

田菁以磷增氮的研究*

黄志武 茹皆耀

(土化系)

提 要

对环境施磷增加田菁 [*Sesbania cannabina* (Retz.) pers.] 结瘤固氮的作用 是有限度的, 受环境供磷水平的制约。

在广州石牌地区花岗岩发育赤红壤中, 田菁以磷增氮的土壤有效磷临界水平 (ppm P) 为25.6 (0.1 N HCL 法)。

在无氮培养液中, 秋植和春植田菁以磷增氮的供磷临界水平 (毫摩尔P) 分别为0.78和0.48, 植株体内含磷量的临界水平 (P%) 分别为0.213和0.157。该临界供磷水平与含磷量有受季节性影响的倾向。介质的高磷水平还会引起田菁固氮量的下降。

在低磷的介质中, 增磷对田菁根瘤的形成, 发育和固氮酶活性有明显的促进作用。在磷供应达到一定水平后, 继续增磷的促进作用不显著。未发现高磷供应对田菁的根瘤数有不良影响, 但对其根瘤干重、特别是固氮酶活性有抑制作用。

关键词 田菁; 根瘤; 固氮; 土壤有效磷; 过磷酸钙

引 言

磷肥对豆科植物的生长与结瘤固氮有良好的作用^{[3][11]}。我国土壤肥料工作者强调在豆科作物上施用磷肥, 并把其良好作用概括为以磷增氮^{[1][12]}。

然而, 对豆科植物以磷增氮作用与环境磷水平间关系的认识, 至今还是不统一的。刘增祥、文荣威等人的研究, 肯定了豆科植物的以磷增氮作用^{[1][4]}。但其他研究者明确指出该作用受土壤类型^[8], 土壤有效磷水平^[6], 和磷肥用量的制约^[10]。并给出了苕子^[10]、紫云英^[12]和大豆^[6]等多种豆科植物以磷增氮的土壤有效磷临界值或临界施磷肥量。此外还有豆科植物施用磷肥会引起减产的报道^[5]。

至今, 豆科植物以磷增氮的土壤有效磷或施磷量临界参数, 基本上是以产量为参比项而间接取得, 但对以磷增产和增氮是否同步, 还未见有报道。

*本研究 得到土化系陆发熹、刘树基、余鹿庄、李锦波、连兆煌教授关心, 农业化学教研室、土壤化学及分析教研室许多老师的支持。广东省农科院土肥所凌绍淦副研究员提供了试验作物的种子。在此一并衷心致谢。

收稿日期1986年8月14日

田菁是广东赤红壤地区的主要豆科绿肥作物, 其以磷增氮的土壤有效磷、以及植物体内磷含量的临界参数, 亦尚未见有介绍。

本文就田菁的土培试验和水培试验的结果, 探讨环境磷水平与豆科植物以磷增氮作用之间、及以磷增产与以磷增氮之间的关系。同时亦探讨了与田菁以磷增氮作用有关的土壤和植物的临界参数。

材 料 和 方 法

(一) 土培试验

在玻璃网室里栽培田菁, 作在20种不同有效磷水平土壤上施用磷肥的反应试验。试验用土壤取自广州石牌地区花岗岩发育的赤红壤耕地(0~20cm)。施磷肥(5.0g/盆)的处理和对照均重复3次。盆栽, 每盆装土5 kg。

试验用磷肥为含 P_2O_5 17.4%的过磷酸钙, 处理和对照均施氯化钾(含 K_2O 60%) 2.0 g/盆作肥底, 但不施用氮肥。磷肥与钾肥均作基肥施用, 与土壤充分混和。

田菁于1984年8月7日播种, 同年9月24日收获。收获时, 每盆有田菁3株。

(二) 水培试验

在玻璃网室里栽培田菁, 共两次。无氮培养液的培养剂成分(g/l)如下:

(1) $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ 0.069, $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ 0.179(P1mM), KCl 0.149(K2mM), $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 0.344, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.123, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 0.042, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 4.4×10^{-3} , $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.22×10^{-3} , $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.078×10^{-3} , $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 2.23×10^{-3} , $Na_2MoO_4 \cdot 7H_2O$ 0.126×10^{-3} 。并按试验方案变动其中的磷营养水平。

两次试验的施磷水平(mMP)和重复分别为:

试验 I: 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75和2.00, 8次重复。

试验 II: 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 和1.50, 7次重复。

试验 I 田菁和秋植, 生长时间从1984年8月27日至10月9日。试验 II 的为春植田菁, 时间从1985年4月11日至5月24日。

水培用1000ml 广口瓶按试验方案配好营养剂后, 每瓶装1000ml。营养一次供应, 以后每天补充水分。

瓶子用里面涂黑的白纸包裹, 以防止藻类生长。

田菁种子经浸种、拌根瘤菌液处理, 发芽后(子叶未全张开)移植, 为无瘤田菁苗。每盆栽田菁壹株。

土壤有效磷用0.1N HCL浸提, 钼锑抗比色法测定。

根瘤固氮酶活性用乙炔还原法测定^[2]。将每株植物地下部连根带瘤剪下, 装入三角瓶中, 用反口胶塞密封。。抽出三角瓶容积1/10的空气, 注入等量的乙炔。于30°C恒温箱中培养1小时, 取气样在“日立—163型”气相层析仪上测定乙炔和乙烯。仪器工

作条件: 1 m长不锈钢柱(充填氧化铝, 1.5%阿皮松M), 柱温80°C, 空气1.5Kg 1 cm², 氢气1 Kg 1 cm², 氢气流量25lm 1分。乙烯定量按面积归一法计算^[9]。

试验结果

(一) 赤红壤有效磷水平与田菁以磷增产和以磷增氮的关系

在不同有效磷水平赤红壤上, 施用磷肥对田菁百分产量和百分氮量的效应表示于图1。

当土壤有效磷量低于35.0ppm时, 施磷引起田菁百分产量与百分氮量的变化明显, 此后, 它们的变化较为平缓。赤红壤有效磷量与田菁百分产量和百分氮量间呈对数曲线相关(相关系数分别为0.878**和0.843**, 均超过0.01的显著水准0.561)。

应用 Cate 确定临界值的简易方法^[18], 由图1可得, 赤红壤有效磷值(0.1N HCL法)对田菁百分产量和百分氮量的临界水平同为25.6ppm p在该值以下的土壤施用磷肥, 田菁获得显著增产、增氮的机率大; 超出这一范围获得显著增产、增氮的机率较小。

(二) 水培条件下, 供磷水平与田菁以磷增产和以磷增氮的关系
水培试验的统计结果表明(表1), 在无氮营养液中, 田菁产量和固氮量与施磷量的关系服从于限制因子律, 即呈抛物线型。表2相关系数显著性检验结果亦证明了这一论断。

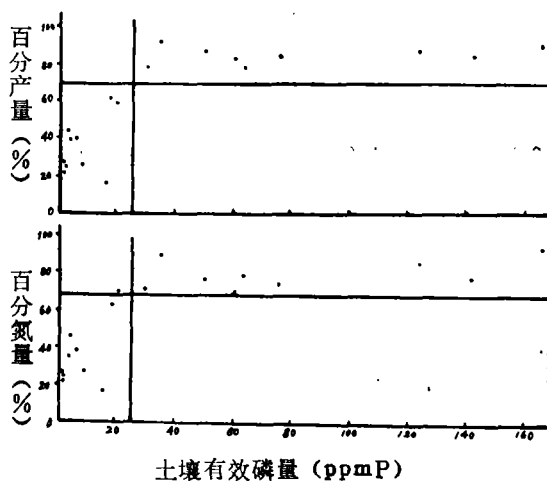


图1 不同供磷水平赤红壤田菁对磷的反应

因此, 得田菁产量(Y_1)、固氮量(Y_2)与施磷量(X)的回归方程为:

$$\text{试验 I: 对产量 } Y_1 = 0.505 + 2.335X - 0.958X^2,$$

$$\text{对氮量 } Y_2 = 16.973 + 108.895X - 45.020X^2,$$

$$\text{试验 II: 对产量 } Y_1' = 0.630 + 2.849X - 1.885X^2,$$

$$\text{对氮量 } Y_2' = 17.456 + 116.088X - 75.426X^2.$$

参考 Ulrich 确定临界值的简易方法^[7], 用上述回归方程算得, 在无氮培养液中, 田菁以磷增产和以磷增氮的临界供磷水平(毫摩尔P): 试验 I 的分别为0.77和0.78, 试验 II 的为0.46和0.48。在临界供磷水平范围内, 各级施磷量对田菁才有显著的增产和增氮作用。

表 1 水培试验施磷量对田菁的效应

项 目		试 验 I			试 验 II		
施 磷 量 (毫摩尔 P)		植株干重 (g/盆)	植株氮量 (mg/盆)	植株含磷百分率 (P%)	植株干重 (g/盆)	植株氮量 (mg/盆)	植株含磷百分率 (P%)
0.00		0.096	2.73	0.041	0.15	4.46	0.024
0.05		---	---	---	0.51	14.93	0.079
0.10		---	---	---	0.77	22.64	0.072
0.15		---	---	---	1.03	31.21	0.069
0.20		---	---	---	1.44	46.73	0.061
0.25		1.36	50.10	0.088	1.68	54.39	0.084
0.30		---	---	---	1.70	54.54	0.095
0.35		---	---	---	1.62	60.89	0.132
0.40		---	---	---	1.62	58.27	0.146
0.45		---	---	---	1.50	55.86	0.157
0.50		1.76	77.09	0.173	1.46	55.01	0.215
0.75		1.83	74.88	0.252	1.34	47.46	0.301
1.00		1.78	79.48	0.317	1.32	49.32	0.407
1.25		1.59	67.72	0.408	1.02	35.65	0.371
1.50		1.77	78.59	0.391	0.99	33.83	0.409
1.75		1.61	64.64	0.370	---	---	---
2.00		1.54	63.57	0.429	---	---	---
L.S.D.	0.05	0.31	12.94	---	0.31	10.41	---
	0.01	0.42	17.20	---	0.41	13.85	---

表 2 田菁产量、固氮量与施磷量、植株含磷百分率的相关关系 (水培试验)

相 关 项 目 相 关 系 数 相 关 项 目		植 株 干 重		植 株 固 氮 量		显 著 水 准			
		一 关 相 次		一 次 相 关		一 次 相 关		二 次 相 关	
		一 关 相 次	二 次 相 关	一 次 相 关	二 次 相 关	0.05	0.01	0.05	0.01
施 磷 量	试验 I	0.532	0.870**	0.534	0.899**	0.666	0.798	0.707	0.834
	试验 II	0.141	0.765**	0.206	0.828**	0.514	0.641	0.532	0.611
植 株 含 磷 百 分 率	试验 I	0.641	0.873**	0.671*	0.887**	0.666	0.798	0.707	0.834
	试验 II	0.131	0.621*	0.217	0.693**	0.514	0.641	0.532	0.661

(三) 植物体内磷含量与田菁生长、固氮量的关系初探

表1, 表2的统计结果表明, 田菁产量 (Y_1) 和氮量 (Y_2) 与植株含磷百分率 (X) 间呈极显著的二次多项式回归关系。得回归方程为:

试验 I: 对产量 $Y_1 = 0.293 + 9.425X - 14.842X^2$,

对氮量 $Y_2 = 7.631 + 424.893X - 660.486X^2$,

试验 II: 对产量 $Y_1' = 0.518 + 8.646X - 18.222X^2$,

对氮量 $Y_2' = 13.501 + 360.690X - 739.829X^2$.

采用Ulich的方法, 亦可得田菁增产与增氮的临界含磷量 ($P\%$): 试验 I (秋植) 的分别为0.210和0.213; 试验 II (春植) 的分别为0.147和0.157。同一试验中, 田菁增产与增氮的临界含磷量是十分接近的, 不同试验间结果相差约 1/3, 差异较大,

表 8 磷对田菁根瘤各项性状影响的结果 (水培试验)

根瘤性状 施磷量 (毫摩尔P)		试 验 I			试 验 II		
		根瘤数 (Y/盆)	根瘤干重 (mg/盆)	固氮酶活性 ($\mu\text{MC}_2\text{H}_4$ /株分)	根瘤数 (个/盆)	根瘤干重 (mg/盆)	固氮酶活性 ($\mu\text{MC}_2\text{H}_4$ /株分)
0.00	7.4	5.98	3.029	6.4	8.76	5.739	
0.05	---	---	---	15.6	32.80	24.506	
0.10	---	---	---	23.3	48.90	41.395	
0.15	---	---	---	23.9	63.24	46.268	
0.20	---	---	---	29.6	95.86	58.819	
0.25	113.8	197.88	213.289	42.3	101.43	65.331	
0.30	---	---	---	51.3	140.54	55.553	
0.35	---	---	---	43.4	172.10	69.303	
0.40	---	---	---	52.9	186.50	69.219	
0.45	---	---	---	50.1	179.17	59.839	
0.50	161.9	217.04	280.497	51.0	176.47	76.120	
0.75	148.9	292.78	291.370	59.4	192.20	63.923	
1.00	154.5	296.40	291.035	72.9	205.12	51.725	
1.25	154.1	282.34	240.354	62.3	158.53	60.195	
1.50	187.5	275.98	180.764	70.0	162.53	59.828	
1.75	179.4	265.76	210.910	---	---	---	
2.00	175.5	255.10	195.356	---	---	---	
L.S.D	0.05	36.6	38.07	68.467	14.7	39.12	29.946
	0.01	48.7	50.64	91.061	19.6	52.03	39.828

(四) 供磷水平对田菁根瘤数、根瘤干重和固氮酶活性的影响

逐级增磷对田菁根瘤各项性状影响的统计结果列于表3。结果说明, 供磷水平低时, 田菁的根瘤数、根瘤干重和固氮酶活性均随供磷水平的提高而增加。达到一定供磷水平后, 继续对田菁增磷, 根瘤各项性状维持在一定水平上无显著升降。未发现环境的高磷水平对根瘤数有不良影响, 但有使根瘤干重(施磷量 >1.00 毫摩尔P)、特别是固氮酶活性(施磷量: 春植田菁的 >1.00 毫摩尔, 秋植田菁的 >0.50 毫摩尔P)下降的趋势。

讨 论

(一) 豆科作物以磷增氮作用与环境磷水平的关系

磷酸盐在土壤中的不活跃性导致土壤中不易出现作物的高磷减产。Boyd把磷肥对作物效应的曲线一般地归属于非抛物线型^[7]。我国以往认识的施磷与豆科作物的关系, 大多数为其增产、增氮效应, 对其不增产, 甚至减产的报道不多。

土培试验结果田菁百分氮量与土壤有效磷量呈对数曲线相关, 说明其以磷增氮作用受环境磷水平制约, 可出现增磷不增产, 但未致减产。水培田菁氮量与施磷量关系呈二次抛物线型, 既阐明环境磷水平对以磷增氮的制约, 亦指出高磷会引起减产, 减氮的效果。生产上亦有豆科作物施磷减产的事例^[6]。可见, 对豆科作物不应无限制地施用磷肥。

(二) 以磷增产和以磷增氮的关系

土培试验和水培试验结果都表明, 田菁以磷增产和以磷增氮的临界供磷水平是一致的。

田菁产量和氮量的线性相关系数, 土培试验的为0.968**; 水培试验秋植和春植的分别为0.989**和0.982**, 可见产量与氮量之间呈极显著的正线性相关(三者极显著的相关水准分别为0.561, 0.798和0.641)。即对豆科作物供磷能增产时也就能增氮, 反之亦然。

本文关于豆科作物施磷增产与增氮效应同步的结果说明, 磷营养对寄主植物与其共生固氮体系的影响是一致的; 而且, 过去和今后用产量为指标来考察以磷增氮作用是切实可行的。

(三) 生长季节对田菁以磷增氮效应的影响

水培试验秋植和春植田菁以磷增氮的临界供磷水平(毫摩尔P)分别为0.78和4.48, 植株临界含磷量(P%)分别为0.213和0.157。秋植和春植的结果相差较大。可以认为, 其临界供磷水平与植株临界含磷量有受季节性影响的倾向。因为田菁秋植, 环境温度从高到低而变化, 作物前期生长要求较高的磷浓度; 春植时, 环境温度从低温逐步升高, 较低的磷浓度亦能满足田菁前期生长的要求。

(四) 高磷水平对田菁结瘤固氮的影响:

Carnahan 等人证实了磷酸盐仅在高浓度时才有抑制固氮酶固氮的作用^[14], 但该结果用巴氏梭菌取得。关于高浓度磷酸盐对豆科作物根瘤及其固氮活性的影响, 所见报道不多。

本试验的高磷条件对田菁根瘤的形成未发现有不良影响, 但对其发育, 特别是固氮酶活性有抑制作用(表3)。可以认为, 该现象是限制磷肥提高生物固氮效率的重要原因。因此, 探讨固氮酶活性因高磷水平而受抑制的机理和条件, 提出解决的办法, 可有助于人们获得更高水平的以磷增氮作用。

引用文献

- [1] 文荣威, 杨文翰. 土壤通报, 1984; 15(3):124—126
- [2] 卢仁骏等. 华南农业大学学报, 1984; 5(3):1—8
- [3] 汤树德. 土壤学报, 1984; 5(3):1—8
- [4] 刘增祥. 土壤肥料, 1980; (1):36
- [5] 牟善积, 何明华. 土壤, 1985; 17(4):205—207
- [6] 沈阳农学院业农化学教研组. 土壤通报, 1965; (3):11
- [7] 陈伦寿, 李仁岗主编. 农田施肥原理与实践. 农业出版社, 1984:34、126
- [8] 林志刚. 土壤通报, 1965; (4):27
- [9] 罗贤安, 涂安干. 微生物学通报, 1979; 6(2):37—40
- [10] 顾荣申, 金志培. 土壤通报, 1965; (4):4
- [11] 崔福荣. 土壤肥料, 1982; (2):35
- [12] 酆自轴. 江苏农学院学报, 1964; 3(4):81
- [13] Cate, R.B., Jr. and Nelson, L. A. 1956 North Carolina Agri. EXP. Stn. International Soil Testing Series Tech. Bull. No. 1. (Nelson L. A et al. 1977 Soil Testing Correlating and Interpreting the Analytical Results 37)
- [14] Carnahan, J.E. et al. 1960 Biochim Biophys. Acta 38:188—189

A STUDY ON THE PHOSPHORUS APPLICATION ENHANCING NITROGEN
FIXATION ABILITY OF LEGUMES (PAENFAL) EFFECT OF

Sesbania Cannabina (Retz.) Pers.

Huang Zhiwu Ru Jieyao

(Department of Soil and Agrochemistry)

ABSTRACT

Phosphate application in environment enhancing nodulation and nitrogen fixation of leguminous plant *Sesbania Cannabina* (Retz.) pers. was not unlimited. It was inhibited by the available-P level in the environment.

Related with the 'PAENFAL' effect of *Sesbania Cannabina* (Retz.) Pers., the critical available-p value (0.1 N HCL method) of lateritic red soil in plowed layer in the granitic area of Guangzhou was 25.6 ppm P. Also in nitrogen-free nutritional solution, (1) the critical phosphorus concentration (mM P) were 0.78 and 0.48, and (2) the critical phosphorus content of plant (P%) were 0.213 and 0.157 separately in Autumn and Spring. These two critical values trended to be influenced by the seasonal change. The significant decrease of fixed nitrogen by this plant was observed in the excessive-P solution.

Significant promotion effect of increasing phosphorus supply on the nodulation, total dry weight of nodules and nitrogenase activity were obtained in low-P solution. This promotion effect was then leveled within a range of phosphorus supply. No harmful effect on nodulation was observed in the excessive-P supply but which inhibiting effect was appeared, not only on the total dry weight of nodules, but also on the nodule nitrogenase activity more seriously.

key words: *Sesbania Cannabina* (Retz) Pers.; Nodule; Nitrogen fixation; Soil available phosphorus; Superphosphate