同时期追肥对花生功能叶片绿素含量SPAD值的影响

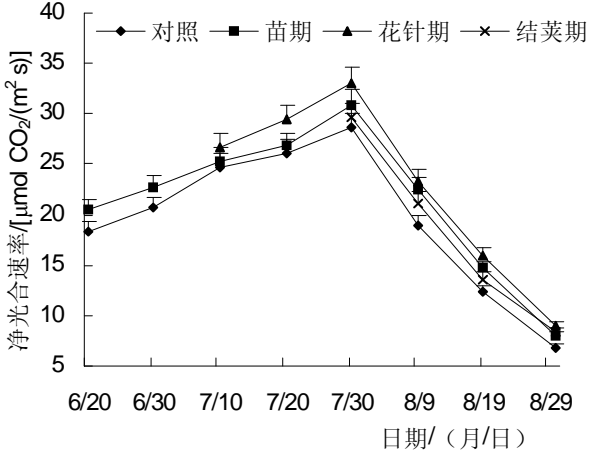


图3 不同时期追肥对花生叶片净光合速率的影响

表2 不同时期追肥对花生产量的影响

追肥时期	经济产量		生物产量		经济系数
	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	较CK 增减/%	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	较CK 增减/%	
对照	3509.6b	—	7533.5b	—	0.47
苗期	3624.7ab	3.28	7809.8ab	3.67	0.46
花针期	3836.9a	9.33	8311.4a	10.33	0.46
结荚期	3654.3ab	4.12	7925.0ab	5.20	0.46

注: 表内小写英文字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ), 下同。

2.5 不同时期追肥对花生产量构成的影响

在相同种植密度条件下, 花生产量是由单株结果数和果重决定。由表3可见, 追肥可明显提高花生单株结果数量, 花针期处理、苗期处理和结荚期处理单株结果数分别为14.9个、12.7个和12.7个, 较对照分别增加3.5个、1.3个和1.3个, 分别增加30.7%、11.4%和

11.4%, 花针期处理单株结果数增加达显著水平; 追肥可促进花生荚果发育, 提高双仁果率和饱果率, 使果重显著提高, 表现为公斤果数减少, 苗期处理、花针期处理和结荚期处理公斤果数较对照分别减少76个、60个和58个, 分别减少11.0%、8.7%和8.4%; 花针期处理百果重和百仁重均明显高于对照; 追肥对花生出仁率无



表3 不同时期追肥对花生生产量构成的影响

追肥时期	结果数/(个/株)	公斤果数/个	双仁果/%	饱果/%	百果重/g	百仁重/g	出仁/%
对照	11.4b	688a	77b	43b	191.8a	83.0c	70.9
苗期	12.7ab	612b	84a	56a	204.7a	84.4bc	70.1
花针期	14.9ab	628b	80b	52b	214.3a	91.1a	70.6
结荚期	12.7a	630b	82ab	45b	208.9a	89.7ab	71.1

显著影响。

3 结论与讨论

花生群体叶面积大小是群体光能利用、干物质积累与分配、产量形成的重要基础<sup>[17]</sup>。花生群体理想的叶面积发展动态应为前期叶面积指数上升较快,峰值适宜,较高的叶面积指数维持时间长,后期下降缓慢,至收获仍保持一定的绿叶面积,更有利于群体光合性能的充分发挥<sup>[18]</sup>。笔者的试验结果表明,不同生育时期追肥可明显增加花生单株叶面积,提高叶面积指数,特别是花针期追肥提高叶面积指数效果最为明显,表现为追肥后叶面积指数增加较快,较高的叶面积指数维持时间较长,加之花针期追肥花生叶片叶绿素含量较高,这均为光合作用的高效利用奠定了良好基础。追肥提高花生功能叶片净光合速率的研究结果是追肥提高花生叶片光合性能的最终体现。花针期追肥使花生生育中后期保持较高的叶绿素含量,有利于延缓叶片衰老,延长叶片的功能期,为荚果发育提供充足的光合产物,为荚果产量的提高提供了物质基础。这与对小麦、水稻等作物在开花期追肥具有类似的作用效果<sup>[19-20]</sup>。

在本试验的土壤肥力条件下,对照植株营养生长量不足,追肥提高了花生光合性能,增加了植株干物质积累,使经济产量和生物产量同步提高。花生的经济产量是由单位面积株数即种植密度、单株结果数和果重3个因素构成。在本试验种植密度相同的条件下,产量由单株结果数和果重构成。试验结果表明,追肥可提高花生单株结果数量,同时果重也有所提高,果重的提高是饱果率和双仁果率较高所致,尤其是花针期追肥可使花生单株结果显著增加3.5个,公斤果数减少11%,致使荚果产量显著提高。追肥不改变光合产物在生殖器官和营养器官的分配比例,故不影响经济系数。在土壤养分含量较高,而且各营养元素的比例也比较合理的情况下,适宜追肥时期和追肥量的确定,还有待进一步的研究。

花生是一种需肥量较大的作物,特别是在生长发育中后期往往出现脱肥现象,尤其是氮肥缺乏,易造成植株早衰,影响花生荚果充实饱满<sup>[4,21]</sup>。由于花生是地

下结果,在生产条件下不便于追肥,特别是采用地膜覆盖栽培,常规追肥更无法进行。本试验结果表明,花针期追施复合肥料可明显改善花生光合性能,显著提高花生荚果产量,花针期追肥可作为一项施肥技术应用到生产中。虽然追肥在花生生产上难以直接利用,但可结合滴灌对花生进行追肥,也可为花生缓控释肥研发中确定肥料释放时间提供依据。

随着花生地膜覆盖栽培面积的不断扩大,由于覆盖地膜,土壤的温湿度条件更有利于有机质的分解和有效养分的释放,在花生生育中后期由土壤养分供应不足引起的植株早衰的现象更为普遍,这已成为影响花生荚果饱满的主要限制因素。通过对花生追肥时期和追肥效果的进一步研究,探讨在地膜覆盖条件下,适宜的追肥方式、追肥时期和追肥数量,结合膜下滴灌进行水肥一体化管理,将对满足覆膜花生生育后期对养分的需要,促进荚果发育,提高产量产生重要作用。

参考文献

[1] 孙彦浩.花生对氮磷钾三要素营养吸收运转分配规律初步研究[J].花生科学研究专题汇编,1963(1):12-15.

[2] 孙彦浩.花生的磷素营养与磷肥施用的研究[J].山东农业科学,1965(2):20-22.

[3] 孙虎,王月福,王铭伦,等.施氮量对不同类型花生蔗糖合成及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(2):398-402.

[4] 孙虎,李尚霞,王月福,等.施氮量对不同花生品种积累氮素来源和产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(1):153-157.

[5] 周录英,李向东.氮、磷、钾、钙肥不同用量对花生光合性能及产量品质的影响[J].花生学报,2006,35(2):11-16.

[6] 聂呈荣.不同氮肥和调节磷对花生氮代谢与产量的作用[J].中国油料作物学报,1996,18(2):31-33.

[7] 李向东,万勇善,于振文,等.花生叶片衰老过程中氮素代谢指标变化[J].植物生态学报,2001,25(5):549-552.

[8] 汪仁,安景文.施硫对花生产量品质及植株体内硫积累的影响[J].土壤通报,1998,29(4):177-178,199.

[9] 赵秀芬,房增国.大豆、花生固氮与施氮关系的研究进展[J].安徽农学通报,2005,11(3):48-49.

[10] 左元梅,刘永秀,张福锁,等.铁营养对花生根瘤生长发育和功能的影响[J].植物营养与肥料学报,2002,8(4):462-466.

[11] 李尚霞,刘文全,徐秀娟,等.施硫肥对花生农艺性状和产量的影响[J].中国土壤与肥料,2008,4:37-39.



- [12] 骆小燕. 硼肥对花生产量和品质的影响[J]. 浙江农业科学, 1990, 30(3): 30-33.
- [13] 崔瑞, 李玉荣, 李楠. 不同施肥量对坡耕地花生生长及产量的影响[J]. 辽宁农业科学, 2007(6): 10-12.
- [14] 甄志高, 段莹, 吴峰, 等. Zn、B、Mo、Ca 肥对花生产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005, 3: 48-50.
- [15] 丛慧芳, 孙治军, 张梅, 等. 不同量 B、Zn 肥对花生生长和产量的影响[J]. 山东农业大学学报, 2008, 39(2): 171-174.
- [16] 吴文新, 陈家驹, 周恩生, 等. 钙、硼对花生生长产量和品质的影响[J]. 亚热带植物科学, 2001, 30(2): 20-23.
- [17] 陈四龙, 李玉荣, 程增书, 等. GGE 双标图分析种植密度对高油花生生长和产量的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(7): 1328-1335.
- [18] 王才斌, 孙彦浩, 陶寿样, 等. 高产花生叶面积消长规律及其与荚果产量关系的研究[J]. 花生科技, 1992(3): 8-12.
- [19] 郭传贵, 陈先荣. 小麦追肥时期对其产量性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(2): 267-268.
- [20] 李中青, 高桥政夫, 小田中温美, 等. 追肥与收获时期对水稻产量和品质影响的研究[J]. 湖南农业科学, 2008(1): 67-68.
- [21] 孙虎, 王月福, 王铭伦, 等. 施氮量对不同类型花生品种衰老特性及产量的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(10): 2671-2677.