

玉米—花生混作体系中不同施氮水平对花生铁营养及固氮的影响

房增国, 左元梅, 李 隆, 张福锁*

(中国农业大学植物营养系、农业部植物营养学重点实验室、教育部植物—土壤相互作用重点实验室, 北京 100094)

摘要:盆栽试验结果表明,不同氮水平条件下玉米—花生混作可明显改善花生铁营养。与单作相比,混作花生新叶叶绿素 SPAD 值明显提高,新叶活性铁浓度提高 12.4%~27.1%,同时花生根瘤数和固氮酶活性显著增加。在本试验种植密度下,施氮水平和种植方式对单株花生生物量无显著影响,而施氮对玉米根际土壤活性铁浓度的提高有一定的促进作用,并且花生根瘤数和固氮酶活性受施氮水平影响较大。说明石灰性土壤上玉米—花生混作对花生铁营养改善及提高花生的固氮能力具有重要作用;施氮水平对花生铁营养影响不大,但随施氮量增加对花生共生固氮有抑制作用。

关键词:玉米;花生;混作;氮水平;铁营养;固氮

中图分类号: S344.3; Q945.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X (2004) 04-0386-05

Effects of different nitrogen levels on iron nutrition and nitrogen fixation of peanut in maize-peanut mixed cropping system

FANG Zeng-guo, ZUO Yuan-mei, LI Long, ZHANG Fu-suo

(Dept. of Plant Nutrition, CAU, Key Lab. of Plant Nutrition, MOA, Key Lab. of Plant-Soil Interactions, MOE, Beijing 100094, China)

Abstract: Maize-peanut mixed cropping could obviously improve iron nutrition of peanut under different nitrogen levels in pot experiment. Compared with sole cropping peanut, not only the chlorophyll SPAD value was increased, but also active iron concentration was increased by 12.4%—27.1% in young leaves of mixed cropping peanut, at the same time the excisable nodule number and nodule nitrogenase activities (ARA) per plant peanut also were increased significantly. Both the nitrogen level and planting pattern had no great effect on peanut dry weight in this experiment. The more nitrogen fertilization could increase active iron concentration in the rhizosphere of maize, but inhibit excisable nodule number and nitrogenase activities of peanut. The results showed that maize-peanut mixed cropping played an important role in improving iron nutrition and nitrogen fixation function of peanut on calcareous soil. The different nitrogen levels had no great effect on iron nutrition of peanut, but it restrained symbiotic nitrogen fixation of peanut with nitrogen application increase.

Key words: maize; peanut; mixed cropping; nitrogen level; iron nutrition; nitrogen fixation

花生缺铁黄化症在北方石灰性土壤地区很严重且较为普遍。铁是参与豆科作物根瘤固氮反应的固氮酶、豆血红蛋白、铁氧还蛋白等含有的重要金属组分,它直接参与豆科作物共生固氮的生理生化过程。因此石灰性土壤有效铁含量低不仅影响花生正常生

长和发育,同时也是限制花生根瘤生长发育及固氮功能的主要因子之一^[1-4],因此花生缺铁黄化成为制约其高产、稳产的重要因素。玉米—花生间作是黄淮海平原沙区普遍实施的一种重要种植方式,是能够合理利用当地光、热、水、养分资源,实现粮油同步

收稿日期: 2003-03-21 修改稿收到日期: 2003-06-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(30170185)资助。

作者简介: 房增国(1971—),男,山东临沂人,博士研究生,研究方向为生物多样性与资源高效利用。* 通讯作者

增产的一种种植制度^[5]。玉米—花生间作体系中,玉米可通过竞争花生根际氮和改善花生铁营养而对花生固氮产生影响^[6]。为此,采用盆栽试验进一步探讨不同施氮量对花生铁营养和固氮的影响以及两种作物的相互作用,以期为该体系合理施肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

盆栽试验于 2002 年 5 月至 7 月在中国农业大学植物营养系温室进行。供试土壤为取自北京卢沟桥的石灰性砂壤土,其理化性状: pH(H₂O) 为 8.57,有机质 6.5 g/kg,全 N 0.27 g/kg, Olsen-P 1.90 mg/kg, NH₄Ac-K 56.2 mg/kg, DTPA-Fe 3.77 mg/kg, DTPA-Zn 0.70mg/kg, CaCO₃ 8.38%。土样风干后过 1mm 筛备用。供试作物花生为鲁花 12 号,玉米为中原单 32 号。

1.2 试验设计

试验设 3 种植方式,即花生单作、玉米单作、玉米—花生混作;氮肥用量设 3 个水平 N 0、N 50、N 150,用 Ca(NO₃)₂·2H₂O 作肥源。其它肥料施用量(mg/kg)分别为 P 150、K189 (KH₂PO₄)、Mg 50 (MgSO₄·7H₂O)、Cu 5 (CuSO₄·5H₂O)、Zn 5 (ZnSO₄·7H₂O)。将肥料与土壤充分混匀后按容重 1.3 g/cm³ 装盆,每盆装土 10 kg,装完土后浇水至田间持水量的 60%。单作花生每盆 10 株,单作玉米每盆 3 株,混作为每盆 5 株花生和 3 株玉米,每处理重复 3 次,分别在花生的开花期和下针期取样。

1.3 样品采集和分析方法

花生生长至开花期、下针期后,分别按地上部、

地下部收获,其中地上部新叶被另外收获,同时采集根际土壤样品,将不同处理的玉米、花生的根从土壤中取出后,将植物根系吸附的土壤轻轻抖落,抖落土壤为土体土壤,粘在植物根表的土壤为根际土壤。

花生新叶叶绿素 SPAD 值:用 SPAD-502 测定仪测定花生新叶叶绿素相对含量。

花生叶片活性铁浓度的测定:取花生刚完全展开的最顶端叶片,均匀剪碎,称取 2.00g 鲜样,按照 1:10 的比例加入 1 mol/L 的盐酸,在 25℃ 左右下振荡 5h,过滤后用原子吸收分光光度计(PE-2100B)测定。

根瘤固氮酶活性(ARA):采用乙炔还原法测定^[7]。将获取的花生根系,立即放入干净自制的 130mL 密闭容器中,然后注入高纯乙炔气 10mL,在 27℃ 无光条件下反应 1h 后,抽取 100 μL 待测气体,用日本岛津公司生产的气相色谱 GC-14B (FID) 测定乙烯释放量。测定条件如下:柱温 80℃,进样口温度 100℃,检测器温度 150℃,载气流量 50 mL/min,氢气流量 50 mL/min,空气流量 500 mL/min。

2 结果与分析

2.1 施氮水平对单作和混作花生、玉米生长的影响

花生生长至下针期时,单作与混作花生单株生物量差异不显著,但在不同施氮水平条件下混作花生单株生物量较单作均有增加的趋势,最高可达 23.6%,而且不同施氮水平对花生生物量也无明显影响。不同施氮水平对单作和混作玉米生物量也无显著差异,但随着氮肥施用量的增加,无论是单作玉米还是混作玉米的生物量都相应增加(图 1)。

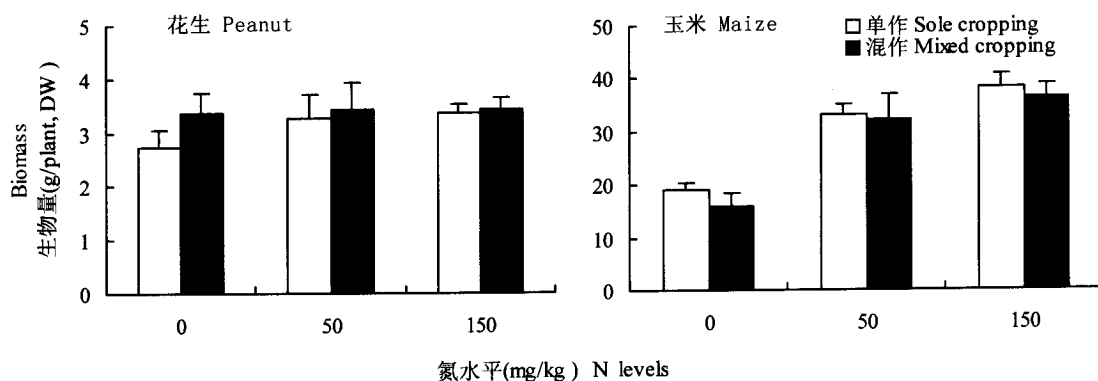


图 1 不同施氮水平对花生和玉米生物量的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen levels on dry weight of peanut and maize

2.2 施氮水平对单作和混作花生铁营养的影响

花生生长至开花期时,单作花生新叶出现缺铁黄化症,而与玉米混作的花生则叶色正常。表1结果表明,与单作花生相比,不同施氮水平下混作花生新叶活性铁浓度提高12.4%~27.1%,差异达显著水平。不同施氮水平下混作和单作花生新叶叶绿素SPAD值也有明显差异,但下针期花生新叶叶绿素SPAD值普遍低于开花期(图2),施氮量多少与花生新叶叶绿素SPAD值在开花期有一定的相关性。说明铁是石灰性土壤上限制花生正常生长的重要因素。玉米—花生混作能矫正花生缺铁黄化失绿症,促进花生生长,但施氮量对花生新叶叶绿素SPAD值无显著影响。对于花生根际铁营养变化而言,不

表1 玉米—花生混作体系中不同施氮水平对花生新叶活性铁浓度的影响

Table 1 Effect of different nitrogen levels on active iron concentration in young leaves of peanut in maize-peanut mixed cropping system

氮水平 N level	时期 Stage	单作(mg/kg) Sole cropping	混作(mg/kg) Mixed cropping
N ₀	R ₁	19.1 ± 0.8	24.2 ± 1.8*
	R ₂	17.1 ± 0.6	20.6 ± 0.5*
N ₅₀	R ₁	15.9 ± 0.5	17.9 ± 0.4*
	R ₂	15.8 ± 1.0	19.8 ± 0.7*
N ₁₅₀	R ₁	15.4 ± 1.0	19.8 ± 1.7*
	R ₂	17.4 ± 2.8	20.3 ± 2.0*

注(Note): * 表示差异达5%显著水平。Means significant at 5% level.

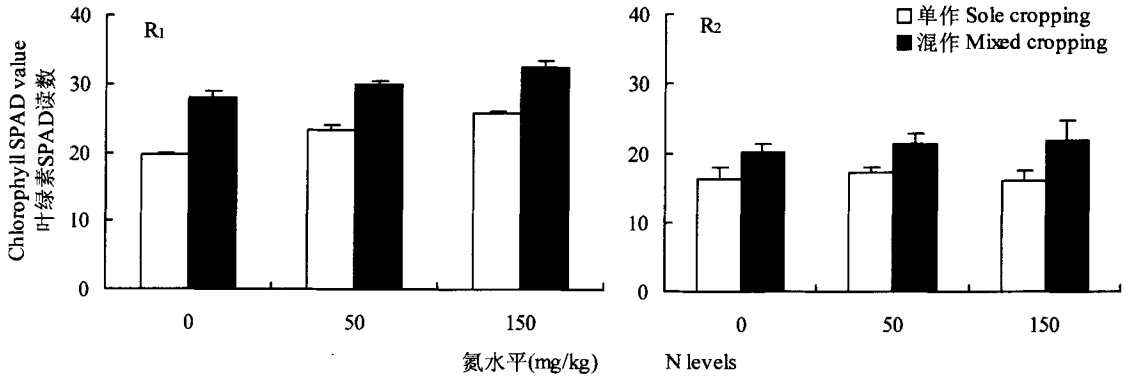


图2 不同施氮水平对花生新叶叶绿素SPAD值的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen levels on chlorophyll SPAD value in young leaves of peanut

(R1: 开花期 Flowering stage; R2: 下针期 Needling stage, 下同 Same as follows)

施氮肥的单作花生、玉米和混作根际土壤活性铁浓度基本无显著差异。施用氮肥后,当花生生长至开花期时,单作玉米根际土壤活性铁浓度明显高于单作花生和花生、玉米混作,而单作花生和花生、玉米混作根际土壤活性铁浓度无差异;当花生生长至下针期时,单作玉米和花生、玉米混作根际土壤活性铁浓度显著高于单作花生,并且有花生—玉米混作(单作玉米(单作花生的趋势(表2)。这进一步说明施用氮肥在一定程度上可提高玉米根际土壤活性铁浓度。

2.3 施氮水平对花生不同生育期根瘤数和固氮酶活性的影响

玉米—花生混作对花生根瘤数和固氮酶活性影响较大。与单作相比,无论开花期还是下针期,混作均能显著增加单株花生根瘤数;但随着施氮量的增加,无论单作还是混作,单株花生根瘤数均显著降低(图3)。随着施氮水平的升高,单、混作花生单株固氮酶活性均有所降低。在开花期,混作花生单株固

表2 玉米—花生混作体系中不同施氮水平对根际土壤有效铁含量的影响

Table 2 Effect of different nitrogen levels on active iron content in the rhizosphere of peanut and maize in different cropping systems

氮水平 N level	时期 Stage	花生 Peanut (mg/kg)		单作玉米 Sole maize
		单作 Sole peanut	混作 Mixed cropping	
N ₀	R ₁	3.6 ± 0.7a	3.6 ± 0.5a	2.3 ± 0.1b
	R ₂	3.9 ± 0.6a	3.9 ± 0.5a	3.1 ± 0.5a
N ₅₀	R ₁	3.4 ± 0.5b	3.3 ± 0.6b	4.4 ± 0.2a
	R ₂	3.7 ± 0.3b	5.2 ± 0.3a	4.2 ± 0.4b
N ₁₅₀	R ₁	3.6 ± 0.5b	3.5 ± 0.3b	4.7 ± 0.4a
	R ₂	2.9 ± 0.5b	5.2 ± 0.6a	4.4 ± 0.4a

注(Note): 每行中不同字母表示差异达5%水平。Different letters in each line mean significant at 5% level.

氮酶活性低于单作花生,当施氮量达到150 mg/kg时,严重抑制了固氮酶活性;但在下针期,混作花生

单株固氮酶活性明显高于单作花生,并且当施氮量达到 50 和 150 mg/kg 时,混作花生单株固氮酶活性

也显著高于开花期的混作花生(图 4)。

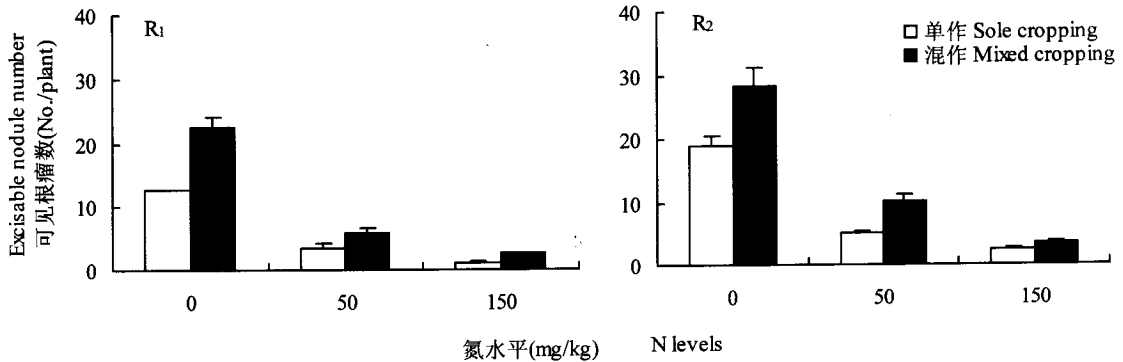


图 3 不同施氮水平对单株花生可见根瘤数的影响

Fig. 3 Effect of different nitrogen levels on excisable nodule number of per peanut

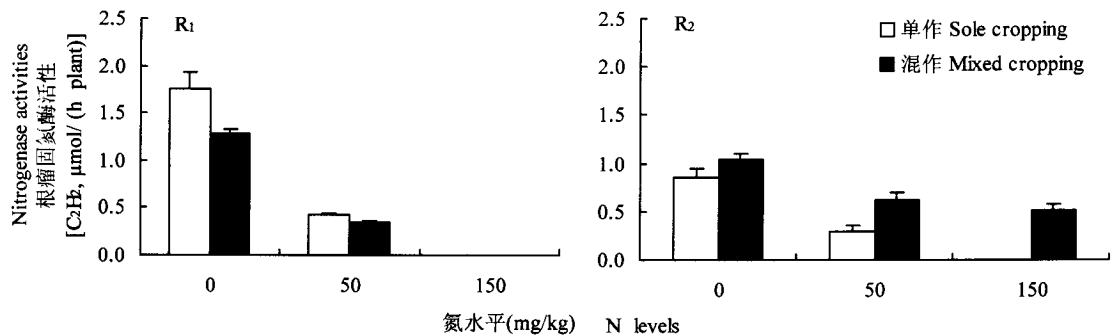


图 4 不同施氮水平对单株花生根瘤固氮酶活性的影响

Fig. 4 Effect of different nitrogen levels on nodule nitrogenase activities of per peanut

3 讨论

3.1 玉米—花生混作体系中不同施氮水平对花生铁营养的影响

根瘤生长发育和维持功能所需的铁完全依靠寄主豆科植物供应^[8-10]。实践证明,共生固氮体系对铁的相对需求程度比豆科植物本身要高,缺铁对依靠固氮生长的豆科植物比依靠矿质氮生长的影响更大;在多种豆科作物中,缺铁可抑制豆科作物结瘤,使固氮酶活性显著降低,从而影响产量和品质^[10-12]。因此,铁在豆科作物共生固氮中占有极其重要的地位。

本研究结果说明,玉米—花生混作可显著改善花生铁营养状况,但施氮量与花生新叶叶绿素 SPAD 值(图 3)和活性铁浓度相关性不大(表 1),这可能主要是因为花生本身可固氮,氮素不是叶绿素含量的限制因子。另外,玉米根系的活化作用能显

著增加土壤有效铁浓度,从而改善花生铁营养,施氮对玉米根际土壤活性铁浓度有一定的促进作用,这可能是因为施用一定量的氮肥促进玉米生长,增强根部的代谢功能,进而活化更多的铁,使其根际土壤活性铁浓度升高。且由于铁参与豆科作物生物固氮,铁营养得到改善势必会影响花生的结瘤固氮功能。

3.2 玉米—花生混作体系中不同施氮水平对花生固氮的影响

高浓度化合态氮(硝酸盐、铵、尿素以及氨基酸),尤其是硝酸盐对豆科作物的固氮酶活性有很强的抑制作用,并且根瘤数也减少。施用高量的 NO₃⁻-N 不但能使根瘤数和根瘤干重降低,而且过高的 NO₃⁻-N 可能抑制根瘤菌对豆科植物的侵染和影响根瘤的正常结构^[6,14-15]。铁是参与豆科作物生物固氮的重要金属元素,玉米—花生混作使花生铁营养

得到改善,同时也促进了花生根瘤的形成和生长发育,混作花生的根瘤数和固氮酶活性显著高于单作花生,从而增强混作花生的固氮功能。在玉米—花生混作体系中花生固氮功能的提高主要是由于混作使花生植株铁营养得到改善和与花生混作的玉米能够利用花生根际的氮素,降低了根际土壤氮浓度,从而减轻了氮素对花生生物固氮功能的抑制。随着施氮水平的升高,无论单作还是混作,花生根瘤数及固氮酶活性均显著降低,但混作处理显著高于相应的单作处理。从本研究结果可以看出,对于该混作体系如果施氮量在0~100 mg/kg范围内,混作在改善花生铁营养的同时,也可以通过玉米减少花生根际氮含量而促进花生固氮功能的提高。但是,关于混作花生铁营养改善和玉米吸收降低了根际氮浓度对花生固氮功能提高贡献的大小如何,尚需进一步的研究。

参 考 文 献:

- [1] Hartzook A. The problem of iron deficiency in peanuts (*Arachis hypogaea* L.) on basic and calcareous soils in Israel [J]. *J. of plant nutrition*, 1982, (5): 923-926.
- [2] Hemantaranjan A. Iron fertilization to nodulation and nitrogen fixation in French bean [J]. *J. of plant nutrition*, 1988, 11(6-11): 829-842.
- [3] O'Hara G W, Dilworth M J, Boonkerd N. Iron - deficiency specifically limits nodule development in peanut inoculated with *Bradyrhizobium* sp [J]. *New Phytol.*, 1998, 108: 51-57.
- [4] Terry R Z. Interactions of iron nutrition and symbiotic nitrogen fixation in peanuts [J]. *J. of plant nutrition*, 1988, 11: 811-820.
- [5] 左元梅, 李晓林, 王永歧, 等. 玉米花生间作对花生铁营养的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 1997, 3(2): 153-159.
- [6] 左元梅, 刘永秀, 张福锁. NO_3^- 态氮对花生结瘤与固氮作用的影响 [J]. *生态学报*, 2003, 23(4): 758-764.
- [7] O'Hara G W. Mineral constraints to nitrogen fixation [J]. *Plant and soil*, 1988, 108: 93-110.
- [8] Guerinot M L, Yi Y. Iron: Nutritious, noxious and not really available [J]. *Plant Physiol.*, 1994, 104: 815-820.
- [9] Wittenberg J B. Siderophore - bound iron in the peribacteroid space of soybean root nodules [J]. *Plant and Soil*, 1996, 178: 161-169.
- [10] 左元梅, 刘永秀, 张福锁. 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] Tang C, Robson A D, Dilworth M J. The role of iron in the (brady) rhizobium legume symbiosis [J]. *J. of Plant Nutrition*, 1992, 15 (10): 2235-2252.
- [12] Levier K. Iron uptake by symbiosynthesis from soybean root nodules [J]. *Plant Physiol.*, 1996, 111: 613-618.
- [13] Lindsay W L, Schwab A P. The chemistry of iron in soils and its availability to plants [J]. *J. of Plant Nutrition*, 1982, 5: 821-840.
- [14] Goi S R. Effect of different sources of N_2 on the structure of *Mimosa caesalpiniaefolia* root nodules [J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1997, 29: 983-987.
- [15] 刘莉, 周俊初. 不同化合态氮浓度对大豆根瘤菌结瘤和固氮作用的影响 [J]. *中国农业科学*, 1998, 31(4): 87-89.