

种下分层施用有机肥和化肥对花生质量的影响

司贤宗¹, 张翔^{1*}, 索炎炎¹, 李亮¹, 余辉²

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002;

2. 正阳县花生研究所, 河南 正阳 463600)

摘要: 采用花生营养分层调控-起垄-播种一体机, 通过研究花生种下分层施用有机肥与化肥对花生生长发育、养分积累、产量和品质、土壤理化性状的影响, 旨在为砂姜黑土区夏花生微域土壤调理、高效施肥提供科学依据。结果表明, 与有机肥和化肥撒施相比, 种下施肥能改善花生农艺性状、提高经济性状, 改善土壤理化性状, 增加花生养分积累量, 油酸含量平均增加 1.94 个百分点, 产量平均增加 554.0 kg/hm², 增产 11.2%, 其中, 花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥 600 kg/hm² 和化肥 600 kg/hm² 产量最高, 为 5759.4 kg/hm²。花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥的产量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的产量平均增加 175.7 kg/hm², 平均增产 3.3%, 油酸含量平均增加 0.89 个百分点。化肥减施 25% 时, 花生种下施用有机肥和化肥比有机肥和化肥撒施产量平均增加 258.1 ~ 419.4 kg/hm², 平均增产 5.2% ~ 8.5%, 油酸含量平均增加 0.75 ~ 1.71 个百分点, 其中花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥的增产提质效果最好。总之, 花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥 600 kg/hm² 和化肥 450 kg/hm², 与撒施有机肥 600 kg/hm² 和化肥 600 kg/hm² 相比, 化肥减施 25%, 花生增产 419.4 kg/hm², 增产 8.5%, 能实现有机肥和化肥协同增效, 达到化肥减施和大面积均衡增产的目的, 应在夏花生主产区推广应用。

关键词: 花生; 种下分层施用; 有机肥; 化肥; 产质量

花生是忌连作的作物之一, 连续种植花生易导致土壤养分不平衡, 土壤微生态环境失调, 花生荚果产量降低。平衡施用氮、磷、钾肥, 是花生高产的基础^[1]; 土壤中充足的锌能增加花生果针的强度, 延缓花生的衰老^[2]; 施用有机肥能缓解花生的连作障碍^[3], 平衡调节土壤酸碱度, 降低碱性土壤的 pH 值^[4-5], 增加酸性土壤的 pH 值^[6-7], 增加土壤中有效养分含量, 增加根际微生物的多样性和土壤酶的活性^[8-10], 促进花生生长^[11], 施用有机肥, 氮肥用量减少 6.6%、油菜产量提高 43.3%^[12]。有机肥代替 40% 的化肥施用, 花生产量增加 11.3%^[13]。因此, 花生平衡施肥和土壤改良并重, 对花生抗逆、稳产、高产、优质具有重要的意义。当前大田肥料施用的方式主要有表施-旋耕、表施-深

翻、开沟条施等, 研究表明, 化肥深施能降低养分损失^[14], 提高肥料的利用率^[15-17], 增加玉米^[18]、谷子^[19-20]、花生^[21]等作物的产量。有关分层施肥的报道主要集中在同一种肥料分层施用的排肥器设计及排肥器的分层效果和排肥量稳定性是否符合设计要求^[22-24]。李奔等^[25]研究认为, 氮肥 10 和 30 cm 异位分层施用, 能增加冬小麦的穗数, 产量增加 6.4% ~ 19.8%。李国生等^[26]研究认为, 与 10 cm 深基、追肥(两次沟施尿素)相比, 15 和 25 cm 深度一次性沟施氮肥, 能提高玉米生长季 0 ~ 30、30 ~ 60 cm 土层的氮浓度。张彩军等^[27-28]研究认为, 复合肥料在 15 和 25 cm 土层条施后, 荚果产量增加 23.1%。有关不同肥料分层施用方面的研究还未见报道。本研究利用具有自主知识产权的专利产品花生营养分层调控-起垄-播种一体机, 先深层施用花生含锌配方肥, 覆土后, 在深位施肥层上方, 施用有机肥, 进行微域生态改良, 覆土、起垄, 在 2 个施肥层的上方, 开沟播种花生, 研究有机肥与化肥分层施用对花生生长发育、养分积累量、产量和品质、土壤理化性状的影响, 旨在为砂姜黑土区夏花生微域土壤调理、高效施肥提供科学依据及实现花生减肥增效、大面积均衡增产的目的。

收稿日期: 2022-07-03; 录用日期: 2022-07-31

基金项目: 国家花生产业技术体系养分管理岗位(CARS-13); 河南省花生产业技术体系耕作栽培岗位(S2012-05-G02); 河南省农业科学院创新团队(2022TD15); 河南省农业科学院优秀青年科技基金(2022YQ07); 河南省农业科学院自主创新项目(2022ZC27)。

作者简介: 司贤宗(1975-), 副研究员, 博士, 主要从事经济作物施肥研究。E-mail: sixianzong@163.com。

通讯作者: 张翔, E-mail: zxtf203@163.com。



1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2021年6—10月安排在河南省正阳县兰青乡大余村。试验田土壤为砂姜黑土,土壤质地为黏土,土壤肥力均匀,排灌条件良好。0~20 cm耕层土壤基础地力:有机质1.52%、全氮0.08%、碱解氮113.0 mg/kg、有效磷38.0 mg/kg、速效钾75.0 mg/kg、有效锌0.49 mg/kg、pH值5.1。

1.2 试验设计

试验设5个处理,分别为:T1,有机肥600 kg/hm²,花生含锌缓释配方肥600 kg/hm²,撒施;T2,花生种下5 cm施用有机肥600 kg/hm²,种下8 cm施用含锌缓释配方肥600 kg/hm²;T3,花生种下5 cm施用有机肥600 kg/hm²+含锌缓释配方肥600 kg/hm²;T4,花生种下5 cm施用有机肥600 kg/hm²,种下8 cm施用含锌缓释配方肥450 kg/hm²;T5,花生种下5 cm施用有机肥600 kg/hm²+含锌缓释配方肥450 kg/hm²。采用有自主知识产权的花生营养分层调控—起垄—播种一体机(ZL 201620196548.2)在花生种下5和8 cm分别施用有机肥和化肥。

供试肥料为花生含锌配方肥,其氮(N)、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)、ZnSO₄·7H₂O配比为20:15:10:5,有机肥中有机质含量为55%,腐植酸含量为25%,干基N、P₂O₅、K₂O含量分别为2.2%、1.5%、1.4%,肥料全部作基肥施用。每个处理面积为225 m²(4.5 m×50 m),大区对比,随机区组排列。供试花生品种为豫花37,每穴种植2粒种子,播种密度为16.5万穴/hm²。试验于2021年6月7日整地,6月8日播种,6月18日出苗,9月28日收获。其他田间管理按照一般丰产大田进行管理。

1.3 样品采集与分析

1.3.1 土壤样品

花生种植前,采0~20 cm的基础土壤样品,测定pH值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锌含量;成熟期在同一行花生2穴间采集0~20 cm土壤样品,测定pH值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锌含量。

1.3.2 植株样品

在花生成熟期,每个处理采集有代表性5株花生,按照茎、叶、根、果壳和花生仁等不同部位分开,在105℃下杀青15 min,65℃恒温烘干,分别称干物质质量,样品粉碎后,测定其氮、磷、钾和

锌含量。采用凯氏定氮法测定氮含量,钼钒黄比色法测定磷含量,火焰光度法测定钾含量,原子吸收分光光度法测定锌含量^[10];每个处理采集有代表性10株花生测定主茎高、侧枝长、分枝数、饱果数等农艺性状及秕果数、饱果重、秕果重、出仁率、百果重等经济性状,花生仁测定总糖、粗脂肪、粗蛋白质、脂肪酸组分和蛋白质组分(氨基酸)等,按照GB/T 37493—2019铜还原—碘量法测定总糖含量,按照NY/T 1285—2007残余法测定粗脂肪含量,按照GB 5009.5—2016第一法测定粗蛋白质含量,按照GB 5009.124—2016茚三酮柱后衍生离子交换色谱仪测定氨基酸含量,按照GB 5009.168—2016第三法测定脂肪酸组分百分含量。

1.3.3 收获计产

在花生成熟期,每个处理取4 m²花生进行收获计产。

1.4 数据分析

采用Excel 2007进行数据初步整理,采用SPSS 17.0对试验数据进行方差分析,采用Duncan's新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对花生农艺性状的影响

从表1可以看出,花生种下施用有机肥和化肥T2、T3、T4、T5处理的主茎高、侧枝长、分枝数、饱果数、秕果数比有机肥和化肥撒施的T1处理分别增加0.5~2.4 cm、1.7~3.0 cm、0.8~2.0条/株、1.4~4.7个/株、0.5~4.8个/株,平均分别增加1.3 cm、2.3 cm、1.4条/株、2.9个/株、2.5个/株。相同施肥量时,花生种下5和8 cm分层施用有机肥和化肥T2和T4处理的主茎高、侧枝长、分枝数、饱果数、秕果数比种下5 cm同层施用有机肥和化肥的T3和T5处理分别增加1.2 cm、0.5 cm、0.4条/株、1.6个/株、1.3个/株和0.4 cm、0.3 cm、0.3条/株、0.9个/株、0.5个/株。

2.2 不同处理对花生经济性状及产量的影响

从表2可知,花生种下施用有机肥和化肥T2、T3、T4、T5处理的饱果重、秕果重、出仁率、百果重比有机肥和化肥撒施的T1处理分别增加1.3~3.3 g/株、0.1~2.4 g/株、0.3~2.8个百分点、21.0~33.0 g,平均分别增加2.1 g/株、1.2 g/株、1.5个百分点、26.8 g。相同施肥量时,花生种下5和8 cm分层施用有机肥和化肥T2和T4处理的饱果重、秕果重、出仁率、

百果重比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别增加 1.2 g/株、0.4 g/株、1.2 个百分点、1.7 g 和 0.4 g/株、0.2 g/株、1.1 个百分点、1.0 g。

花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的荚果产量分别比有机肥和化肥撒施的 T1 处理分别

增加 864.3、674.2、419.4、258.1 kg/hm²，分别增产 17.5%、13.7%、8.5%、5.2%。相同施肥量时，花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的荚果产量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别增加 190.1、161.3 kg/hm²，分别增产 3.3%、3.0%。

表 1 不同处理对花生农艺性状的影响

处理	主茎高 (cm)	侧枝长 (cm)	分枝数 (条/株)	饱果数 (个/株)	秕果数 (个/株)
T1	44.3c	45.2c	9.0c	16.0d	3.7c
T2	46.7a	48.2a	11.0a	20.7a	8.5a
T3	45.5b	47.7ab	10.6ab	19.1b	7.2ab
T4	45.2bc	47.2ab	10.1ab	18.3bc	4.7b
T5	44.8bc	46.9b	9.8bc	17.4c	4.2bc

注：同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

表 2 不同处理对花生经济性状及产量的影响

处理	饱果重 (g/株)	秕果重 (g/株)	出仁率 (%)	百果重 (g)	产量 (kg/hm ²)
T1	21.0c	2.4b	76.5c	163.0c	4933.1c
T2	24.3a	4.8a	79.3a	196.0a	5797.4a
T3	23.1b	4.4a	78.1b	194.3a	5607.3a
T4	22.7b	2.7b	77.9b	185.0b	5352.5b
T5	22.3b	2.5b	76.8c	184.0b	5191.2b

2.3 不同处理对花生植株中氮、磷、钾、锌积累量的影响

从表 3 可以看出，花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的花生植株中氮、磷、钾、锌积累量比有机肥和化肥撒施的 T1 处理分别增加 9.94 ~ 32.90、2.13 ~ 9.49、6.35 ~ 18.93、0.06 ~ 0.14 kg/hm²，平均分别增加 21.27、5.62、12.43、0.09 kg/hm²。相同施肥量时，花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的花生植株中氮、磷、钾、锌积累量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别增加 6.13、3.03、4.43、0.04 和 5.55、2.25、3.58、0.02 kg/hm²。

表 3 不同处理对花生植株中氮磷钾锌积累量的影响 (kg/hm²)

处理	氮	磷	钾	锌
T1	205.197c	23.176d	78.352d	0.215c
T2	238.101a	32.668a	97.283a	0.353a
T3	231.968a	29.637b	92.854ab	0.309b
T4	220.684b	27.578bc	88.287bc	0.287b
T5	215.133b	25.310cd	84.707c	0.270b

2.4 不同处理对花生收获后 0 ~ 20cm 土层土壤理化性状的影响

从表 4 可知，花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的 0 ~ 20 cm 土层土壤的 pH 值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锌含量比有机肥和化肥撒施的 T1 处理分别增加 0.04 ~ 0.11 个单位、0.09 ~ 0.30 g/kg、12.21 ~ 30.55 mg/kg、0.33 ~ 9.41 mg/kg、3.31 ~ 15.21 mg/kg、0.03 ~ 0.16 mg/kg，平均分别增加 0.07 个单位、0.19 g/kg、21.02 mg/kg、4.54 mg/kg、7.73 mg/kg、0.09 mg/kg。相同施肥量时，花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的 0 ~ 20 cm 土层土壤的 pH 值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锌含量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别增加 0.03 个单位、0.03 g/kg、3.90 mg/kg、3.64 mg/kg、7.57 mg/kg、0.05 mg/kg 和 0.02 个单位、0.04 g/kg、2.47 mg/kg、2.32 mg/kg、1.44 mg/kg、0.02 mg/kg。

2.5 不同处理对花生仁中总糖、粗脂肪、蛋白质含量的影响

从表 5 可知，花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的花生仁中总糖含量比有机肥

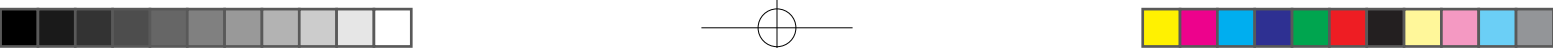


表 4 不同处理对花生收获后 0 ~ 20 cm 土壤理化性状的影响

处理	pH 值	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有效锌 (mg/kg)
T1	5.18a	15.32a	116.71c	42.10c	79.58c	0.48b
T2	5.29a	15.62a	147.26a	51.51a	94.79a	0.64a
T3	5.26a	15.57a	143.36a	47.87b	87.22b	0.59a
T4	5.24a	15.45a	131.39b	44.75bc	84.33bc	0.53b
T5	5.22a	15.41a	128.92b	42.43c	82.89bc	0.51b

和化肥撒施的 T1 处理降低 1.01 ~ 1.27 个百分点, 平均降低 1.14 个百分点。相同施肥量时, 花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的花生仁中总糖含量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别降低 0.09 和 0.07 个百分点。

花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的花生仁中花生仁中粗脂肪、粗蛋白质含量比有机肥和化肥撒施的 T1 处理分别增加 0.87 ~ 4.33、1.44 ~ 2.05 个百分点, 平均分别增加 2.56、1.74 个百分点。相同施肥量时, 花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的花生仁中粗脂肪、粗蛋白质含量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别增加 1.49、0.27 和 1.31、0.25 个百分点。

表 5 不同处理对花生品质的影响 (%)

处理	总糖	粗脂肪	粗蛋白质
T1	2.820a	47.279d	20.411d
T2	1.550b	51.610a	22.465a
T3	1.636b	50.117b	22.199ab
T4	1.741b	49.461bc	22.091bc
T5	1.808b	48.151cd	21.846c

2.6 不同处理对花生不同脂肪酸含量的影响

从表 6 可以看出, 花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的花生仁中油酸、花生酸、山嵛酸含量比有机肥和化肥撒施的 T1 处理分别增加 0.75 ~ 3.06、0.31 ~ 1.65、0.17 ~ 0.82 个百分点, 平均分别增加 1.94、0.75、0.50 个百分点。相同施肥量时, 花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的花生仁中油酸、花生酸、山嵛酸含量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别增加 0.82、1.15、0.11 和 0.96、0.25、0.13 个百分点。

花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的花生仁中棕榈酸、硬脂酸、亚油酸含量比有机肥和化肥撒施的 T1 处理分别降低 0.39 ~ 3.09、0.06 ~ 0.48、0.78 ~ 1.96 个百分点, 平均分别降低 1.59、0.28、1.33 个百分点。相同施肥量时, 花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的花生仁中棕榈酸、硬脂酸、亚油酸含量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别降低 1.24、0.13、0.70 和 0.66、0.17、0.52 个百分点。

表 6 不同处理对花生不同脂肪酸含量的影响 (%)

处理	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	花生酸	山嵛酸
T1	7.785a	1.644a	83.402d	4.823a	1.149a	1.197a
T2	4.699c	1.169a	86.458a	2.866c	2.796a	2.012a
T3	5.942b	1.295a	85.641ab	3.566bc	1.651a	1.905a
T4	6.742ab	1.416a	85.111bc	3.521bc	1.708a	1.502a
T5	7.399a	1.585a	84.147cd	4.039ab	1.459a	1.371a

2.7 不同处理对花生仁中人体必需氨基酸含量的影响

从表 7 可知, 花生种下施用有机肥和化肥 T2、T3、T4、T5 处理的花生仁中苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸含量比有机肥和化肥撒施的 T1 处理平均增加 0.10 ~ 0.20、0.11 ~ 0.30、0.02 ~ 0.11、0.12 ~ 0.25、0.14 ~ 0.46、0.20 ~ 0.31、0.10 ~ 0.26 个百分点, 平均分别增加 0.16、0.21、0.06、0.19、0.34、0.26、0.20 个百分点。相同施肥量时, 花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥 T2 和 T4 处理的花生仁中苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸含量比种下 5 cm 同层施用有机肥和化肥的 T3 和 T5 处理分别增加 0.02、0.05、0.06、0.03、0.06、0.01、0.04 和 0.07、0.07、0.05、0.06、0.20、0.06、0.10 个百分点。

表 7 不同处理对花生仁中人体必需氨基酸含量的影响 (%)

处理	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸
T1	1.082a	1.655a	0.490a	1.361a	2.647a	1.974a	1.487a
T2	1.284a	1.951a	0.597a	1.614a	3.104a	2.281a	1.751a
T3	1.262a	1.902a	0.533a	1.587a	3.045a	2.270a	1.714a
T4	1.251a	1.830a	0.560a	1.540a	2.991a	2.229a	1.692a
T5	1.180a	1.765a	0.514a	1.477a	2.790a	2.169a	1.589a

3 讨论与结论

3.1 有机肥对土壤理化性质、生态环境的影响

有机肥能改善土壤理化性质、土壤微生态环境,使作物高产优质。刘文娟等^[4]、田夏琼等^[5]研究表明,碱性土壤增施有机肥,能降低土壤 pH 值,提高土壤中有机质、全氮、有效磷、有效钾、有效铜、有效铁的含量,提高土壤细菌丰富度,降低细菌多样性,明确了土壤有机质含量和 pH 值是影响细菌丰富度和多样性的主要驱动因子。司海丽等^[10]研究认为,施用有机肥能显著增加 0 ~ 30 cm 土层土壤养分含量、土壤微生物数量,增加土壤中脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶和磷酸酶活性。戴良香等^[8]研究表明,施用有机肥能显著改善土壤根际微生态环境,提高植物胁迫耐受性。而谭玉红^[6]研究认为,酸性土壤施用有机肥,能增加土壤 pH 值,增加土壤中有效养分含量。吕春玲等^[7]研究表明,酸性或者中性土壤施用有机肥能显著增加土壤中有效磷的含量。谭玉红^[6]研究认为,随着有机肥施肥量增加和施肥深度的加深,土壤中的养分含量呈增加趋势。本研究结果表明,在 pH 值为 5.1 的土壤上,与有机肥和化肥撒施相比,花生种下施用有机肥和化肥,0 ~ 20 cm 土壤的 pH 值增加 0.07 个单位,与谭玉红^[6]研究结果一致。有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锌含量平均分别增加 0.19 g/kg、21.02 mg/kg、4.54 mg/kg、7.73 mg/kg、0.09 mg/kg。这与刘文娟等^[4]、田夏琼等^[5]、司海丽等^[10]、戴良香等^[8]、谭玉红^[6]、吕春玲等^[7]的研究结果基本一致。本研究应进一步对土壤中微生物及酶活性等生态环境指标进行研究,阐明有机肥和化肥分层施用对土壤微生态环境的影响,为土壤局部生态环境改善和养分增效提供支撑。

3.2 肥料施用方式对作物生长发育及品质的影响

化肥施用方式对作物生长发育有明显的影响,

丁相鹏等^[18]研究结果表明,施氮量为 225 kg/hm² 时,控释尿素一次性基施深度为 10 ~ 15 cm,能提高夏玉米的氮素吸收积累量,增加氮素利用效率,降低氮素损失,提高干物质积累量,产量增加 16.50% ~ 16.72%。李永虎等^[19-20]在谷子上的研究认为,氮、磷、钾施用水平距离和施用深度对产量有显著影响,施肥深度对谷子产量的影响大于施肥水平距离的影响。侯坤等^[14]进行土柱模拟试验,结果表明,与表施处理相比,肥料侧位 10 cm 深施的耕层土壤全氮、全磷含量分别比表施处理提高了 4.63% ~ 12.25%、5.43% ~ 6.40%。李亚妮等^[15]研究认为,氮肥施用深度可以调节作物根系分布特征及提水作用,促进作物对有限水分的高效利用,提高氮肥的利用效率。同种肥料分层施用也能促进作物生长发育、提高肥料利用效率,增加作物的产量。李奔等^[25]研究结果表明,与氮肥撒施-旋耕相比,氮肥 10 和 30 cm 异位分层施用,能增加冬小麦的穗数和产量,最大可增产 19.8%。徐萍等^[17]研究认为,与硬茬种肥同播相比,氮肥在 15 和 25 cm 深度施用,提高了玉米水分利用效率和氮肥偏生产力,增产 19.53%。张彩军等^[27-28]研究结果表明,与肥料在 15 cm 土层表施旋耕相比,复合肥料在 15 和 25 cm 土层条施后,能提高花生叶面积指数和叶片叶绿素含量,增加营养器官、果针和荚果干物质积累,荚果产量增加 23.1%。杨锐等^[12]研究认为,随着施氮量的增加,油菜产量变化呈线性-平台增加的趋势,不施有机肥和施有机肥的平台最小施氮量分别为 213 和 199 kg/hm²,油菜籽分别为 1754 和 2514 kg/hm²,能实现氮肥减施增效的目的。张敏等^[13]研究结果表明,化肥减施配施生物有机肥,能增加花生叶片叶绿素 SPAD 值、主茎高、第一侧枝长,提高花生根、茎、叶干物质积累量、生物总量,生物有机肥代替 40% 的化肥,荚果产量增加 11.28% ~ 16.65%。本研究认为,与有机肥和化肥撒施相比,花生种下施用有机肥和化



肥,花生主茎高、侧枝长、分枝数、饱果数、秕果数平均分别增加 1.3 cm、2.3 cm、1.4 条/株、2.9 个/株、2.5 个/株,花生饱果重、秕果重、出仁率、百果重平均分别增加 2.1 g/株、1.2 g/株、1.5 个百分点、26.8 g,荚果产量增加 5.2% ~ 17.5%;在化肥减施 25% 时,花生产量增加 5.4% ~ 8.5%,这和张敏等^[12]的研究结果基本一致。韩科峰等^[29]研究认为,施用商品有机肥和生物有机肥,葡萄中可溶性固形物含量增加 0.24 ~ 1.00 个百分点。郑国栋等^[11]研究结果表明,施用有机肥和菌肥,花生仁中蛋白质及粗脂肪含量分别增加 3.01% 及 1.73%。赵跃等^[30]研究认为,生物有机肥配施硅钙钾镁肥与常规施肥相比,西瓜心糖含量提高 13.08%,边糖含量提高 5.77%,维生素 C 含量提高 18.57%,总酸含量降低 31.25%,有关分层施肥对作物品质营养的研究未见报道。本研究结果表明,花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥的花生仁中粗脂肪、粗蛋白质含量平均分别增加 2.56、1.74 个百分点,油酸、花生酸、山萘酸含量平均分别增加 1.94、0.75、0.50 个百分点。此外,本研究结果也表明,花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥和化肥的植株中氮、磷、钾、锌积累量平均分别增加 21.27、5.62、12.43、0.09 kg/hm²。

本试验条件下,花生种下 5 和 8 cm 分层施用有机肥 600 kg/hm² 和化肥 450 kg/hm² 与撒施有机肥 600 kg/hm² 和化肥 600 kg/hm² 相比,化肥减施 25%,花生增产 419.4 kg/hm²,增产 8.5%,能实现花生农机农艺融合、有机肥和化肥协同增效的目的。

参考文献:

- [1] 王才斌. 小麦花生两熟制一体化高产高效平衡施肥技术研究[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21 (3): 67-71.
- [2] 司贤宗, 张翔, 索炎炎, 等. 施用锌肥和遮阴互作对花生生长发育、抗病性及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2018, 40 (3): 399-404.
- [3] 陈德乐, 王兴祥, 张亚楠, 等. 持续施用生物有机肥对花生产量和根际细菌群落的影响[J]. 土壤, 2021, 53 (3): 537-544.
- [4] 刘文娟, 马琨, 王兵兵, 等. 冬小麦免耕覆盖与有机肥施用对土壤丛枝菌根真菌群落多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2022, 41 (6): 1101-1108.
- [5] 田夏琼, 关统伟, 王淑英, 等. 短期内有机肥增施对高原土壤养分和细菌群落的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35 (4): 924-931.
- [6] 谭玉红. 有机肥施用量及施肥深度对柑橘产量和品质的影响[J]. 南方农业, 2019, 13 (12): 42-44.
- [7] 吕春玲, 陈延华, 何文天, 等. 玉米种植体系土壤磷素有效性对有机肥长期施用响应的 Meta 分析[J]. 农业环境科学学报, 2022, 41 (9): 2011-2022.
- [8] 戴良香, 张冠初, 丁红, 等. 有机肥和钙肥对盐碱土花生根际细菌群落结构的影响[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24 (5): 189-201.
- [9] 赵健宇, 王凤新, 孟潮彪, 等. 生物有机肥对马铃薯产量与土壤氮循环微生物的影响[J]. 农业机械学报, 2022, 53 (4): 343-351.
- [10] 司海丽, 纪立东, 刘菊莲, 等. 有机肥施用量对玉米产量、土壤养分及生物活性的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35 (4): 740-747.
- [11] 郑国栋, 龚岫, 黄炎霞, 等. 不同用量有机肥与菌剂组合对花生产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 花生学报, 2022, 51 (2): 1-8.
- [12] 杨锐, 熊廷浩, 资涛, 等. 配施有机肥条件下油菜化肥氮减施潜力研究[J]. 中国土壤与肥料, 2022 (9): 39-44.
- [13] 张敏, 陈佳佳, 杨正, 等. 化肥减施配施生物有机肥对花生生长、保护酶活性及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49 (21): 86-93.
- [14] 侯坤, 荣湘民, 韩永亮, 等. 施肥深度对潮砂土氮磷损失及土壤氮磷含量的影响[J]. 土壤, 2021, 53 (4): 707-714.
- [15] 李亚妮, 庞春花, 张永清, 等. 施氮深度和水分胁迫对藜麦幼苗生理及产量的影响[J]. 广西植物, 2022, 42 (7): 1222-1231.
- [16] 沈玉芳, 李世清. 施肥深度对不同水分条件下冬小麦根系特征及提水作用的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47 (4): 65-73.
- [17] 徐萍, 杨宪杰, 邓学斌, 等. 遍耕分层施肥对夏玉米产量形成的调控效应[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2022, 30 (3): 389-398.
- [18] 丁相鹏, 李广浩, 张吉旺, 等. 控释尿素基施深度对夏玉米产量和氮素利用的影响[J]. 中国农业科学, 2020, 53 (21): 4342-4354.
- [19] 李永虎, 曹梦琳, 杜慧玲, 等. 基于杂交谷子产量及其构成因素的最优养分用量和施肥位置研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25 (9): 1532-1541.
- [20] 李永虎, 曹梦琳, 杜慧玲, 等. 施肥位置及施肥量对杂交谷子干物质累积、转运和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2019, 52 (22): 4177-4190.
- [21] 司贤宗, 张翔, 索炎炎, 等. 磷肥-种子相对位置对花生生长发育及磷肥利用率的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021 (3): 84-89.
- [22] 宋少龙. 精准对行分层施肥机分层施肥装置的优化设计与试验研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2021.
- [23] 李光辉, 弋晓康, 李建军, 等. 棉花分层施肥机的研制与试验[J]. 新疆农机化, 2019 (4): 12-14, 17.
- [24] 张春艳, 荐世春, 康建明, 等. 花生起垄分层施肥覆膜播种机研制[J]. 农业装备与车辆工程, 2021, 59 (10): 32-37.
- [25] 李奔, 王贵彦, 陈召月, 等. 不同灌水条件下分层施肥对

- 冬小麦产量和水分利用效率的影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35 (3): 326-332.
- [26] 李国生, 吴小宾, 魏建林, 等. 分层施肥对玉米产量及氮肥利用率的影响[J]. 山东农业科学, 2020, 52 (3): 66-71.
- [27] 张彩军, 霍俊豪, 袁洁, 等. 分层减量施肥对花生植株干物质积累及产量的影响[J]. 花生学报, 2020, 49 (3): 58-63.
- [28] 张彩军, 孔洁, 司彤, 等. 分层施肥对花生植株生长动态的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2021, 38 (1): 15-19.
- [29] 韩科峰, 李火良, 斯林林, 等. 生物有机肥对葡萄产量及经济效益的影响[J]. 浙江农业科学, 2022, 63 (8): 1782-1784.
- [30] 赵跃, 黄楠, 刘继培. 生物有机肥配施硅钙钾镁肥对西瓜产量、品质及土壤养分的影响[J]. 农学学报, 2022, 12 (9): 37-41.

Effect of layered application of organic fertilizer and chemical fertilizer under seed on peanut yield-quality

SI Xian-zong¹, ZHANG Xiang^{1*}, SUO Yan-yan¹, LI Liang¹, YU Hui² (1. Institute of Plant Nutrition, Resource and Environment, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Henan 450002; 2. Zhengyang Institute of Peanut, Zhengyang Henan 463600)

Abstract: Effects of layered application of organic fertilizer and chemical fertilizer under seed on peanut growth and development, nutrient accumulation, yield, quality and soil physical and chemical properties were studied by peanut nutrition layered fertilization-ridge-sow combination machine, in order to provide scientific basis for soil conditioning and efficient fertilization of summer peanut in vertisol soil area. The results showed that fertilizer applied under seed improved agronomic and economic properties of peanut, improved physical and chemical properties of soil, increased nutrient accumulation of peanut. The content of oleic acid increased by 1.94 percentage points on average, yield increased by 554.0 kg/hm² and 11.2% on average, compared with those of the broadcast application of organic fertilizer and chemical fertilizer, among of them, the peanut pod yield of layered application of 600 kg/hm² organic fertilizer and 600 kg/hm² chemical fertilizer at 5 and 8 cm under seed was the highest, which was 5759.4 kg/hm². Yield of peanut with organic fertilizer and chemical fertilizer layered application in 5 and 8 cm under seed was higher than that of with organic fertilizer and chemical fertilizer applied in 5 cm layer, increased averagely by 175.7 kg/hm² and 3.3%, and oleic acid content in peanut kernel increased averagely by 0.89 percentage points. When chemical fertilizer application was reduced by 25%, yield of peanut with organic fertilizer and chemical fertilizer under seed increased by 258.1-419.4 kg/hm² and 5.2%-8.5% on average, and oleic acid content in peanut kernel increased averagely by 0.75-1.71 percentage points, compared with those of organic fertilizer and chemical fertilizer broadcast application, among them, effects of increasing yield and improving quality was better when organic fertilizer and chemical fertilizer were layered applied in 5 and 8 cm under seed. In brief, compared with those of organic fertilizer and chemical fertilizer broadcast application, when application of chemical fertilizer was reduced by 25%, the yield of peanut with layered application of 600 kg/hm² organic fertilizer and 450 kg/hm² chemical fertilizer in 5 and 8 cm under seed was increased by 419.4 kg/hm² and 8.5%, which could realize synergistic effect of organic fertilizer and chemical fertilizer, and achieve purpose of chemical fertilizer reduction and large-scale balanced yield increase, it should be popularized and applied in main production areas of summer peanut.

Key words: peanut; layered application under seed; organic fertilizer; chemical fertilizer; yield and quality