第3卷 第3期
1997年9月

植物营养与肥料学报
PLANT NUTRITION AND FERTILIZER SCIENCE

Vol.3 No.3
Sep. 1997

有机肥处理对小麦根系生长、活力和磷吸收的影响①

周 焱　　罗安程

（浙江省农业厅土肥站，杭州，310004）　（浙江农业大学，杭州，310029）

摘 要

通过温室砂培、室内分析，研究了有机肥、无机肥和有机无机配合对小麦根系活力、根系酸性磷酶活性、根尖呼吸作用、根系ATP酶活性，以及磷的吸收动力学参数的影响。结果表明，有机与无机肥配合施用，增加了小麦根系的活力。单施有机肥在培养初期能显著提高根系活力，培养时间增长，效果明显下降，而有机无机肥配施处理能较长时间保持根系有较高的活力。有机无机肥配合，使小麦磷吸收动力学参数发生变化，有机肥和有机无机肥配合处理使Imax增加，Km减小。结果说明，有机肥除提供小麦营养外，对其根系活力、生理代谢和吸收能力都有影响，从而直接促进了小麦对磷的吸收。

关键词 有机肥 小麦 磷吸收

利用有机肥提高作物对磷的吸收，作用是十分有效的，但有机肥的作用机理却十分复杂。从养分供应的角度来看，有机肥直接提供了一定的磷来提高土壤磷素养分，另外可通过提高土壤中有关酶和微生物活性，来增加土壤磷的有效性[1]。但植物对养分的吸收主要是通过根系从环境中主动摄取养分的过程。因此，根系的量和活力在磷的吸收中占有重要地位[2]。据赵红霞研究[3]，有机肥料能显著地促进水稻根系的生长发育，增加根内导管数量和直径；倪吾钟[4]研究表明有机与无机配合施用能提高水稻根系的α－萘胺的氧化力；罗安程等[5]研究表明，有机肥显著地促进了小麦根系的生长，增加根系总面积和主动吸收面积。这一效应直接原因可能与有机肥含有较多的氨基酸和生理活性物质有关。由此可见，有机肥对植物根系发育的促进作用是有机肥提高植物磷素营养又一重要途径。但目前关于有机肥对作物根系某些生理活性及吸收特性的直接作用尚缺乏研究。因此，探明有机肥对作物根系生长、活力及养分吸收动力学特征的影响，对了解有机肥料促进作物对磷吸收的机理无疑是十分重要的。

一、材料与方法

（一）材料培养

供试作物为小麦（扬麦5号）。

培养试验在浙江农业大学温室内进行，试验方法采用砂培法。设3处理，4重复。供试有机肥为腐熟的猪厩肥，经烘干磨细后与石英砂拌匀，放入装有营养液的塑料桶中，单纯有机肥处理，用4升去离子水替代营养液。

① 国家自然科学基金资助项目
收稿日期：1996－08－05

处理为:(1) 15g有机肥(M);(2) 7.5g有机肥+无机营养液(1/2F+1/2M);(3)无机营养液(F),营养液参考文献[5]配制。营养液体积为4升。有机肥含N 0.521%; P_2O_5 0.456%; K_2O 0.267%。根据有机肥的养分含量,调整无机营养液N、P、K元素含量,使3个处理全氮、磷、钾相等。

小麦种子消毒后,在石英砂床上发芽,生长出2片叶后移至各处理营养液中,移栽后每10天取样测定根系活力,第20天或40天取样测定其它项目。

(二)分析方法

TTC法测定根系活力[6] 0.5g鲜根加入5mL 0.4%TTC,5mL pH7.5磷酸缓冲液,37℃下于暗处反应3小时。加2mL H_2SO_4终止反应。反应后根用5mL乙酸乙酯提取,定容至25mL于485nm波长处比色。

呼吸强度测定 用锋利刀片将根切碎成1mm大小,混匀后用氧电极测定呼吸强度,测定温度为25℃,重复5次。

磷酸酶活性[7] 取根0.5g,于冰浴上磨成匀浆,洗入50mL容量瓶定容,取10mL,加10mL苯磷酸二钠。设无基质和无样品两对照。37℃下培养8小时,定容到100mL后过滤。取1mL用Gibbs试剂显色,于578nm处比色。

根系ATP酶活性的测定 称取样根1.000g,研成匀浆,洗入50mL容量瓶中定容。取10mL溶液于100mL三角瓶中,加0.002mol/L ATP钠盐2mL,乙醇胺缓冲液4mL,30℃培养2小时。反应结束后加50mL H_2SO_4中止酶反应,过滤后吸1mL测鲜根无机磷(P,μg/(g·h))计算酶活性。

磷吸收动力学参数测定 用自来水将根小心洗去杂物后,再用去离子水冲洗干净,取苗两株,在50mL系列KH_2PO_4溶液中吸收3小时,磷浓度为(0,0.25,0.1,0.2,0.5,1.0mol/L),用称重法补充消耗水分,用钼蓝比色法测定各系列浓度下吸收前后磷浓度差,计算磷的吸收量,重复3次。磷浓度为自变量,用吸收动力学方程拟合,求出Imax和Km。

二、试验结果

(一)有机肥对小麦根系活力的影响

表 1 有机肥和无机肥对小麦根系脱氢酶活性的影响(μg/(g·h),FW)

Table 1 The effect of organic and inorganic manure on dehydrogenase activity of barley roots

培养时间(天) Cultured days	处理 Treatments		
	M	1/2M+1/2F	F
10	489	483	455
20	501	531	473
30	325	497	435
40	267	378	342

表1表明,所有处理在培养第10~20天,根系活力都是呈上升趋势,而20天以后,则呈下降趋势。这可能是随着植株长大,活性较高的根尖占整个根的比例下降。M处理在培养第10天时根系活力最高,而F处理活力最低。但在10~20天后,又以M处理根系活力下降的最快,F处理次之,1/2M+1/2F处理下降的最慢。在第40天时,根系活力以1/2M+1/2F处理最大,F处理次之,而M处理最低。

(二)有机肥对小麦根系呼吸强度的影响

表 2　有机肥对小麦根及根尖呼吸强度的影响(O_2, μ mol/(g·min),FW)

Table 2　Effect of organic manure on the respiration rates of wheat roots and root tips.

项目 Item		处理 Treatments		
		M	1/2M+1/2F	F
根	Roots	0.593aA	0.654aA	0.472bB
根尖	Root tips	1.012bB	1.359aA	1.121bB

培养第二十天测定　Cultured for 20 days.

从表2可知，根尖的呼吸速率大大高于根的呼吸速率。在培养第20天，根的呼吸速率以1/2F+1/2M处理最高，且显著大于F处理。根尖的呼吸速率也以1/2F+1/2M处理最高，但M处理其根尖呼吸速率与F处理相比并无显著差异。

(三)有机肥对小麦根系磷酸酶活性的影响

作物根表磷酸酶的活性与作物对有机磷的利用有密切关系[8]。试验结果表明(表3)，根系磷酸酶活性培养40天比20天高，在培养过程中，1/2F+1/2M处理，一直处于最高，而F处理则最低，但第40天无机处理则比单施有机肥处理高。

表 3　有机肥对小麦根系磷酸酶活性的影响(P, mg/(g·h), FW)

Table 3　Effect of organic manure on phosphatase activity of wheat roots.

培养天数 Cultured days	处理 Treatments		
	M	1/2M+1/2F	F
20	0.498	0.899	0.480
40	0.595	1.432	0.701

(四)有机肥对小麦根系ATP酶活性的影响

有机肥的施用使小麦根系ATP酶活性有显著的影响(图1)。从各处理活性大小来看，在培养第10天和第20天M与1/2M+1/2F处理无明显差异，但两处理都明显高于F处理；20天后各处理ATP酶活性都有所下降，而M处理下降最快。活性大小为：1/2M+1/2F>F>M。从图中还可看出，在培养第10～20天中，F处理和1/2M+1/2F处理小麦根系ATP酶活性有一定幅度的上升，而M处理在整个培养过程中都呈下降趋势。特别是第20～30天和30～40天，酶活性下降得更大。从以上的结果表明，有机肥特别是有机无机配合能显著地提高小麦根系ATP酶活性。而单施有机肥只能在开始的几天有较大的作用，而在后期并无作用。这可能是单纯施用有机肥时，不能长时期地有效地提供养分[5]。

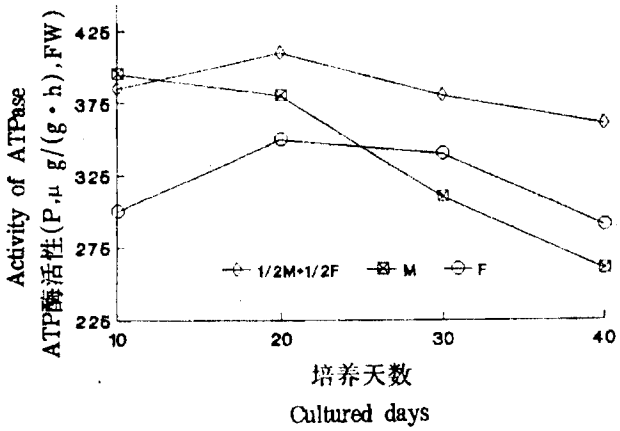

图1 有机肥料与无机对小麦根系ATP酶活性的影响

Fig.1 The effect of organic manure on the activity of ATPase of wheat roots

(五)有机肥对小麦磷吸收动力学参数的影响

不同处理小麦苗对磷吸收的动力学参数列于表4。Km值,以M处理最高,而 1/2M + 1/2F最低,F处理居中;各处理Imax值大小为: 1/2M + 1/2F > M > F。Imax是植物根系离子吸收位点多少的标志[9],因此,有机肥提高小麦Imax意味着可以增加小麦根对磷的吸收位点,提高小麦对磷的吸收利用。M处理比F处理有较高的Imax可能与M处理根系具有较大的根面积有关[5],而Km高则可能是此处理的根系活力较低,对磷的亲和力低引起的。

表 4 有机肥对小麦磷的吸收动力学参数的影响

Table 4 Effect of organic manure on the kinetic parameters of phosphate absorption

动力学参数 Kinetic parameters	处理 Treatments		
	M	1/2M + 1/2F	F
Km(mmol)	0.608	0.232	0.368
Imax(μ mol/(g·h)	0.119	0.120	0.107

第40天测定 Cultured for 40 days.

三、讨 论

虽然有许多报道表明,有机肥的施用提高了作物对磷的吸收[3,4],但对有机肥通过促进根系活力和能量代谢水平增加磷的吸收尚未见报道。

培养10天单纯有机肥处理具有最高的活力,这表明有机肥对小麦根系活力确有促进作用。这一作用可能与有机肥中含有一定量的氨基酸和生理活性物质有关,这些物质促进了小麦根系的生长[5]。但单纯施用有机肥料,并不能长期维持根系较高的活力,随着培养时间的增加其根系活力逐渐下降至最低。这一原因与有机肥养分供应特点有关。众所周知,有机肥所含养分并不能在短期内全部释放[5,10]。因此,随着植物的生长,必因养分的不足使其根系活力受到影响。单纯无机处理没有受到生理活性物质的刺激,在培养开始其活性并不高。但这一处理有充分的养分供应,在培养后期,活性仍比单纯有机肥处理高。对于1/2F + 1/2M处理,在本试验培养时

间内，兼有无机和有机肥的优点，故此能较长时间维持根系较高的活力。这也可能是有机无机配施效果显著的重要原因。

有机肥对根系呼吸作用的影响可能与有机肥中的腐殖质有关。据报道，腐殖质中有部分可被植物直接吸收并对植物的生长有刺激作用[11]。进入体内的腐殖质15%存在于线粒体中，而线粒体是植物呼吸作用的场所。研究表明，腐殖质可以促进甜菜根贮藏组织和玉米根对O_2的吸收量[11]。呼吸作用是根系在正常条件下能量代谢的一个重要指标，因此，有机肥处理促进了根系的能量代谢。植物根系活力与根系能量代谢水平有密切关系[10]，从本试验结果可以看出，有机无机配施处理(1/2M + 1/2F)具有较高的根系活力，其能量代谢有关的指标(ATP酶和呼吸速率)也相对较高，这是有机肥促进作物对磷吸收的重要能量基础。Km和Imax是植物根系吸磷特征的两个重要参数[10]，较小的Km值和较大的Imax是植物具有较高吸收能力的标志。试验结果表明，有机与无机肥配合处理与其它处理相比，具有这一特征。较高的能量代谢水平是有机无机配施处理使根系具有较高的磷吸收与转运效率，这可能是有机肥促进磷吸收的原因之一。植物根系的生长和活力是应首先考虑的因素[2]。在有机肥的作用下，根系的生长量、生长速率、根总面积、活跃吸收面积显著增加[5]，根系单位根重表面积的增加意味其吸收位点可能得到提高，这也是有机肥处理磷吸收Imax提高的主要原因。

植物根表、根内和根的分泌物中存在着磷酸酶的活性，它的活性与植物对土壤有机磷的利用具有重要意义[8]。试验结果表明，有机肥可促进植物根系磷酸酶的活性，从而对植物利用土壤和有机肥料中的有机磷有一定的作用。

从以上结果可知，有机肥可以刺激小麦根系活力，从而改变了根系对磷吸收动力学特征，提高磷的吸收。但单纯施用有机肥其效应短，而有机无机配施则能较长时间维持这一效应。

参 考 文 献

1 Luo Ancheng and Sun Xi. Effect of organic manure on the biological activities associated with the release of phosphorus in blue purple paddy soil. Comm Soil Sci. Plant Anal. 1994, 25(13～14):2513～2522.

2 Barber SA. 植物对磷的吸收量决定于土壤与根的关系. 国外农学—土壤肥料，1985, 2:52～54.

3 赵红霞. 有机肥对水稻根系生长的影响. 土壤农化通报，1988, 2:71～74.

4 倪吾钟，孙羲. 有机无机配施对水稻土供钾特性和水稻生长的影响. 土壤通报，1990，21(4):170～172.

5 罗安程，孙羲，章永松. 有机肥对小麦生长的影响及其可能机制. 土壤通报，1994，25(5):219～221.

6 薛应龙主编. 植物生理学实验手册. 上海科学技术出版社，1985.

7 严昶升. 土壤肥力研究法. 农业出版社，1988.

8 孙羲，章永松. 有机肥和土壤中有机磷对水稻的营养作用. 土壤学报，1992，29(4):365～369.

9 倪晋山. 三系杂交水稻幼苗NH_4^+、K^+吸收动力学分析. 植物生理学报，1984，10(4):381.

10 何念祖，孟赐福. 植物营养学原理. 上海科学技术出版社，1987.

11 Vaughan and Malcolm RE. Soil organic matter and biological activity. Derdrecht Nijhoff, 1985, 37～63.

EFFECT OF ORGANIC MANURE ON PHOSPHORUS ABSORPTION AND ROOT ACTIVITIES OF WHEAT

Zhou Yan
(Soil and Fertilizer Station of Zhejiang, Hangzhou 310004)

Luo Anchang
(Dept Biological Sci. Techn. ZAU, Hangzhou 310029)

Summary

Sandy culture was conducted to study the effect of organic manure on the root activities, phosphatase, respiration and kinetics of phosphorus absorption by wheat. The results showed that the combination use of organic manure and inorganic manure displayed significantly higher root vigor expressed by TTC oxidizing capability. The energy level indicated by ATPase activity and respiration rate could be enhanced by the application of organic manure. However, this effect in organic manure treatment occured only during the first 10 days, while during 40 days culture period the combination use of organic manure could maitain relatively high energy level and root vigor which was closely associated with the absorption of phosphorus indicated by low Km. The roots in organic manure treatment also showed high phosphatase activity that played an important role in organic phosphorus absorption.

Key words Organic manure Wheat Phosphorus absorption.