植物营养与肥料学报 2001,7(1):113～116
Plant Nutrition and Fertilizer Science

缺磷诱导菜豆根构型变化的一种简易测定方法

曹爱琴，廖 红，严小龙
(华南农业大学植物营养遗传研究室，根系生物学研究中心，广东广州 510642)

A simple method to quantify root architectural changes of common bean induced by P deficiency

CAO Ai-qin, LIAO Hong, YAN Xiao-long
(*Lab of Plant Nutritional Genetics and Root Biology Center, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China*)

中图分类号:Q944.54;S143.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2001)01-0113-04

长期以来，科技工作者对作物地上部分的结构，功能及叶光系统的调控进行了大量的研究，但由于工作条件及方法的限制，对作物的根系的研究却远远落后于地上部分。随着对作物研究的深入，科学工作者逐渐认识到作物是一个不可分隔的整体，根系在养分、水分的吸收和运输方面起着至关重要的作用。近年来，对土壤难溶性养分(如磷)的吸收利用的研究发现，根系在土壤中的空间分布，即根构型对植物养分吸收有着重要作用[1～3]。由于常年的耕作，土壤中的磷主要集中在根层，其有效性在耕层最高[4]。因此，具有较浅根系的作物，则能吸收到更多的磷素营养。

直接在实际生长介质中定量测定根构型是比较困难的，需要采用某种栽培系统进行根系的原位生长模拟。廖红等[5]采用特殊设计的营养袋纸培系统，模拟菜豆根系沿介质剖面的生长情况，发现移苗 6 d 后的菜豆幼苗基根生长的各项指标与砂培系统中 28 d 的菜豆生长的各项指标显著相关，说明营养袋纸培系统是研究根原位生长简捷可行的试验方法。本研究在此基础上，寻找在培养纸上进行磷的分层办法，为研究根构型对不同土壤层次供磷状况适应性变化提供技术。

1 材料与方法

本研究以菜豆为材料(基因型为 DOR364 和 HND01)。营养袋纸培系统由蓝色无磷吸水纸(美国 Anchor Paper 公司)、含 0.5mm 孔径均匀小孔的聚乙烯塑料袋、支撑架以及营养液等部分组成[5]。该系统能令根系正常生长，同时将根构型固定在二维平面上。供试种子催芽后放入竖立的发芽纸筒上，在 0.5mmol/L 的 $CaSO_4$ 溶液中培养 2～3 d，待胚根长至 2cm 左右、基根尚未分化时将移苗到纸培系统。营养

收稿日期:1999-10-18
基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(G1999011706);国家杰出青年科学基金项目(39925025)资助。
作者简介:曹爱琴(1975—),女,河北宁晋县人,华南农业大学作物遗传育种专业博士研究生,主要从事植物营养遗传研究。

液参考文献[5]配制。

试验共设6个处理：1)低磷;2)高磷;3)0～6cm均匀涂上$CaHPO_4$;4)将营养纸在10cm处剪断,中间留一缝隙,上层用高磷营养液润湿; 5)0～10cm采用双层设计,中间用保鲜膜隔开;6)0～6cm用滴管滴加高磷营养液。3)～6)为分层处理,下层浸在低磷营养液中。幼苗在室内控温(昼夜温度为25℃/20℃)、控光(昼光强为400$\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$)的条件下生长6 d后收获,用数字化扫描仪将长在蓝色营养纸上的根系原位图扫描存入计算机,获得数字化的根系图象后,以根部基点为顶点、水平方向为一边,测量各基根的生长角及根长在营养纸各层的分布(使用软件 WinRHIZO, Canada, Regent Instruments),营养纸留作测量各层磷含量。选择理想的分层系统作不同基因型菜豆(DOR364和HND01)的对照试验。结果用统计软件包SAS进行方差分析及多重比较。

2 结果与分析

2.1 营养纸上不同层次的磷浓度

表1为各处理的营养纸分层测定各层的磷浓度。结果看出,4个分层处理中0～10cm层的磷浓度较高,10～30cm的磷浓度处于低磷状态,其中处理5双层隔膜系统高磷、低磷层中磷浓度较为恒定,说明用此分层方法在营养袋上进行根构型研究是行之有效的方法。

表1 各处理营养纸上不同层次的磷浓度(mg/kg)

Table 1 P content in different layers of the pouch paper

处理	层次 Layers (cm)									
Treat.	0～2	2～4	4～6	6～8	8～10	10～12	12～16.5	16.5～21	21～25.5	25.5～30
处理3	150.20	185.80	137.80	33.50	8.49	6.20	4.18	7.46	3.04	-
处理4	17.70	12.50	12.40	8.72	21.20	6.88	11.30	9.48	8.60	7.92
处理5	46.00	32.00	28.10	26.30	27.20	2.80	4.30	3.30	5.70	3.50
处理6	24.90	8.50	19.00	8.93	12.10	2.23	3.17	17.96	14.28	-

2.2 不同菜豆基因型在双层隔膜系统上的反应

介质中供磷状况影响菜豆基根在营养纸上的分布。两种供试基因型在低磷条件与高磷条件下的基根生长角度无显著差异,而在双层隔膜系统(处理5),HND 01的基根的生长角度显著降低,DOR364则无明显的变化(表2)。说明局部供磷对基根的生长有诱导作用,不同基因型的反应不同。

表2 纸培系统中不同处理的基根生长角(水平夹角)

Table 2 Basal root growth angle of different P level in paper pouch system(Degree from horizon)

基因型 Genotype	低磷 Low P	高磷 High P	分层磷 Stratified P
DOR364	33.58a	37.11a	35.74a
HNDO1	20.50a	20.17a	6.52b

注:同一基因型具有相同字母者差异不显著(Dunncan检验,P=0.05).

Note: Values with the same letter within each genotypes are not significantly different(Dunncan test, P=0.05).

2.3 根长在各层的分布

由于基根在不同供磷情况下的向地性不同，致使根长在营养纸上不同层次的分布量不同(图 1)。DOR364 在 3 种磷处理情况下基根在 0～3、0～5cm 的根长无明显差异，而 HND 01 在分层磷处理时 0～3、0～5cm 的根长显著多于低磷和高磷处理，说明不同基因型菜豆根系对不同磷水平的反应不同。这与前人的试验结果及菜豆生长的田间表现是一致的[4]。

联系基根生长角度的结果表明，两个不同菜豆基因型在双层隔膜系统上的反应不同，DOR364 无论是高磷、低磷还是局部供磷，均表现为深根系，根生长角及根长在浅层的分布无显著的差异；而 HND 01 则达到了显著差异水平。说明菜豆根构型对低磷的反应是有基因型差异的。这为从根构型方面通过遗传改良提高磷效率提供了依据。

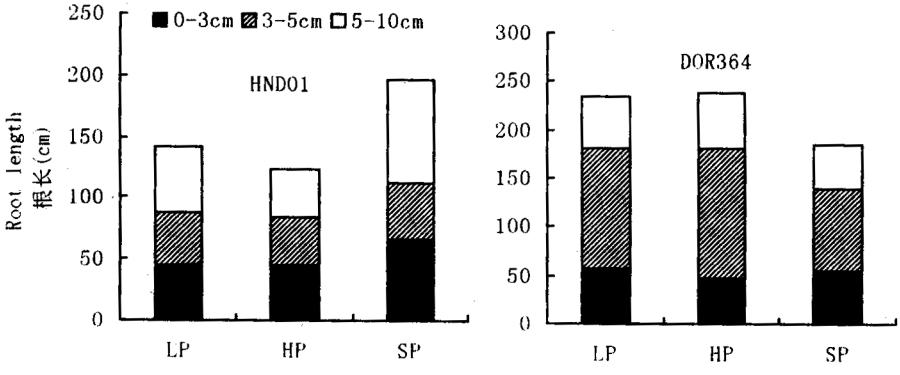

图 1　不同磷处理下菜豆根长在营养纸上各层的分布

Fig.1　Distribution of root length in different layers of paper pouch at different P levels

(LP-低磷 low P；HP-高磷 high P；SP-分层磷 stratified P)

3 结论

研究表明，在 4 种磷分层处理系统中，处理 6 滴加高磷营养液的各层磷浓度不稳定，磷溶液通过营养纸的微孔易下渗；处理 4 断层处理的各层磷浓度比较稳定，但断层的接口容易接触而造成高磷溶液下渗形成污染，在实际操作中不易控制；处理 3 钙磷处理和双层隔膜系统的效果最好，但由于钙磷为粉末状，不易控制浓度，且会由于粉末下滑而污染营养纸及营养液，故不宜采用；而双层隔膜系统(处理 5)中，隔膜的存在，阻止了高磷营养液的下渗，避免了营养纸的低磷部分与高磷部分的接触，使各层磷浓度均控制在恒定水平，并可根据需要调节磷浓度，简单易行，是一种较好的分层系统，它成功地在营养纸上实现了磷分层来模拟田间磷营养的分布状况。菜豆在分层营养袋纸培系统中所表现出来的根构型的各项指标基本上反映了根系在实际介质中(如砂培)的空间构型和分布状况[5]，且操作方便，可用于大规模的根构型测定。

参 考 文 献：

[1] Lynch J P, J van Beem. Growth and architecture of seedling roots of common bean genotypes[J]. Crop. Sci., 1993,33: 1253-1257.

[2] Lynch J P. Root architecture and plant productivity[J]. Plant Physiol., 1995, 109:7-13.

[3] Lynch J P, Beebe S E. Adaptation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to low phosphorous availability[J]. Hort. Science, 1995, 30:1165-1171.

[4] 苏德纯．从土壤磷的空间分布特征探讨提高磷肥及土壤磷有效性的新途径[J]. 中国农学通报 .1995,11(1):38-40.

[5] 廖红,严小龙．菜豆根构型对低磷胁迫的适应性变化及基因型差异[J]. 植物学报,2000, 42(2):158-163.