

红壤地区不同有机配施比例对花生产量、养分吸收及土壤有效养分动态变化的影响^①

屠人凤^{1,2}, 樊剑波¹, 何园球^{1,3*}

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院大学, 北京 100049; 3 国家红壤改良工程技术研究中心, 南昌 330200)

摘 要: 为了解红壤地区有机配施比例对花生生长的影响, 通过田间小区试验研究了不同有机配施比例对花生产量、养分积累以及各生育期土壤中有效态养分动态变化的影响。结果表明: 配施一定比例的有机肥能够显著提高花生产量, 以配施 4 500 kg/hm² 发酵猪粪产量最高; 配施有机肥能够提高花生对养分元素的积累; 有机配施措施在保证花生生长前期的养分供应基础上, 有效地提升了花生生长后期土壤有效养分的供应水平。

关键词: 红壤; 有机配施; 花生; 有效养分; 动态变化

中图分类号: S181; F062.2

在诸多提高作物产量和提升土壤质量的措施中, 施肥是其中重要的一项^[1]。在我国, 施肥对粮食增产的贡献率已达到 50% 以上^[2]。但化肥用量的增加导致了一系列的问题, 如肥料利用率降低、污染环境、土壤板结等^[3], 这一现象在我国南方红壤区普遍存在。我国的红壤分布于南方 13 个省, 总面积 218 万 hm², 占全国土地面积的 18%, 耕地面积约占全国总面积的 28%, 人口占全国人口的 40%^[4]。随着红壤地区人口的增加以及诸多因素的共同影响, 加之红壤地区的水热分布不均、冬季凉干、夏季热湿、干湿季节明显的特点^[5], 促使红壤退化, 并逐年加重。花生作为江西红壤旱地主要作物, 年播种面积约 20 万 hm²^[6], 但花生产量与全国平均水平相比, 单产较低, 其中土壤性质恶化、化肥使用量大及肥料配施不合理是导致这种现状的原因之一^[7]。解决以上问题不仅对提高花生产量、增加农民收入具有极高的现实意义, 同时对于提升地力、改良土壤性质也具有良好的指导作用。针对以上问题, 本研究选取发酵猪粪作为供试有机肥, 在试验区进行花生有机无机肥配施试验, 以期达到提高花生单产、改良土壤性质的目的。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤为由红色砂岩发育而成的红壤, 位于江

西省鹰潭市余江县平定乡洪桥村, 其土壤基本理化性质为: pH 5.6、有机质 10.03 g/kg、全氮 0.41 g/kg、全磷 1.03 g/kg、全钾 28.04 mg/kg、碱解氮 36.64 mg/kg、有效磷 19.96 mg/kg、速效钾 194.33 mg/kg。

供试花生品种为当地常规品种: 赣花 1 号。

1.2 试验设计与方法

采用田间小区试验进行研究, 试验共设计 5 个施肥处理(即 5 种不同有机配施比例): ①当地习惯施肥(CK), 尿素(N 含量为 467 g/kg)262.5 kg/hm²、钙镁磷肥(P₂O₅ 含量为 120 g/kg)450 kg/hm²、氯化钾(K₂O 含量为 600 g/kg)300 kg/hm²; ②有机配施处理 1(CM1), 配施发酵猪粪 2 250 kg/hm²; ③有机配施处理 2(CM2), 配施发酵猪粪 4 500 kg/hm²; ④有机配施处理 3(CM3), 配施发酵猪粪 6 750 kg/hm²; ⑤有机配施处理 4(CM4), 配施发酵猪粪 9 000 kg/hm²。

处理 2、3、4、5 不足养分均用化肥补充至与 CK 处理一致。所有处理均设 5 次重复, 随机区组排列。小区面积为 5 m × 6 m = 30 m²。供试发酵猪粪含水量为 750 g/kg, 干基 N、P、K 含量分别为: 25、10、10 g/kg。所有肥料均按照当地习惯施肥方式一次性基施, 花生种植规格、全生育期管理模式也与当地传统管理模式相同。

1.3 样品采集、分析方法及数据分析

小区试验于 2010 年 4—9 月进行。花生于 4 月

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2009BAD6B04)资助。

* 通讯作者(yqhe@issas.ac.cn)

作者简介: 屠人凤(1983—), 男, 安徽霍邱人, 博士研究生, 主要从事土壤学、生态学研究。E-mail: turenfeng@gmail.com

15 日播种,8 月 10 日收获。播种前采集土壤本底样,播种后按照花生生育期采集土样,即花针期、结荚期、成熟期;收获期采集花生果实样及植株样品,制备分析样品。

土样测试指标为碱解氮、有效磷、速效钾,植株样测试指标为全氮、全磷、全钾。

样品分析均采用常规分析方法^[8],碱解氮采用碱解扩散法测定;有效磷采用 Olsen 法测定;速效钾采用乙酸铵浸提、火焰光度法测定;植株样 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,全氮采用凯氏定氮法测定、全磷采用钒钼黄比色法测定、全钾采用火焰光度法测定。

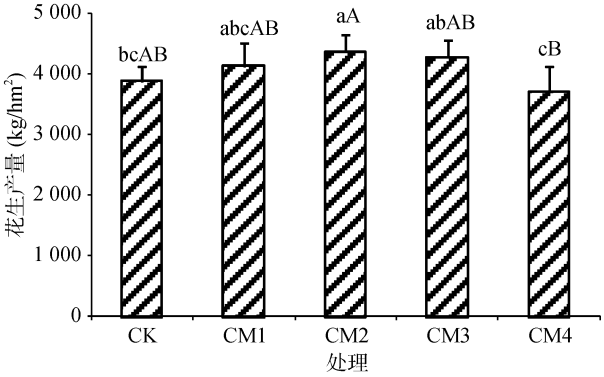
数据采用 Excel 2007 进行统计和制图,数据采用 SPSS 13.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同有机配施结构对花生产量的影响

2010 年 8 月花生收获,各处理产量见图 1。从图 1 中可以看出,有机配施比例对花生产量具有一定的影响。从产量上来看,各处理间表现为 $\text{CM2}>\text{CM3}>\text{CM1}>\text{CK}>\text{CM4}$,其中处理 CM2 产量最高,相对 CK 处理增产 12.4%,处理 CM3、CM1 相对常规化肥处理均呈增长趋势,而处理 CM4 则出现减产的情况。多重比较结果显示,CM2 处理与 CK 处理差异达到显著水平;处理 CM2 与处理 CM4 之间差异达到极显著水平。

从有机肥配施量方面来看,处理 CM2 配施的有机肥大于处理 CM1,小于处理 CM3、CM4,但是产



(图中小写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平,大写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.01$ 显著水平)

图 1 不同有机配施处理对花生产量的影响

Fig. 1 Effects of different fertilizations on peanut yield

量却是最高;CM4 采用的有机肥配施比例最高,但是产量却是最低,说明在同等养分施用水平下,不是有机肥比例越高就产量越高,相反,达到一定配施比例后,再提高有机肥的配施比例,就会导致作物产量下降。

2.2 不同有机配施结构对花生养分吸收的影响

2.2.1 不同有机配施结构对花生籽粒氮素吸收的影响 由表 1 多重比较可以看出,不同的有机配施比例对花生籽粒中氮的积累具有一定的影响。从积累量来看,各处理间表现为 $\text{CK}<\text{CM3}<\text{CM4}<\text{CM2}<\text{CM1}$,其中,对氮素吸收最高的为处理 CM1,为 175.90 kg/hm^2 ,高于 CK 处理 30.4%。相对于 CK 处理增幅最低的为处理 CM3,为 16%。配施处理 CM1、CM2 与对照处理 CK 差异极显著,而处理 CM1 与 CM3 之间差异显著。

表 1 不同有机配施处理对花生籽粒氮、磷、钾养分吸收的影响(kg/hm²)
Table 1 Effects of different fertilizations on nutrient (N, P, K) uptake of peanut seed

处理	籽粒吸氮量	籽粒吸磷量	籽粒吸钾量
CK	$134.93 \pm 17.82\text{ c B}$	$15.17 \pm 1.72\text{ b B}$	$21.00 \pm 2.85\text{ c B}$
CM1	$175.90 \pm 8.30\text{ a A}$	$18.62 \pm 1.68\text{ a A}$	$27.73 \pm 2.50\text{ ab A}$
CM2	$173.58 \pm 15.83\text{ ab A}$	$15.74 \pm 1.00\text{ b B}$	$28.86 \pm 1.29\text{ a A}$
CM3	$155.80 \pm 10.07\text{ b AB}$	$19.74 \pm 0.93\text{ a A}$	$27.47 \pm 1.83\text{ ab A}$
CM4	$158.04 \pm 11.01\text{ ab AB}$	$15.25 \pm 1.28\text{ b B}$	$25.29 \pm 1.78\text{ b B}$

注:表中数据为平均值±标准差,同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平,大写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.01$ 显著水平。

以上结果说明,对于红壤旱地花生,配施一定量的有机肥(腐熟猪粪)对于花生的氮素积累具有积极意义,可以确定的是,有机配施有利于提高氮肥的利用率。红壤地区花生播种时间为清明前后,正值雨量充足时期,且旱地多为坡地,传统的化肥氮多为养分释放速率快的速效氮肥,而雨水的冲刷、传统的顺坡耕作则加剧了氮素的流失,在花生生长的中后期土壤

提供花生生长的氮素往往表现为缺乏,而有机肥为一种肥效持久的缓效肥料,其配施化肥能够为花生的生长提供长期较为稳定的氮素供应。

2.2.2 不同有机配施结构对花生籽粒磷素吸收的影响 表 1 可以看出,不同的有机配施比例对于花生籽粒磷素的积累具有一定的影响。试验结果表明,配施处理 CM1、CM3 与常规化肥处理(CK)之间的差异

达到极显著水平,而 CM2、CM4 未达到极显著水平。从籽粒磷素的积累量来看,4 个配施处理均高于对照 (CK),其大小顺序为:CM3 > CM1 > CM2 > CM4 > CK,其中 CM3 处理磷素积累量高于对照 30.7%。由分析结果可知,配施腐熟猪粪 2 250 kg/hm² 对于花生籽粒中磷素的积累具有良好的促进作用。以上分析表明,对于红壤旱地花生种植,配施一定比例的有机肥,有利于花生磷素的积累。有机肥的使用不仅减少环境因素、立地条件引起的磷素流失,同时解吸了土壤中非有效磷,提高土壤的磷素供应水平。

2.2.3 不同有机配施结构对花生籽粒钾素吸收的影响 表 1 结果表明,有机配施对花生籽粒钾素的积累与常规化肥处理之间的差异均达到极显著水平。其中以处理 CM2 积累量最高,为 28.86 kg/hm²,高于对照 37.1%。各处理间钾素积累量表现为:CM2 > CM1 > CM3 > CM4 > CK,CM1、CM2、CM3 与 CM4、CK 之间达到了极显著差异水平,CM4 与 CK 之间差异显著。钾肥与氮肥相似,均为速效肥料,有机肥的施用同时也改变了钾素在花生生长中后期供应相对不足的缺陷。由于花生具有固氮能力,可知,有机配施对花生在钾素的需求-供应环节上更具现实意义。

2.3 不同有机配施结构对花生地土壤有效养分动态变化的影响

2.3.1 不同有机配施结构对花生地土壤碱解氮动态变化的影响 图 2 为花生单作体系中土壤碱解氮的动态变化。由图中可以看出,不同配施条件下土壤碱解氮的变化呈先上升后下降的趋势,各处理碱解氮水平均在花生花针期达到峰值,在结荚期、成熟期呈下降趋势。花生花针期,土壤碱解氮含量最高的为 CM3 处理,为 62 mg/kg。配施 CM4 处理次之,常规化肥处理最低。CM3 处理高于常规化肥处理 22.1%。花生全生育期结束后,各处理土壤碱解氮均有一定提

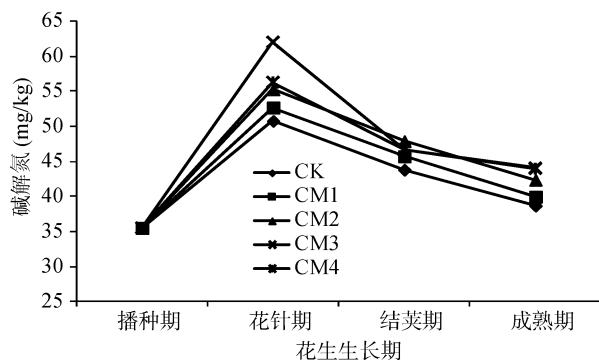


图 2 花生生长期间土壤碱解氮的变化

Fig. 2 Changes of soil available N concentrations in peanut growing period

升,成熟期各处理土壤碱解氮含量为:CM3 > CM4 > CM2 > CM1 > CK,相对于花生播种前,土壤碱解氮提升比例依次为:24%、23.7%、19.3%、12.5%、8.9%。

2.3.2 不同有机配施结构对花生地土壤有效磷动态变化的影响 图 3 为有机配施条件下单作花生土壤有效磷的动态变化。由 2010 年试验结果可以看出,有机配施条件下,花生土壤有效磷含量总体呈前期增长、后期降低的趋势。其中 CM3、CM4 两个处理在花针期以后呈现了剧烈的下降趋势,而 CM1、CM2 两个处理则表现为:在花针期至结荚期剧烈下降,花针期至收获期呈较为平稳的降低趋势。从花生全生育期来看,CM3 处理的花生土壤有效磷含量提升比例最高,为 46.1%,而常规化肥处理在花生全生育期结束后呈现了负增长的现象。有机配施各处理提升比例高低顺序为:CM3 > CM4 > CM2 > CM1,提升比例分别为 46.1%、35.7%、29.0%、21.9%。

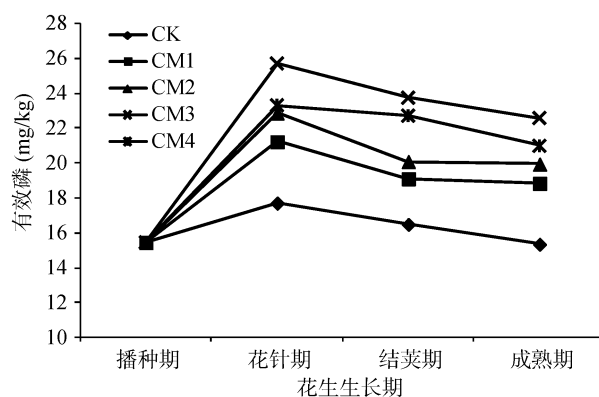


图 3 花生生长期间土壤有效磷的变化

Fig. 3 Changes of soil available P concentrations in peanut growing period

2.3.3 不同有机配施结构对花生地土壤速效钾动态变化的影响 图 4 为有机配施条件下单作花生土壤速效钾的动态变化,从图中可以看出,土壤速效钾的变化趋势与碱解氮、有效磷动态变化趋势一致,均为在花针期达到峰值,然后呈下降趋势。试验结果表明,配施比例为 CM3 处理时,土壤速效钾在花针期的含量最高,为 362.67 mg/kg,比同期常规化肥处理高 38.25%。各处理花针期土壤速效钾含量高低顺序为:CM3 > CM2 > CM4 > CM1 > CK,花生全生育期结束后,处理间顺序发生了变化。从全年土壤速效钾提升比例来看,最高的为 CM4 处理,提升比例为 61.7%;其次为配施 CM3 处理,提升 43.2%;再次为配施 CM2,提升比例为 31.6%;CM1 处理提升 4.5%;常规化肥处理在花生全生育期结束后,速效钾含量降低了 3.9%。

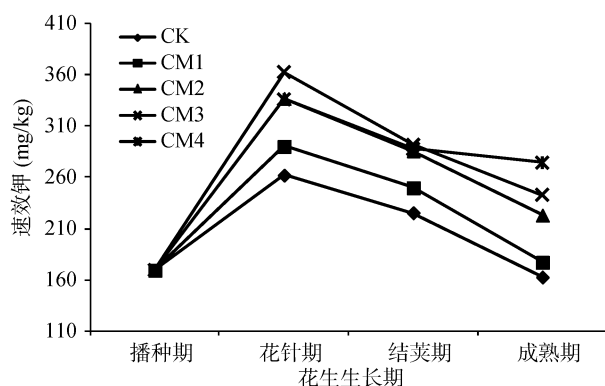


图 4 花生生长期间土壤速效钾的变化

Fig. 4 Changes of soil available K concentrations in peanut growing period

3 讨论

3.1 有机配施比例对花生生产量的影响

同等肥料投入下,不同腐熟猪粪配施化肥比例对于花生生产量产生了影响,试验结果表明,除 CM4 处理外,其他配施比例下,均对花生具有增产效应。该试验得出,在试验区条件下,配施发酵猪粪 4 500 kg/hm²(有机氮占肥料投入总氮的 23%),花生生产量最高。这与朱宝国等^[3]在大豆有机无机配施试验以及汤宏等^[9]在茄子不同施肥结构中的研究一致。花生生产量在一定有机配施比例下最高,超过一定比例,花生生产量相对常规化肥处理表现为降低。

3.2 不同有机配施比例对花生荚果养分吸收的影响

试验中各有机配施比例下花生籽粒的氮、磷、钾积累量均高于常规化肥处理,这表明,一定浓度的腐熟猪粪配施,有利于提高花生季的肥料利用率。其原因为,有机肥是一种释放较为缓慢的缓释肥,合理的配施浓度不仅可以满足花生生长前期的养分供应,同时在生长后期,有机肥释放出来的有效养分可以满足花生后期对肥料的需求;江西红壤区花生生育期间正值雨水充沛期^[10],有机肥作为一种缓释肥料,在一定意义上减少了肥料投入土壤后的淋失,同时有机肥的施用能够改良土壤结构、提升土壤抗蚀性^[11],进而减少土壤养分流失。由于该试验设置保证了肥料投入的一致性,所以,花生养分的积累量越高,从某种意义上来说,土壤中养分的流失量就越少。可见,立地条件下的花生种植有机配施处理方式,不仅可以提高花生生产量,同时也能够减轻化肥施用带来的部分环境问题。

3.3 不同有机配施浓度对土壤中有效养分的影响

化肥的投入对于快速增加土壤中的有效养分含量有着明显的作用,但从作物的需肥规律和肥料利用率的角度来看,有机肥的使用更有利于培肥土壤、增

加功能性微生物的数量、促进作物生长^[12-14]。本试验结果表明,一定比例的有机肥配施对于花生生育后期的土壤速效养分的供应具有明显的维持作用,具体表现为:碱解氮在结荚期达到最高值,且在花生收获期仍然处于较高水平;有效磷在花针期前表现为较为快速的增加,较化肥处理在结荚期后表现为较为缓慢的降低现象,其原因可能为,花生生长后期植株促使土壤酶活性增加、气候条件等原因而导致磷的活化;而速效钾在花生生长中后期表现为先减小后增加的态势,平均水平均高于常规化肥处理。

4 结语

花生是我国南方重要的油料作物之一,长年来农民单一的化肥投入,不仅导致土壤性质的退化,同时花生生产量下降,单位收益降低现象严重。与此同时,大规模的养殖粪污随意排放已产生了恶劣的环境、生态问题,如试验所在地余江县年出栏生猪 130 万头,产生 200 万吨养殖粪污。如何协调两者之间的关系,决定了养殖和种植业的未来发展前景。不恰当的养殖粪污投入农田不仅会导致产量降低,同时也会产生环境风险^[12],因此,确定立地条件下的有机无机配施比例对于解决当地养殖粪污的利用现状和提高花生种植业产投比均有一定的现实意义。

参考文献:

- [1] 黄小洋,漆映雪,黄国勤,张兆飞,刘隆旺,章秀福,高旺盛.稻田保护性耕作研究. I. 免耕对水稻产量、生长动态及害虫数量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(4): 530-534
- [2] 李华栋. 可持续农业中的氮素管理[M]. 南昌: 江西人民出版社, 2008
- [3] 朱宝国,于忠和,王囡囡,孟庆英. 有机肥和化肥不同比例配施对大豆产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(1): 97-100
- [4] 赵其国,石华,吴志东. 红黄壤地区农业资源综合发展战略与对策[A]// 中国科学院红壤生态研究站. 红壤生态系统研究(第一集)[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 1-113
- [5] 李庆逵. 中国红壤[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 7-120
- [6] 黄欠如,孙永明,熊春贵,熊国根,李靖,胡惠文,章新亮. 丘陵红壤旱地花生套作木薯产量效益分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 43-45
- [7] 刘毅,伍先明,方先兰,黎为兵,李祖莹,曾维莉. 江西花生低产原因分析及高产栽培技术对策[J]. 江西农业学报, 2009, 21(8): 38-39
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999
- [9] 汤宏,张杨珠,龙怀玉,黄运湘,廖超林,曾掌权,李洪斌. 不同施肥结构对茄子产量、养分吸收及土壤有效养

- 分动态变化的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(6): 71-75
- [10] 何园球, 王明珠. 红壤低丘岗地区种养复合农业生态系统研究[J]. 农业生态研究, 1999, 7(3): 55-58
- [11] 李成亮, 孔宏敏, 何园球. 施肥结构对旱地红壤有机质和物理性质的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 116-119
- [12] 王艳玲, 何园球, 李成亮, 刘晓莉. 有机无机肥配施对红壤磷库重建质量的长期效应[J]. 土壤, 2008, 40(3): 399-402
- [13] 邢素丽, 韩宝文, 刘孟朝, 徐明岗. 有机无机配施对土壤养分环境及小麦增产稳定性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(增刊): 135-140
- [14] 王伯仁, 蔡泽江, 李冬初. 长期不同施肥对红壤旱地肥力的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3): 85-88

Effects of Combined Application of Organic and Inorganic Fertilizers on Peanut's Yield and Nutrients Uptakes and Dynamic Change of Available Nutrients in Red Soil

TU Ren-feng^{1,2}, FAN Jian-bo¹, HE Yuan-qiu^{1,3*}

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*; 2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 3 *National Engineering and Technology Research Center for Red Soil Improvement, Nanchang 330200, China*)

Abstract: The effects of different fertilization structures on peanut's yield and nutrient uptake and release of soil nutrients were studied with field plot experiment in red soil region. The results showed that: 1) the combined application of organic and chemical fertilizers significantly increased peanut yield; peanut yield was the highest when plus 4 500 kg/hm² pig manure. 2) Nutrient uptake of the combined application of organic and chemical fertilizers was higher than CK treatment. 3) The combined application of organic and chemical fertilizers provided enough N, P and K in the earlier growing period of peanut and enhanced soil available nutrient contents in the later growing period.

Key words: Red soil, Combined application of organic and inorganic fertilizer, Peanut, Available nutrient, Dynamic change