

司贤宗,张翔,索炎炎,等. 施硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(6):59-63.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.06.012

# 施硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响

司贤宗<sup>1</sup>,张翔<sup>1</sup>,索炎炎,毛家伟<sup>1</sup>,李亮<sup>1</sup>,余琼<sup>1</sup>,李国平<sup>1</sup>,余辉<sup>2</sup>

(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:**采用大田随机区组试验,研究施硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响,为花生合理施用硫肥提供技术支撑。结果表明,随着施硫量的增加,花生的饱果质量、出仁率、百果质量、产量呈增加趋势,其最大值分别为 29.2 g/株、68.8%、224.5 g、5 836.5 kg/hm<sup>2</sup>;油酸、亚油酸的含量呈增加趋势,最高值分别为 37.83%、39.83%;硬脂酸、花生酸的含量呈抛物线变化趋势,最大值分别为 3.45%、1.48%;蛋氨酸、色氨酸的含量呈增加趋势,最大值分别为 0.26%、0.30%。花生仁、茎、果壳、叶、根中硫积累量分别占总积累量的 44.4%~47.7%、29.4%~31.5%、12.1%~13.6%、6.7%~7.5%、1.9%~5.2%,随着施硫量的增加,花生仁、果壳、茎中硫的积累量呈抛物线变化趋势,叶、根中硫的积累量呈增加趋势。花生硫素积累量、硫肥利用率、硫肥农学效率均随着施硫量的增加呈抛物线变化趋势,最大值分别为 19.65 kg/hm<sup>2</sup>、8.4%、9.8 kg/kg。在本试验条件下,施硫量在 60~90 kg/hm<sup>2</sup> 时,花生生产量为 5 665.5~5 802.0 kg/hm<sup>2</sup>,硫肥利用率、硫肥农学效率分别为 7.1%~8.4%、8.0~9.8 kg/kg。

**关键词:**花生;硫肥;产质量;吸收;利用

**中图分类号:** S565.206;S143.7<sup>+</sup>1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2020)06-0059-05

花生是需硫较多的作物,随着花生生产量的增加,每年从土壤中携走较多的硫,同时,农家肥、含

收稿日期:2019-03-05

基金项目:河南省花生产业技术体系耕作栽培岗位项目(编号:S2012-05-G02);河南省农业科学院自主创新专项基金;河南省重大科技攻关项目(编号:122101110600)。

作者简介:司贤宗(1975—),男,河南夏邑人,博士,助理研究员,主要从事经济作物施肥研究。E-mail:sixianzong@163.com。

通信作者:张翔,研究员,主要从事植物营养与施肥技术研究。E-mail:zxtf203@163.com。

硫化肥投入量减少,易导致土壤中的硫不能满足整个花生生育期对硫的需求,进而影响花生的产量和品质<sup>[1]</sup>。因此,研究硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响,对花生产量增加、品质改善和硫肥高效利用具有重要意义。国内外学者对硫营养的研究主要集中在冬小麦<sup>[2]</sup>、玉米<sup>[3-4]</sup>、水稻<sup>[5]</sup>、油菜<sup>[6]</sup>、烤烟<sup>[7]</sup>、卷心菜<sup>[8]</sup>等作物的生长发育、产量增加和品质改善上,而对花生硫营养研究较少,且研究内容多集中在花生缺硫矫正施肥和产量效益方面,如周

食与油脂,2014,27(2):12-15.

[4]姜琳,王有婧,周薇,等. 植物抵抗盐胁迫的生理机制[J]. 北方园艺,2016(23):190-194.

[5]于章龙,段欣,武晓娟,等. 红小豆功能特性及产品开发研究现状[J]. 食品工业科技,2011(1):360-363.

[6]Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance[J]. Annual Review of plant Biology,2008,59:651-681.

[7]Hong C Y,Chao Y Y,Yang M Y,et al. Na<sup>+</sup> but not Cl<sup>-</sup> or osmotic stress is involved in NaCl-induced expression of glutathione reductase in roots of rice seedlings[J]. Journal of Plant Physiology, 2009,166(15):1598-1606.

[8]Gong H, Blackmore D, Clingeleffer P, et al. Contrast in chloride exclusion between two grapevine genotypes and its variation in their hybrid progeny[J]. Journal of Experimental Botany,2011,62(3):989-999.

[9]Storey R,Schachtman D P,Thomas M R. Root structure and cellular

chloride, sodium and potassium distribution in salinized grapevines [J]. Plant, Cell & Environment,2003,26(6):789-800.

[10]White P J, Broadly M R. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review[J]. Annals of Botany,2001,88(6):967-988.

[11]段才绪,何平,谢英赞,等. 盐胁迫对决明种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2013,38(2):73-78.

[12]王永娟,周妍,徐明,等. 盐胁迫对大豆种子萌发及矿质元素变化的影响[J]. 生态学杂志,2015,34(6):1565-1571.

[13]周丹丹. 朴树等 3 个树种耐盐性生理生化研究及评价[D]. 泰安:山东农业大学,2016:38.

[14]Yang J Y,Zheng W,Tian Y,et al. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings [J]. Photosynthetica,2011,49(2):275-284.

可金等采用盆栽方法,研究供硫水平对花生叶片硫素含量与形态的影响,认为不同叶龄叶片对缺硫反应差异明显,幼叶对缺硫反应更为敏感<sup>[9]</sup>;魏林根等对花生硫素营养特性进行了研究,结果表明,施硫均能显著提高花生各生育阶段对硫的吸收量,提高花生植株硫的含量<sup>[10]</sup>;杨杰等对花生施硫效应进行了研究,认为施硫能改善花生的农艺性状,显著增加花生的产量<sup>[11-14]</sup>。在硫与其他营养元素肥料配施的综合效应方面,熊金燕等研究了控缓释含硫尿素对花生产量和品质的影响,结果表明,施用控缓释含硫尿素可以促进花生营养生长与生殖生长,改善农艺性状与产量性状,提高花生产量<sup>[15]</sup>;何春梅等利用盆栽试验方法,研究了钾、镁、硫元素不同配比对花生养分吸收、累积及分配的影响,认为钾、镁、硫配比有利于增加花生生物产量、提高经济产量<sup>[16]</sup>。总体来说,对花生硫营养的研究远不及对氮、磷、钾营养的研究全面、系统,有关施硫对花生产量、品质和硫的吸收利用等方面的研究还鲜见报道。因此,本研究围绕豫南花生产区不重视硫肥的施用,制约花生产量增加和品质提高等问题,研究了施用硫肥对花生产量、脂肪酸组分、蛋白质组分以及对硫的吸收、利用的影响,为豫南砂姜黑土区花生产量增加、品质改善和硫肥的高效利用提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2017 年 6—10 月在河南省正阳县兰青乡大余村花生试验田进行。试验田土壤为砂姜黑土,质地黏重,土壤肥力均匀,排灌条件良好。0~20 cm 耕层土壤基础地力情况:有机质含量为 19.2 g/kg,全氮含量为 1.28 g/kg,速效氮含量为 131.4 mg/kg,速效磷含量为 30.3 mg/kg,速效钾含量 155.4 mg/kg,有效硫含量为 26.2 mg/kg,全硫含量为 145.3 mg/kg,pH 值=4.1。

### 1.2 试验设计

试验设 5 个处理,分别为 T1:对照(不施硫);T2:施硫 30 kg/hm<sup>2</sup>;T3:施硫 60 kg/hm<sup>2</sup>;T4:施硫 90 kg/hm<sup>2</sup>;T5:施硫 120 kg/hm<sup>2</sup>。

各个处理氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)用量均分别为 150、120、90 kg/hm<sup>2</sup>,硫肥为硫酸铵(含硫量为 23.5%,含氮量为 20.5%),其他肥料品种为尿素(含氮量为 46%)、重钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的含量为 44%)、氯化

钾(K<sub>2</sub>O 含量为 60%);肥料全部作基肥施用,整地后,肥料撒施,旋耕,起垄播种花生。试验小区面积为 15 m<sup>2</sup>,3 个重复,随机排列。供试花生品种为豫花 22。种植方式为起垄种植,花生种植密度 18 万穴/hm<sup>2</sup>,每穴播种 2 粒。于 6 月 1 日播种,9 月 14 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

土壤样品采集与测定,整地施肥前采集 1 kg 基础土壤(0~20 cm)样品,测定基础地力。

在花生收获时,每个处理取有代表性的 5 株花生,分别按照花生茎、叶、根、果壳和花生仁等部位分开,65℃ 恒温烘干,测定其干物质量,样品粉碎后,测定全硫含量。

花生品质分析:按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》测定粗脂肪含量;按照 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》测定脂肪酸组分相对百分含量;氨基酸组分测定采用氨基酸自动分析仪。

### 1.4 收获与计产

花生收获时,每个处理分别取 4 m<sup>2</sup> 花生进行收获、晾晒、称质量计产;同时每个处理取有代表性的 10 株花生进行考种,测定单株饱果数和秕果数、单株饱果质量和秕果质量、百果质量等。

### 1.5 数据分析

硫肥利用率=(施硫区硫素吸收量/不施硫区硫素吸收量)/施硫量×100%;

硫肥农学利用率(kg/kg)=(施硫区籽粒产量/不施硫区籽粒产量)/施硫量;

硫肥偏生产力(kg/kg)=施硫区籽粒产量/施硫量<sup>[17]</sup>。

试验数据采用 Excel 2007 软件进行初步整理;用 DPS 软件对试验数据进行方差分析;用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对花生经济性状及产量的影响

由表 1 可知,与不施硫肥相比,施硫能增加花生饱果质量、出仁率、百果质量、产量,降低秕果质量。随着施硫量的增加,花生的饱果质量,出仁率、百果质量、产量呈增加趋势,其最大值分别为 29.2 g/株、68.8%、224.5 g、5 836.5 kg/hm<sup>2</sup>。花生荚果与施硫量的关系经线性加平台模型检验( $P=0.0202$ ),平

表 1 不同处理对花生经济性状及产量的影响

处理	饱果质量 (g/株)	秕果质量 (g/株)	百果质量 (g)	出仁率 (%)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
T1	25.3c	2.0a	218.3b	64.6b	5 079.0c
T2	26.6b	1.3b	219.1b	67.3a	5 257.5bc
T3	27.9b	1.3b	220.2b	67.4a	5 665.5ab
T4	29.1a	1.1b	224.1a	68.0a	5 802.0a
T5	29.2a	1.0b	224.5a	68.8a	5 836.5a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下表同。

台产量为 5 819.3 kg/hm<sup>2</sup>,平台拐点施硫量为 79.6 kg/hm<sup>2</sup>,在 0~79.6 kg/hm<sup>2</sup> 施硫量范围, $y$ (花生荚果产量)=5 040.8+9.775 $x$ (施硫量),施硫量高于 79.6 kg/hm<sup>2</sup>, $y$ (花生荚果产量)=5 819.3。因此可以认为,施硫量的临界值或最优施用量为 79.6 kg/hm<sup>2</sup>。

2.2 不同处理对花生仁中脂肪酸组分含量的影响

由表 2 可知,随着施硫量的增加,油酸、亚油酸的含量呈增加趋势,T5 处理最高,分别为 37.83%、39.83%;硬脂酸、花生酸的含量呈抛物线变化趋势,T3 处理均最高,分别为 3.45%、1.48%;棕榈酸、花生一烯酸、山嵛酸、木焦油酸的含量呈降低趋势,T1 处理均最高,分别为 13.85%、0.89%、2.84%、1.41%。

表 2 不同处理对花生仁中脂肪酸组分含量的影响

处理	组分含量(%)							
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	花生酸	花生一烯酸	山嵛酸	木焦油酸
T1	13.85a	3.30b	36.84b	39.43a	1.44a	0.89a	2.84a	1.41a
T2	12.92b	3.40a	37.72a	39.45a	1.47a	0.88ab	2.78b	1.38ab
T3	12.83b	3.45a	37.74a	39.60a	1.48a	0.84ab	2.71bc	1.35b
T4	12.72b	3.42a	37.78a	39.80a	1.47a	0.83b	2.65c	1.33bc
T5	12.70b	3.40a	37.83a	39.83a	1.46a	0.82b	2.64c	1.32c

2.3 不同处理对花生仁中人体必需氨基酸组分含量的影响

由表 3 可知,在 8 种人体必需氨基酸中,随着施硫量的增加,蛋氨酸、色氨酸的含量呈增加趋势,T5 处理最高,分别为 0.26%、0.30%;缬氨酸、赖氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸的含量呈降低

趋势,T1 处理均最高,分别为 1.19%、1.11%、0.73%、0.89%、1.72%、1.42%。说明施硫能增加含硫氨基酸组分含量,如蛋氨酸含量;色氨酸是生长素的合成前体,施硫增加则色氨酸组分含量增加,在一定程度上能提高生长素的合成,延缓花生的衰老。

表 3 不同处理对花生仁中人体必需氨基酸组分含量的影响

处理	组分含量(%)							
	蛋氨酸	缬氨酸	赖氨酸	苏氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	色氨酸
T1	0.23a	1.19a	1.11a	0.73a	0.89a	1.72a	1.42a	0.26a
T2	0.24a	1.18a	1.09a	0.71a	0.89a	1.71a	1.42a	0.27a
T3	0.24a	1.16a	1.08a	0.71a	0.87a	1.70a	1.41a	0.28a
T4	0.25a	1.15a	1.07a	0.71a	0.87a	1.68a	1.39a	0.29a
T5	0.26a	1.13a	1.05a	0.69a	0.85a	1.67a	1.38a	0.30a

2.4 不同处理对花生不同器官硫含量的影响

由表 4 可知,花生植株硫含量在 0.10%~0.31%,不同器官硫含量的大小顺序依次为根>花生仁>叶>茎>果壳,平均值分别为 0.23%、0.21%、0.19%、0.18%、0.12%;随着施硫量的增

加,花生叶、果壳中硫含量呈线性加平台变化趋势,表明施硫量超过 T2 处理后,叶、果壳中硫含量变化幅度较小;花生仁、茎中硫含量随着施硫量的增加呈抛物线变化趋势,T4 处理的花生仁、茎中硫含量均最高,分别为 0.23%、0.20%,说明施硫量超过一

表 4 不同处理对花生不同器官硫含量的影响

处理	硫含量(%)				
	叶	茎	根	果壳	花生仁
T1	0.17a	0.14b	0.18b	0.10a	0.19a
T2	0.19a	0.16ab	0.22b	0.11a	0.21a
T3	0.20a	0.19ab	0.23b	0.12a	0.22a
T4	0.20a	0.20a	0.22b	0.13a	0.23a
T5	0.20a	0.19a	0.31a	0.13a	0.21a

定范围,花生仁、茎中硫含量不增,反而降低;根中硫含量随着施硫量的增加呈增加趋势,T5 处理的硫含量最大,为 0.31%,表明施硫量过大时,根中硫含量急剧增加。

2.5 不同处理对硫积累、分配的影响

由表 5 可知,花生不同器官硫积累量的大小顺序依次为花生仁>茎>果壳>叶>根,其中花生仁、茎、果壳、叶、根中硫积累量分别占总积累量的 44.4%~47.7%、29.4%~31.5%、12.1%~13.6%、6.7%~7.5%、1.9%~5.2%。随着施硫量的增加,花生仁、果壳、茎中硫的积累量呈抛物线变化趋势,T4 处理的硫积累量均最大,分别为 9.07、2.41、6.16 kg/hm<sup>2</sup>;叶、根中硫的积累量随着施硫量的增加呈增加趋势,T5 处理的硫积累量均最大,分别为 1.34、0.99 kg/hm<sup>2</sup>。

表 5 不同处理对硫积累、分配的影响

处理	积累量(kg/hm <sup>2</sup> )				
	叶	茎	根	果壳	花生仁
T1	0.99b	3.96c	0.25c	1.80b	6.23c
T2	1.14ab	4.59b	0.54b	1.89b	7.43b
T3	1.25ab	5.77a	0.65b	2.22a	8.40a
T4	1.32a	6.16a	0.68b	2.41a	9.07a
T5	1.34a	5.87a	0.99a	2.37a	8.43a

2.6 不同处理对硫利用效率的影响

由表 6 可知,随着施硫量的增加,花生硫素积累量、硫肥利用率、硫肥农学效率均呈抛物线变化趋势,其中 T4 处理的硫素积累量最大,为 19.65 kg/hm<sup>2</sup>,T3 处理的硫肥利用率、硫肥农学效率最高,分别为 8.4%、9.8 kg/kg;硫肥偏生产力随着施硫量的增加呈降低趋势,T2 处理的硫肥偏生产力最大,为 175.3 kg/kg。

3 结论与讨论

3.1 施硫对作物产量和品质的影响

曹殿云等在玉米上的研究结果表明,施硫量为

表 6 不同处理对硫利用效率的影响

处理	硫素积累量(kg/hm <sup>2</sup> )	硫肥利用率(%)	硫肥农学效率(kg/kg)	硫肥偏生产力(kg/kg)
T1	13.23c	—	—	—
T2	15.59b	7.9a	6.0c	175.3a
T3	18.29a	8.4a	9.8a	94.4b
T4	19.65a	7.1b	8.0b	64.5c
T5	19.01a	4.8c	6.3c	48.6c

80 kg/hm<sup>2</sup> 时,能提高玉米产量<sup>[3]</sup>;景金富等研究认为,油菜在高氮条件下施硫,籽粒产量增加了 12.7%<sup>[6]</sup>;李娜等的研究结果表明,随着施硫水平的增加,玉米产量呈抛物线变化趋势,施硫量为 150 kg/hm<sup>2</sup> 时,产量最高<sup>[4]</sup>;周跃良等研究结果表明,花生施用硫肥有明显的增产效果,幅度达 6.8%~15.0%<sup>[12-13]</sup>;苑学亮等研究认为,施硫量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时,花生的产量最高,为 5 359.5 kg/hm<sup>2</sup>,增产 793.1 kg/hm<sup>2</sup>,增产率达 17.4%<sup>[14]</sup>。本研究结果表明,随着施硫量的增加,花生产量呈增加趋势,其最高产量为 5 836.5 kg/hm<sup>2</sup>,与不施硫相比,增产 14.9%,经线性加平台模型检验,平台产量为 5 819.3 kg/hm<sup>2</sup>,平台拐点施硫量为 79.6 kg/hm<sup>2</sup>,在 0~79.6 kg/hm<sup>2</sup> 施硫量范围,花生荚果产量与施硫量成正比,施硫量高于 79.6 kg/hm<sup>2</sup>,花生荚果产量不再增加。因此可以认为,施硫量的临界值或最优施用量为 79.6 kg/hm<sup>2</sup>。本研究结果基本与前人研究一致。王媛媛等研究认为,施硫提高了花生主茎高和侧枝长,显著增加了叶片叶绿素含量和光合速率,延缓了叶片衰老;施硫不仅显著增加了花生荚果产量,而且明显提高了花生仁中蛋白质和脂肪含量及油酸/亚油酸比值,其中施硫量为 40 kg/hm<sup>2</sup> 时,籽仁蛋白质含量最高<sup>[18-19]</sup>。熊金燕等研究结果表明,施用控缓释含硫尿素可以促进花生营养生长与生殖生长,提高作物农艺性状与产量性状,花生产量提高了 23.36%,施用控缓释含硫尿素使花生仁中蛋白质和粗脂肪含量分别提高了 5.4%、4.9%,改善了作物品质<sup>[15]</sup>。汪仁等的盆栽试验研究表明,与对照相比,施硫 80 mg/kg 时,花生增产 17%,花生仁中蛋白质产量增加 20.1%,脂肪产量增加 21.5%<sup>[20]</sup>。本研究表明,与不施硫肥相比,施硫能增加花生饱果质量、出仁率、百果质量、产量,降低秕果质量;随着施硫量的增加,花生的饱果质量、出仁率、百果质量呈增加趋势,其最大值分别为 29.2 g/株、68.8%、224.5 g;随着施硫量的增加,油酸、亚油酸的含量呈增加趋势,最高值分别为

37.83%、39.83%;在 8 种人体必需氨基酸中,随着施硫量的增加,蛋氨酸、色氨酸的含量呈增加趋势,色氨酸是生长素的合成前体,施硫增加则色氨酸组分含量增加,在一定程度上能提高生长素的合成,延缓花生的衰老。

### 3.2 作物对硫吸收、利用的影响

赵玉霞等在小麦上的研究表明,施硫量在 75 ~ 225 kg/hm<sup>2</sup> 时,小麦硫素吸收累积量呈线性加平台趋势,施硫量在 97.35 ~ 139.32 kg/hm<sup>2</sup> 时,硫肥利用率较高<sup>[2]</sup>;李娜等研究表明,玉米硫肥偏生产力和农学利用率随施硫量的增加而下降,玉米硫肥吸收利用率均在 5% 以下<sup>[4]</sup>;曹殿云等在玉米上的研究表明,施硫量为 80 kg/hm<sup>2</sup> 时,能提高玉米对硫吸收、利用效率<sup>[3]</sup>;景金富等研究认为,施硫能增加油菜对硫的吸收和利用<sup>[6]</sup>;周可金等研究表明,当硫素供应不足时,不同叶龄叶片对缺硫反应差异明显,幼叶对缺硫反应更为敏感<sup>[9]</sup>;魏林根等研究认为,施硫能显著提高花生不同生育阶段硫的吸收量,花生在始花 - 盛花期吸收硫的强度最大,同一生育期施硫能提高花生不同器官中硫的含量<sup>[10]</sup>;王照林等在烟草上的研究表明,烤烟从施入的肥料中吸收的硫占烟株全硫量的 42% ~ 59%,在施硫量在 0 ~ 150 kg/hm<sup>2</sup> 范围内,硫素利用率随施硫量的提高而降低,硫素利用率为 13.61% ~ 37.3%<sup>[7]</sup>。本研究表明,花生植株硫含量在 0.10% ~ 0.31%,根、花生仁、叶、茎、果壳等不同器官硫含量的平均值分别为 0.23%、0.21%、0.19%、0.18%、0.12%;随着施硫量的增加,花生叶、果壳中硫含量呈线性加平台变化趋势,花生仁、茎中硫含量随着施硫量的增加呈抛物线变化趋势,根中硫含量呈增加趋势;花生仁、茎、果壳、叶、根中硫积累量占花生总积累量的 44.4% ~ 47.7%、29.4% ~ 31.5%、12.1% ~ 13.6%、6.7% ~ 7.5%、1.9% ~ 5.2%,花生硫素总积累量随着施硫量的增加而增加,这与赵玉霞等研究的结果<sup>[2-4,6,9,10]</sup> 较为一致;随着施硫量的增加,花生硫肥利用率、硫肥农学效率均呈抛物线变化趋势,其中,硫肥利用率、硫肥农学效率最高分别为 8.4%、9.8 kg/kg;硫肥偏生产力随着施硫量的增加呈降低趋势,硫肥偏生产力最大为 175.3 kg/kg;王照林等在烟草上的研究表明,随着施硫量的增加,硫肥利用率呈降低趋势<sup>[7]</sup>,这可能是作物种类不同引起的。

在氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)施用量为 150、

120、90 kg/hm<sup>2</sup> 的基础上,施硫量为 60 ~ 90 kg/hm<sup>2</sup> 时,能提高花生的产量,改善花生品质,提高硫肥的利用效率。

### 参考文献:

- [1] 王才斌,迟玉成,郑亚萍,等. 花生硫营养研究综述,中国油料[J]. 1996,18(3):76-78.
- [2] 赵玉霞,周芳,李雪芳,等. 氮硫配施对冬小麦氮硫吸收转运及利用效率的影响[J]. 中国生态农业学报,2014,22(9):1020-1028.
- [3] 曹殿云,王宏伟,徐晓旭. 硫肥用量对玉米氮硫吸收分配和产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2017,25(9):1298-1305.
- [4] 李娜,杨阳,赵玉霞,等. 施用硫肥对关中地区夏玉米硫素吸收及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(5):168-172.
- [5] 刘光荣,袁福生,李祖章,等. 氮硫配施对水稻的效应研究[J]. 江西农业学报,2001,13(2):1-7.
- [6] 景金富,孟赐福,马军伟,等. 施用氮、硫肥对油菜和水稻产量的交互作用[J]. 浙江农业学报,2000,12(2):10-14.
- [7] 王照林,张晓海,王平华,等. 烤烟对硫素的田间吸收利用规律研究[J]. 云南农业大学学报,2004,19(1):105-109.
- [8] 赵仪华,林志刚,赵健青. 添加磷石膏的长效氮肥对卷心菜吸收氮、硫的影响[J]. 土壤通报,1993,24(2):80-82.
- [9] 周可金,雷红灵,肖文娜,等. 供硫水平对花生叶片硫素含量与形态的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008(6):1154-1159.
- [10] 魏林根,刘益仁,章和珍,等. 花生硫素营养特性的研究[J]. 江西农业学报,2002,14(2):19-23.
- [11] 杨杰,章明清,彭嘉桂,等. 花生硫肥效应与施用量研究[J]. 福建农业科技,1999(3):3-4.
- [12] 周跃良,林蕴华,张德兵,等. 花生施硫效应研究[J]. 作物研究,1999(2):28-30.
- [13] 吴德淮,钟厚,黄明,等. 花生施用硫素肥料效果试验[J]. 现代农业科技,2016(18):23,26.
- [14] 苑学亮,房媛,高爽. 硫肥用量对花生农艺性状及产量的影响[J]. 现代农业科技,2017(4):9,11.
- [15] 熊金燕,章力干,马友华,等. 控缓释含硫尿素对花生产量和品质的影响[J]. 安徽农学通报(上半月刊),2010,16(11):145-146,232.
- [16] 何春梅,王飞,李清华,等. 钾、镁、硫元素不同配比对花生养分吸收、累积及分配的影响[J]. 土壤通报,2009,40(6):1385-1389.
- [17] 王宜伦,李潮海,谭金芳,等. 超高产夏玉米植株氮素积累特征及一次性施肥效果研究[J]. 中国农业科学,2010,43(15):3151-3158.
- [18] 王媛媛,张佳蕾,张凤,等. 硫肥不同用量对花生氮代谢的影响[J]. 花生学报,2013,42(1):12-17.
- [19] 王媛媛,高波,张佳蕾,等. 硫肥不同用量对花生生理性状及产量、品质的影响[J]. 山东农业科学,2014,46(12):67-71.
- [20] 汪仁,安景文,张士义,等. 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.