

氮、钙配施对花生根系生长及氮肥利用的影响

刘颖¹ 伊淼² 王建国¹ 郭峰¹ 张佳蕾¹
唐朝辉¹ 李新国^{1,3} 万书波^{1,3}

(1. 山东省农业科学院 生物技术研究中心、山东省作物遗传改良与生态生理重点实验室, 山东 济南 250100;
2. 青岛农业大学 农学院, 山东 青岛 266109; 3. 农业农村部 华东地区
作物栽培科学观测实验站, 山东 东营 257000)

摘要 以‘花育25’为材料, 研究氮、钙配施及适期追肥对花生根系生长及氮、钙素积累分配及氮素利用的影响。结果表明, 同高氮肥条件下, 增施钙肥 T2(基施 N157.5 + CaO450 kg/hm²) 处理根系生物量较 T1(基施 N157.5) 增加 20.26%, 显著促进了根系的生长发育, 但对花生根系形态影响较小, 且增施钙肥提高了各器官氮、钙素积累量及氮素利用率、氮肥偏生产力增施钙肥且作基肥条件下, 减施氮肥 28.6% + 花针期追施氮肥处理(T4) 荚果的氮素积累量降低不明显, 但显著提高花生的氮肥农学利用效率及氮肥偏生产力, 说明减氮增钙并配合氮素运筹可提高花生的氮素利用。T4 处理根系生物量、氮素利用率较 T5(减氮 28.6% + 钙肥追施) 处理均有显著提高, 但根系长度、总表面积、平均直径无显著差异, 根系总体积显著提高 18.29% ($P < 0.05$)。综合根系形态、氮、钙素吸收、氮肥利用效率等研究结果, 以 T4(基施 N67.5 kg/hm² + CaO450 kg/hm² + 追施 N45 kg/hm²) 处理效果较好, 既有利于花生产量的提高, 又利于实现氮肥减施的目的。

关键词 花生; 氮肥; 钙肥; 根系性状; 氮素利用率

中图分类号 R714.2

文献标识码 A

根系是植物重要的营养吸收器官, 各器官干物质的形成、养分积累、分配与根系生长发育密切相关, 根系通过自身形态和代谢活性等变化促进植物对氮素、钙素的吸收利用, 且与地上部生长相互促进, 最终实现作物高产高效^[1, 2]。根系的生长发育情况一般用根长、根平均直径、根体积、根表面积等指标衡量^[3]。有研究发现露地栽培条件下, 施钙处理与不施钙肥处理相比, 总根系长度、表面积、体积分别提高 49.48%、39.07%、27.91%^[4]。培养液添加钙离子可显著提高花生根系活力, 延缓根系的衰老^[5]。适量增施钙肥可以提高花生产量, 增加花生钙积累量, 但钙肥在花生生产中是经常被忽略的一种重要肥料^[6]。

合理的氮素供应有利于根系的生长, 且大多集中在增施氮肥对产量、元素积累量及根系长度的影响^[7, 9]。王友华^[10]等研究发现, 施氮可以提高玉米的根系长度, 且随施氮量增加而增加。但生产上片面追求产量导致氮肥用量过高, 造成土壤中氮素的堆积, 降低氮肥利用率, 并给环境带来巨大压力, 影响生态安全^[11]。适量减施氮肥配合基肥后移能够提高小麦生育后期的氮素吸收同化能力, 为产量的提高奠定基础^[12]。合理的氮肥运筹可以促进夏玉米根系的生长, 提高植株氮素积累量及氮肥利用效率^[13]。我国花生施肥中氮肥过多、养分失衡是主要问题。由于长期大量施用氮肥, 严重抑制了根瘤菌的固氮作用。且作为花生所需大量元素的钙素施用极少或不施, 成为限制花生产量提高的因素之一。为此, 本试验采用盆栽试验, 探究氮肥减施、增施钙肥对花生根系形态和氮钙素积累分配的影响, 为花生减肥栽培提供理论依据。

收稿日期: 2020-01-02

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0201000); 山东省重大科技创新工程项目(2018YFJH0601); 山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2018D04, CXGC2018E13)

通讯作者: 李新国, 男, 汉族, 博士, 研究员, 研究方向: 作物栽培生理等, E-mail: xinguol@163.com.

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2018年在山东省农业科学院饮马泉试验基地进行,供试花生品种‘花育25’,土壤质地为沙壤土,试验土壤基础养分含量见表1。

表1 播种前土壤基础养分

有机质/g·kg ⁻¹	全氮/g·kg ⁻¹	碱解氮/mg·kg ⁻¹	速效钾/mg·kg ⁻¹	速效磷/mg·kg ⁻¹	交换性钙/g·kg ⁻¹
19.00	0.93	22.05	82.50	10.79	17.67

试验设6个处理(见表2),供试肥料为尿素、磷酸二氢钾、氧化钙。试验用花盆高30 cm,直径40 cm,每盆栽土18 kg(土壤经过风干过筛),基肥与0-10 cm土壤均匀混合,加水平衡2周后备用。花生于2018年7月8日播种,每盆2株,10月23日收获。试验采用完全随机设计,每个处理12盆,每次取样每个处理取3个重复。追肥处理于播种后50 d(开花下针期),将肥料充分混匀后撒施到土壤表层,淋水溶解,不追肥处理浇灌等量水。

表2 肥料施用时期及施用量

处理	基肥/kg·hm ⁻²				花针期追肥/kg·hm ⁻²	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	CaO
T0	0	0	0	0	0	0
T1	157.5	104	130	0	0	0
T2	157.5	104	130	450	0	0
T3	0	104	130	450	0	0
T4	67.5	104	130	450	45.0	0
T5	67.5	104	130	0	45.0	450

1.2 测定项目与方法

1.2.1 根系采集. 分别于花生播种后30 d(苗期)、80 d(结荚期)挖取6株花生根系,放置在1 mm孔径的筛子上,冲洗根系,密封袋封存,放置冰箱待测。用扫描仪(型号Epson Perfection V800 Photo)对根系进行扫描。扫描后保存图像,采用WinRHIZO根系分析系统对扫描图像进行分析。

1.2.2 根系干物质重测定. 分别于花生播种后50、80、108 d挖取6株花生根系,105℃半小时杀青,80℃烘干至恒重称量。

1.2.3 氮、钙测定及方法. 成熟期采集植株样品和测产,干物质质量测定:将植株分为叶片、茎秆、根系、果针,将样品置于烘箱105℃杀青30 min后,于80℃烘干至恒重,称取重量。荚果收获后及时晾晒、考种、测产,之后将果壳、籽仁分别进行烘干,所有植株样品用高速万能粉碎机进行粉碎,测定植株全氮、钙含量。

氮含量采用H₂SO₄-H₂O₂消煮,利用San⁺⁺连续流动分析仪测定;钙含量运用电感耦合等离子体发射光谱仪(型号ICPE-9000,日本产)测定。

氮素积累量(mg/plant)=植株各器官生物量×植株各器官氮素含量。

钙素积累量(mg/plant)=植株各器官生物量×植株各器官钙素含量。

氮肥农学利用率(NA,kg/kg)=(施氮区荚果产量-T3无氮区荚果产量)/施氮量。

氮肥偏生产力(PEP,kg/kg)=施氮区荚果产量/施氮量。

1.3 数据处理

采用EXCEL2016进行数据整理及绘图,采用DPS数据分析软件进行数据处理分析。

2 结果分析

2.1 不同施肥方式花生根系生物量的影响

由图1可知,各处理花生根系生物量随生育期延长呈逐渐增加的趋势,播种后80 d,T2处理显著高于其

他处理,而 T4、T5 处理根系生物量较低,可能是减施氮肥降低了根系生物量,虽花钟期追肥,但短时间也难以表现较强的优势. 播后 108 d,各处理根系生物量依次表现为 $T2 > T4 > T1 > T5 > T3 > T0$, T2 处理根系生物量达 3.15 g/plant,较 T1 增加 20.26%,说明在高氮肥条件下,增施钙肥显著促进了根系的生长发育;钙肥做基肥的 T2 处理较 T4 虽增加 6.83%,但二者并无显著差异,说明增钙基施条件下,减施氮肥且花针期追肥有利于根系生物量的增加;对于两个花针期追肥处理, T4(基施 N67.5、Ca450 kg/hm² + 追施 N45 kg/hm²)根系生物量显著高于 T5 处理(基施 N67.5 + 追施 N45 + Ca450),且较 T5 显著提高 15.54%,说明钙肥作底肥比花针期追肥效果好; T4 处理根系生物量显著高于高氮肥 T1(N157.5 kg/hm²),虽减施氮肥但增施了钙肥并适期追肥促进了根系生物量的提高.

2.2 不同施肥方式对花生根系形态的影响

不同施肥方式显著影响花生根系形态(表 3),可以看出,花生播后 30 d 不同施肥方式对根长影响不显著,除 T0 处理外,其他施肥处理的根系总表面积、根系平均直径均无显著差异. 播后 80 d,同为高氮肥处理 T2 的根系长度、总表面积、平均直径、总体积分别较 T1 增加 4.81%、2.93%、2.50%、11.26%,可见, T2 增施钙肥对花生根系形态影响较小. 对同样增施钙肥且钙做基肥的处理来说, T4(基施 N67.5、Ca450 kg/hm² + 追施 N45 kg/hm²)处理根系形态相关指标与 T2 相比差异不显著,说明虽减施了氮肥,但增加了钙肥,并且适期追肥保证了根系的生长. T4 处理的根系长度、总表面积、平均直径分别较 T5 提高了 4.78%、3.24%、2.17%,二者并无显著差异,根系总体积较 T5 显著提高 18.29%.

表 3 不同施肥方式对花生根系形态的影响

取样时间	处理	根系长度 /cm	根系总表面积 /cm ²	根系平均直径/cm	根系总体积 /cm ³
30	T0	1815.26±152.32a	180.20±5.38b	0.35±0.05b	1.63±0.25c
	T1	1990.81±387.13a	298.81±62.51a	0.48±0.02a	3.59±0.83b
	T2	2322.65±277.05a	339.17±39.54a	0.50±0.02a	4.09±0.25ab
	T3	2069.83±275.08a	310.63±54.45a	0.47±0.02a	3.73±0.81ab
	T4	2368.39±380.92a	353.87±23.91a	0.50±0.02a	4.70±0.39a
	T5	1863.34±204.78a	291.51±11.40a	0.50±0.03a	3.58±0.24b
80	T0	4962.34±324.17c	790.18±74.55b	0.48±0.02b	9.24±0.82d
	T1	7175.17±492.34a	1105.11±93.63a	0.49±0.02ab	13.47±1.01ab
	T2	7520.14±811.93a	1137.53±35.16a	0.50±0.01a	14.98±0.70a
	T3	6078.69±190.99b	883.99±80.41b	0.48±0.01ab	11.44±1.25c
	T4	7256.40±359.05a	1089.35±98.72a	0.50±0.01ab	14.56±1.11a
	T5	6925.42±271.88a	1055.14±59.28a	0.49±0.00ab	12.31±0.54bc

2.3 不同施肥方式对花生氮、钙素积累、分配的影响

由图 2 可知,不同处理间各器官氮素积累量存在显著差异. 生育前期,各处理氮素积累量以叶片最高,生育后期则以荚果氮素积累量最高,说明花生氮素的分配中心随生育期延长由叶向荚果转移. 不同处理根、茎、叶氮素积累量均在播种后 80 d 达到最大值,但荚果氮素积累量随着生育期不断提高,在播种后 108 d 达到最大值,在追肥后的生育期(播种后 80 d)花生不同处理各器官氮素积累量依次为果>叶>茎>根.

不同施肥处理的根、茎、叶氮素积累量均以 T2(底肥:N157.5 + CaO 450 kg/hm²)处理较高, T2 增施钙肥提高了各器官氮素积累量,与不增施钙肥处理(T1)相比(以播种后 108 d 为例)根、茎、叶分别提高了 11.04%、28.39%、7.11%. 而荚果的氮素积累量以 T4 处理较高, T4、T5 处理的减氮措施并没有明显降低荚果的氮素积累量,以播种后 108 d 为例,增幅达到 73.64%-90.89%,说明减氮配合不同时期的氮素运筹也可以

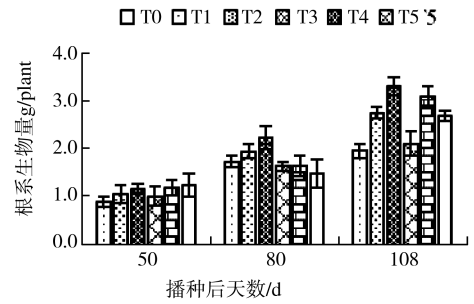


图 1 不同施肥方式对花生根系生物量的影响

提高花生对各器官的氮素积累。

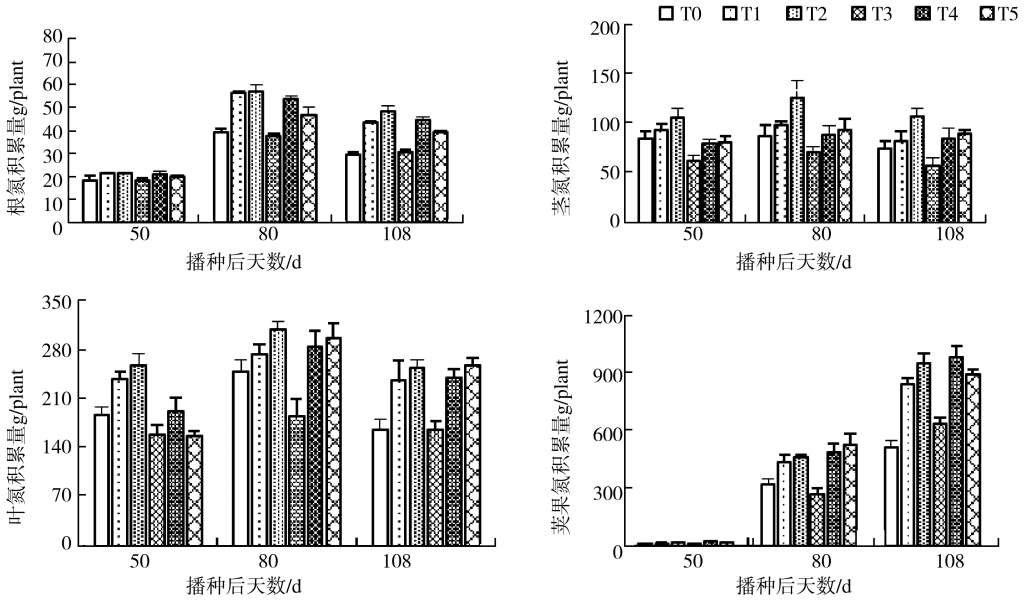


图 2 不同施肥方式对花生氮素积累量的影响

由图 3 可知,不同施肥处理各器官的钙素积累量随着生育时期呈逐渐升高的趋势,播后 108 d 达到最大值,各处理不同器官钙素积累量依次为:叶>茎>果>根。

不同施肥处理的各器官钙素积累量均以 T2 处理较高,与不施钙肥处理(T1)相比(以播种后 108 d 为例)根、茎、叶、果分别提高了 32.50%、27.10%、12.79%、2.32%。T4、T5(以播种后 108 d 为例)根、茎、叶的钙素积累量都高于传统施肥 T1,分别增长了 24.06%、14.27%、0.02%,0.74%、19.11%、4.3%,且 T4、T5 在追肥后(播种后 80 d)可以明显提高荚果钙素积累量。

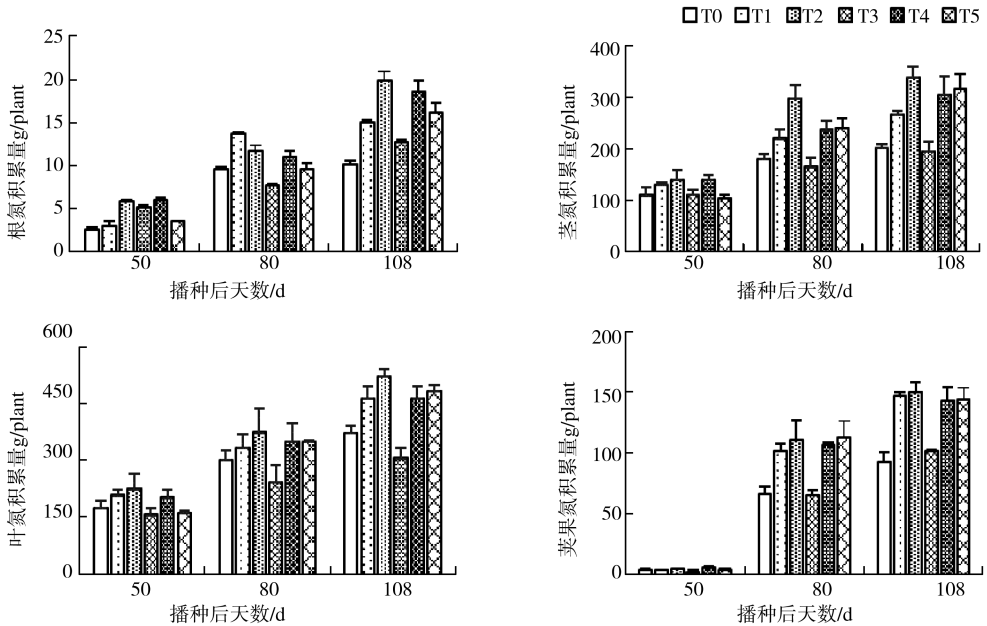


图 3 不同施肥方式对花生钙素积累量的影响

从表 4 中可以看出,不同施肥方式吸收的氮主要分配于籽仁中,分配率达 56.95%~62.98%;叶次之,分配率达到 17.30%~20.65%;根最少,只占 2.95%~3.65%。钙素则主要分配在叶部,占全株的 47.52%~53.42%;茎次之,分配率达 28.37%~31.46%。

除 T0、T5 处理外,其他施肥处理的氮素、钙素在籽仁的分配率并无显著差异,增施钙肥降低了根、茎、叶氮素分配率,提高了花生籽仁氮素分配率,增幅最高达到 10.59%。

表 4 不同施肥方式对花生氮、钙素分配率的影响(%)

处理	根	茎	叶	果		
				果壳	籽仁	
氮素分配率	T0	3.65a	9.63a	20.65a	7.19bc	56.95b
	T1	3.49ab	6.90bc	19.19abc	6.84bc	60.86a
	T2	3.45ab	7.87b	18.35bc	6.07c	61.90a
	T3	3.35abc	6.55c	18.15bc	6.49bc	62.98a
	T4	3.21bc	6.31c	17.30c	7.60b	62.98a
	T5	2.95c	6.98bc	19.54ab	10.36a	57.33b
钙素分配率	T0	1.43b	28.74a	53.42a	7.88bc	5.17c
	T1	1.59b	28.37bc	49.70b	8.88a	6.79a
	T2	1.84a	31.46b	48.99b	7.82bc	6.17ab
	T3	1.96a	30.00c	47.52b	8.62ab	7.02a
	T4	1.89a	31.06c	47.75b	7.64c	7.03a
	T5	1.58b	31.23bc	48.09b	8.65ab	5.56bc

2.4 不同施肥方式对花生氮肥利用影响

由表 5 可知, T4 减施氮肥处理的氮肥农学利用率、氮肥偏生产力最高, 分别达到 20.34 kg/kg、70.13 kg/kg, 较 T2 高氮肥处理显著提高 16.30%、32.08%。说明适量减施氮肥可显著提高花生的氮肥农学利用效率及氮肥偏生产力。T4 较 T5 处理显著提高氮肥农学利用率、氮肥偏生产力, 表明增施钙肥做底肥显著提高了花生的氮肥利用率。而同为高氮肥处理 T2 的氮肥农学利用效率及氮肥偏生产力分别较 T1 增加 41.71%、10.75%。

表 5 不同施肥方式对花生氮肥利用的影响

处理	氮肥农学利用率(kg/kg)	氮肥偏生产力(kg/kg)
T0	-	-
T1	12.37b	47.94c
T2	17.53a	53.09b
T3	-	-
T4	20.34a	70.13a
T5	7.32c	57.11b

3 讨论与结论

研究表明, 发达根系的吸收能力是植株高效吸收养分的基础, 根系形态对氮素、钙素积累量及吸收效率起关键作用^[14]。丁红^[15]等研究发现在干旱处理下, 增施氮肥提高了花生 40cm 以下土层根系的生物量, 根系长度、根系表面积也有显著增加。董桂春^[16,17]等研究也表明增施氮肥有利于提高单株不定根总长和单株根活力, 适量施氮可提高单株不定根数和单株根干重, 原因在于施氮促进了不定根的发生和伸长。张英鹏^[18]等在菠菜上研究发现, 菠菜生长较适宜的氮、钙浓度为 8.5 mmol/L。本试验研究结果与前人研究基本一致, 施氮肥显著促进了根系生长, 而基施氮肥+基施钙肥效果更好, 根系生物量、根系形态及氮素、钙素积累量均显著高基施氮肥处理, 表明在一定的氮肥用量基础上增施钙肥可增加花生根长、根系表面积、体积, 为花生的生长发育提供了强大的根系, 进而促进了花生产量的提高。

巨晓棠^[19]研究发现, 生产过程中过量施氮现象相当普遍, 长期大量施氮造成的氮污染是难以解决的。大量研究发现在减施一定氮肥的基础上, 适当提高化肥氮在生育后期的比例, 也可保证氮素持续高效利

用^[20,21]。水稻在前期施氮可促进单株根系形态性状(根数、根总长和根重),后期施氮有利于不定根的充实和根系生理性状的提高^[22]。索炎炎^[23,24]等研究发现适期追肥可以提高氮素积累量,花生种植以基施 N60 kg/hm² + 开花期追 N60 kg/hm² 氮肥利用效率最高。苟志文^[25]玉米施肥处理中,在总氮肥 450 kg/hm² 水平下,把氮肥后移 20%,可以显著提高玉米生育后期植株的氮素积累量,可以有效解决玉米全生育期的氮素供应矛盾。本研究发现减氮增钙并适期追肥可提高花生的根系生物量,且钙肥基施效果优于钙肥追施效果,同时促进了植株对氮素和钙素的吸收,提高了氮素利用效率,符合国家减肥战略。下一步工作将重点探讨减施氮肥对土壤生态环境的改善效果,研究发现^[26],氮肥施用会直接影响土壤的碳、氮投入,进而影响土壤的养分转化,减施氮肥可提高土壤微生物量碳、土壤酶活性、改善植株根系生长环境,提高产量。

参 考 文 献

- [1] Kiba T, Kudo T, Kojima M, et al. Hormonal control of nitrogen acquisition: roles of auxin, abscisic acid, and cytokinin[J]. *Journal of experimental botany*, 2010, 62(4): 1399-1409.
- [2] 褚光, 周群, 薛亚光, 等. 栽培模式对杂交粳稻常优 5 号根系形态生理性状和地上部生长的影响[J]. *作物学报*, 2014, 40(7): 1245-1258.
- [3] 陈利军, 邴邦基, 史奕, 等. 旱地施肥对春小麦根系生长、代谢的影响及促进水分有效利用的机理[J]. *植物营养与肥料学报*, 1995(2): 26-32.
- [4] 王建国, 张昊, 李林, 等. 不同钙肥梯度与覆膜对低钙红壤花生根系形态发育及产量的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2017, 39(6): 820-826.
- [5] 王芳, 杨莎, 郭峰, 等. 钙对花生幼苗生长、活性氧积累和光抑制程度的影响[J]. *生态学报*, 2015, 35(5): 1496-1504.
- [6] 汪仁, 安景文, 张士义, 等. 施钙对花生产量、品质及钙素在植株体内分布的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 1999(4): 437-439.
- [7] 王宜伦, 刘天学, 赵鹏, 等. 施氮量对超高产夏玉米产量与氮素吸收及土壤硝态氮的影响[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(12): 2483-2491.
- [8] Worku M, Bänziger M, Friesen D, et al. Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids[J]. *Crop Science*, 2007, 47(2): 519-528.
- [9] Presterl T, Groh S, Landbeck M, et al. Nitrogen uptake and utilization efficiency of European maize hybrids developed under conditions of low and high nitrogen input[J]. *Plant Breeding*, 2002, 121(6): 480-486.
- [10] 王友华, 许海涛, 许波, 等. 施用氮肥对玉米产量构成因素及其根系生长的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2010(3): 55-57.
- [11] Sutton M. Global implications of enhanced nitrogen deposition over China[J]. *Plant Breeding*, 2013, 12(6): 480-486.
- [12] 张磊, 邵宇航, 谷世禄, 等. 减量施氮下基肥后移对南方冬小麦产量和氮素利用效率的影响[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(12): 3953-3960.
- [13] 丁民伟, 杜雄, 刘梦星, 等. 氮素运筹对夏玉米产量形成与氮素利用效果的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(5): 1100-1107.
- [14] 熊淑萍, 吴克远, 王小纯, 等. 不同氮效率基因型小麦根系吸收特性与氮素利用差异的分析[J]. *中国农业科学*, 2016, 49(12): 2267-2279.
- [15] 丁红, 张智猛, 戴良香, 等. 干旱胁迫对花生生育中后期根系生长特征的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2013, 21(12): 1477-1483.
- [16] 董桂春, 陈琛, 袁秋梅, 等. 氮肥处理对氮素高效吸收水稻根系性状及氮肥利用率的影响[J]. *生态学报*, 2016, 36(3): 642-651.
- [17] 张佳蕾, 郭峰, 孟静静, 等. 钙肥对旱地花生生育后期生理特性和产量的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2016, 38(3): 321-327.
- [18] 张英鹏, 李彦, 张明文, 等. 不同氮、钙营养对菠菜安全品质与抗氧化酶活性的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008(4): 754-760.
- [19] 巨晓棠, 谷保静. 我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014, 20(4): 783-795.
- [20] 张雪凌, 姜慧敏, 刘晓, 等. 优化氮肥用量和基追比例提高红壤性水稻土肥力和双季稻氮素的农学效应[J]. *植物营养与肥料学报*, 2017, 23(2): 351-359.
- [21] 黄见良, 邹应斌, 彭少兵, 等. 水稻对氮素的吸收、分配及其在组织中的挥发损失[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004(6): 579-583.
- [22] 石庆华, 黄英金, 李木英, 等. 水稻根系性状与地上部的相关及根系性状的遗传研究[J]. *中国农业科学*, 1997(4): 62-68.
- [23] 索炎炎, 张翔, 司贤宗, 等. 氮肥管理与根瘤菌接种模式对花生生长、氮吸收利用及产量的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2018, 40(6): 866-871.
- [24] 石祖梁, 杨四军, 张传辉, 等. 氮肥运筹对稻茬小麦土壤硝态氮含量、根系生长及氮素利用的影响[J]. *水土保持学报*, 2012, 26(5): 118-122.
- [25] 苟志文, 胡发龙, 赵财, 等. 氮肥后移满足绿洲灌区全膜覆盖玉米的氮素需求[J]. *植物营养与肥料学报*, 2018, 24(4): 888-895.
- [26] 王兴龙, 朱敏, 杨帆, 等. 配施有机肥减氮对川中丘区土壤微生物量与酶活性的影响[J]. *水土保持学报*, 2017, 31(3): 271-276.

Effects of Nitrogen and Calcium Fertilizers on Root Growth and Nitrogen Utilization of Peanut

LIU Ying¹ YI Miao² WANG Jian-guo¹ GUO Feng¹ ZHANG Jia-lei¹
TANG Zhao-hui¹ LI Xin-guo^{1, 3} WAN Shu-bo^{1, 3}

(1. Biotechnology Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, China/Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Ecology and Physiology, Jinan 250100, China; 2. College of Agriculture, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 3. Scientific Observation and Experiment Station of Crop Cultivation in East China, Ministry of Agriculture and Village, Dongying 257000, China)

Abstract Using 'Huayu 25' as material, the effects of combined application of nitrogen and calcium fertilizers and appropriate topdressing on root growth, nitrogen, calcium accumulation and distribution, nitrogen utilization of peanut were studied. The results showed that under the same high nitrogen fertilizer condition, root biomass of adding calcium fertilizer T2 (basic application N157.5 + CaO450 kg/hm²) compared with T1 (basic application N157.5) increased by 20.26%, that promoted the root growth, but had little effect on the root morphology of peanuts. And adding calcium fertilizer increased the nitrogen, calcium accumulation of various organs, nitrogen utilization, and nitrogen partial productivity. Under the condition of adding calcium fertilizers and basic application, Nitrogen accumulation in pods of T4 (Reduced nitrogen fertilizer application by 28.6% + topdressing nitrogen fertilizer application at flowering stage) did not decrease significantly. But it significantly increased the nitrogen agronomic efficiency and nitrogen partial productivity, that reducing nitrogen and increasing calcium combined with nitrogen management can increase nitrogen utilization in peanuts. Compared with T5 (28.6% nitrogen reduction and topdressing with calcium fertilizer), the root biomass and nitrogen utilization rate of T4 treatment were significantly improved. However, there was no significant difference in root length, root surface area, root average diameter. Root volume increased significantly by 18.29% ($P < 0.05$). Comprehensive root morphology, nitrogen and calcium absorption, nitrogen fertilizer utilization efficiency, T4 (basic application N67.5 kg/hm² + CaO450 kg/hm² + topdressing N45 kg/hm²) had a better treatment. Not only beneficial to increasing the yield of peanuts, but also to achieve the purpose of reducing nitrogen fertilizer.

Key word peanut; nitrogen fertilizer; calcium fertilizer; root traits; nitrogen use efficiency