

解磷微生物的研究现状及展望

郭 炜¹, 于洪久¹, 李玉梅², 王大蔚¹, 于春生¹, 刘 杰¹

(1. 黑龙江省农业科学院 农村能源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:磷素是作物生长过程中最重要的营养元素之一, 土壤中磷素含量相对较高, 但磷素的生物有效性较低, 可被作物所吸收利用的磷素有限, 而通过生物方法利用解磷微生物来分解土壤中难溶态磷来提高磷素的生物有效性是解决作物缺磷的一个有效途径。为使土壤中磷素得到有效利用, 论述了解磷微生物的研究概况及种类、解磷能力测定、微生物解磷机理等, 并阐述了磷微生物的重要意义, 提出了解磷微生物未来研究和探索的方向。

关键词:磷素; 解磷微生物; 解磷机理

中图分类号: S144 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2015)10-0170-03 **DOI:** 10.11942/j.issn1002-2767.2015.10.0170

磷是植物生长过程中重要的矿物质元素之一, 作为一种植物体内能量的载体, 可直接参与到植物体内重要的生物化学过程及光合反应。合理的施用磷肥不仅可以使作物增加产量, 同时还可以提高农作物品质。大气环境中不含有气相磷, 磷素主要在土壤、植物及微生物之间进行循环, 是常见的沉积型循环营养元素之一^[1]。磷的循环周期很长, 因此常造成土壤及作物体内磷的匮乏。

土壤中的磷素主要以两种形态存在即无机化合物和有机化合物。无机化合物大致又分为以磷灰石为主的原生矿物和以化合态为主的次生矿物两种类型。而能被植物所吸收利用的是无机化合物中以磷酸铁、磷酸铝及磷酸三钙 3 种形态在特定条件下所释放出来的磷素。有机化合物形态存在的磷素往往不能被植物直接吸收利用, 必须在特定微生物环境作用下转变成无机化合物形态才能被植物吸收利用。一般将易被植物吸收利用的磷称为有效态无机磷, 其它称为无效态磷。

土壤中有效态无机磷含量约占土壤中全磷含量的 2%, 而有效态磷含量与土壤中全磷含量没有必然性和相关性。我国土壤缺磷情况严重, 据全国第二次土壤普查的资料统计显示, 土壤耕地面积的 59% 是缺磷的^[2]。当前, 土壤中磷素含量的增加主要化学磷肥的施加。磷肥施入土壤后

少部分被植物吸收利用, 大部分易溶的磷肥与土壤发生吸附、沉淀作用而被土壤固定^[3]。

土壤中的微生物为磷素在土壤、植物间的循环提供了动力, 土壤中微生物的特定活动对土壤中有效态磷含量的增加有促进作用。国内外学者的研究表明, 土壤中存在可提高无效态磷转化为有效态磷功能的微生物, 称为解磷菌或溶磷菌。

1 解磷微生物的研究概况

1953 年, 前苏联学者蒙基娜成功地从土壤中分离一株可分解核酸和卵磷脂的解磷巨大芽孢杆菌 (*Bacillus megatherium phosphaticum*), 在应用中发现可有效提高土壤中速效磷浓度含量^[4]。我国对具有解磷功能微生物的研究开始于 1950 年, 在东北黑土及灰化土壤中分解出一种可分解有机磷的巨大芽孢杆菌。在实际生产应用中, 使作物不同幅度增产。中国科学院相关学者在东北黑土中成功分离出一种具有解磷功能的假单胞菌^[5-6]。20 世纪 80 年代以后, 尹瑞玲、陈廷伟等许多国内学者陆续对解磷微生物进行研究, 分离出了欧文氏菌、产碱菌、枯草芽孢杆菌等多种解磷功能的微生物菌种^[7]。同时相继研发出多种具有解磷功能的生物制剂。

2 解磷菌的种类

能够分解磷的微生物种类较多, 根据微生物自身种类的不同大致可分为细菌、真菌和放线菌。根据解磷菌可分解的底物不同大致可分为有机磷微生物和无机磷微生物。目前已有的研究报道表明, 具有解磷功能的微生物菌中细菌类主要包括肠细菌 (*Enterbacter*)、芽孢杆菌 (*Bacillus*)、沙雷氏菌 (*Serratia*)、产碱菌 (*Alcaligenes*)、微球

收稿日期: 2015-07-21

基金项目: 哈尔滨市科学技术局资助项目 (2014DB3AN027)

第一作者简介: 郭炜 (1982-), 女, 黑龙江省哈尔滨市人, 硕士, 助理研究员, 从事农业微生物研究。E-mail: guoweixinwei@126.com。

通讯作者: 刘杰 (1974-), 男, 黑龙江省延寿县人, 博士, 研究员, 从事农业微生物肥料及生物环境与能源工程等方面的研究。

菌(*Micrococcus*)、假单胞杆菌(*Pseudomonas*)、土壤杆菌(*Agrobacterium*)、根瘤菌(*Bradyrhizobium*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、黄杆菌(*Flavobacterium*)、埃希氏菌(*Escherichia*)、欧文氏菌(*Erwinia*)、硫杆菌(*Thiobacillus*)、色杆菌(*Chromobacterium*)、固氮菌(*Azotobacter*)、节细菌(*Arthrobacter*);具有解磷功能的真菌类主要有青霉菌(*Penicillium*)、根霉(*Rhizopus*)、小菌核菌(*Sclerotium*)、曲霉菌(*Aspergillus*)、镰刀菌(*Fusarium*);具有解磷功能的放线菌包括链霉菌(*Streptomyces*)、AM菌根菌^[1,8-9]。

3 解磷菌的分布

不同的作物根际及土壤类型之间,解磷微生物的种群及数量分布存在一定差异。林启美^[10]等对农田、林地、草地和菜地4种不同土壤环境中解磷菌的数量和种群结构的调查,结果表明,农田中细菌种类数量较少,菜地中细菌种类数量较多;且有机磷细菌数量比无机磷细菌数量多。尹瑞玲等^[11]在对我国旱地土壤中解磷微生物的数量分布研究表明,在东北的黑钙土中以芽孢杆菌和假单胞菌为主,而黄棕壤和红壤中解磷菌种类分布较多;林启美^[12]等研究表明,耕地土壤中主要的解磷菌是芽孢杆菌属,林地和菜地土壤则以假单胞菌属为主,在农田中只发现了假单胞菌和沙雷氏菌2个菌属,溶磷微生物数量因土壤而异,黑钙土>黄棕壤>白土>红壤>砖红壤>瓦碱土。

解磷微生物的数量分布在不同植物根圈的不同区域表现具有明显的根际效应,即在根际土壤区域中解磷微生物的数量明显高于非根际土壤区域。这主要由于根系分泌物的影响而导致,而非根际微生物即为根际优势菌落。Katznelson^[13]等在对小麦根圈解磷细菌的分布研究中得到,根际上解磷细菌的数量比非根际环境中解磷细菌数量高出6~18倍。林启美和赵小蓉^[14]等调查表明,在小麦和玉米作物的根际土壤中解磷微生物数量比非根际土壤中高出1~2个数量级。

4 微生物解磷能力的测定

一般测定微生物是否具有解磷能力的方法有3种,分别为固体平板法、液体培养法和土壤培养法。固体平板法是指将可能具有解磷功能的菌种接种到已接有难溶磷酸盐的固体培养基上培养,检测培养基的菌落是否出现溶磷现象,根据溶磷圈的大小判断其解磷能力。在液体培养法中较常用的测定方法是钼磷比色法^[15],即将可能具有解

磷功能的微生物接种到含有不溶性磷化物中进行培养,同时将没有接种解磷微生物的液体培养基中进行对照,采用钼磷比色法进行测定液体培养液中可溶性磷含量,来判断微生物的解磷能力。土壤培养法,为在土壤中接种可能具有解磷功能的微生物,培养一段时间后,直接测定土壤中有效磷含量。

尹瑞玲^[8]等在对从土壤中分离的200余种具有解磷功能的细菌中,发现40余株解磷能力较强的巨大芽孢杆菌、节杆菌、黄杆菌欧文氏菌及假单胞杆菌。Sperber^[16]等针对具有解磷功能的细菌进行深入系统的研究,结果通过固体平板法,在从土壤中分离出的解磷细菌中发现有80余株细菌表现出较强的解磷效果。Sundara Rao^[17]等利用液体培养法,发现几株解磷能力较强的芽孢杆菌。

5 解磷微生物的解磷机理研究

大量研究报道表明,解磷菌的解磷机理因菌株的不同而不同。赵小蓉、林启美^[10]等人经研究表明,微生物具有解磷作用是由于微生物能够分泌某种特定的酸性物质,这些酸性物质不仅可溶解磷酸铁、磷酸钙、磷酸铝、磷酸镁等难溶性的磷酸盐物质,同时可以使土壤的酸性增强。林启美^[11]等对具有解磷作用的细菌及真菌的解磷机理进行研究,表明解磷性细菌可分泌柠檬酸、乙酸、苹果酸、乳酸、丙酸等有机酸。解磷性真菌分泌酸性物质种类较多,成分复杂。细菌及真菌的不同菌株之间的差异性都较大。同种菌株之间因环境因素影响差别也较大。多数为草酸、酒石酸、柠檬酸、丁二酸、乳酸和乙酸等。赵小蓉^[12]等研究还表明,微生物的解磷水平与培养基的酸碱度存在一定的相关性($r=-0.732$),但是,培养介质酸碱度的降低并不是微生物解磷的必要条件。说明有机酸对不同铁、铝、钙及镁等难溶性的磷酸盐的溶解能力有差异。同时,不是所有具有解磷微生物都会产生酸性物质。Illmer^[18]等研究表明,一些不会产生有机酸物质的微生物也具有解磷功能。这可能是微生物通过自身的呼吸作用及离子交换作用,促进了有机磷的溶解。Rajan^[19]等研究发现,一种多硫细菌属的细菌可以通过氧化生成的硫酸来溶解水溶性较差的磷。

AM(*Arbuscular Mycorrhiza*)菌根菌可促进植物对养分磷的吸收利用,提高植物体内磷元素的养分含量,进而促进作物生长,是近年来研究的热点。宋勇春^[20]等通过向缺磷土壤中施加接种特定菌根真菌的植酸和卵磷脂的实验表明,菌根

菌的增加明显提高了土壤中酸性磷酸酶及碱性磷酸酶的活性,提高了土壤中有效磷的含量。Arihara^[21]等在对菌根菌与玉米生长关系的实验研究中发现,在播种前土壤中有效太磷浓度含量相同的前提下,玉米的产量与菌根菌的定植率呈正相关性。AM 菌根菌促进植物对磷元素的吸收机制为:AM 菌根菌可通过增大植物根系的有效表面积,从而提高植物对磷的吸收及转化效率;同时,AM 菌根菌有效提高了根际区域内酸性磷酸盐和碱性磷酸盐的生物活性,提高了养分磷的转化效率。

6 解磷微生物的重要意义

磷是作物生长发育过程中最重要的营养物质之一,直接影响作物的产量及品质。但是,养分磷在土壤中相对含量较少,缺磷现象在我国较为普遍,养分磷的紧缺已经成为严重限制我国农业发展的因素之一。另外,磷属于不可再生的自然资源,我国磷资源匮乏,而且品质较差,目前磷肥的大量生产主要依赖进口。近些年,磷肥的大面积施用,使土壤中无效态磷含量激增。鲁如坤等研究表明,放入土壤中的磷肥中只有 10%~30% 的磷被植物吸收利用,其它的均为难溶态磷很难被植物所吸收^[22]。据调查表明,我国目前累积储存在土壤中难溶态的磷已高达 6 000 万 t,是目前全国磷肥 10 a 的消费量总和^[23]。解决这些问题的有效途径之一就是提高土壤自身养分磷含量,即活化土壤中磷及施入的磷肥中磷的生物有效性,走一条可持续性发展之路。从土壤中筛选出高效解磷微生物,接种到植物生长环境中去,将植物生长环境中的难溶性磷活化出来,提高环境中磷的生物有效性是一种行之有效的生物学手段。因此,解磷微生物的研究对我国农业的可持续性发展具有重要的意义^[24]。

7 解磷微生物的未来发展方向

①重点筛选针对特定作物具有高效解磷功能的微生物菌种,筛选分离后的解磷微生物接种到生存环境后,容易定植扩繁,从而快速提高微生物的解磷能力。②解磷微生物的解磷能力因土壤类型、作物、生存环境不同而存在较大差异,因此,应重点研究解磷菌的生物学特征,深入探究解磷微生物的解磷机理。③对解磷微生物和其它功能型微生物进行共同研究,研究它们之间的协同、促生关系,为复合功能型生物制剂的研发及应用提供理论基础。④具有解磷功能的微生物种类繁多,可收集不同地点、不同土壤环境及类型的解磷微

生物进行分离研究,最终确定解磷功能微生物生物树关系。

参考文献:

- [1] 李阜棣,胡正嘉.微生物学[M].第 5 版.北京:中国农业出版社,2000:228.
- [2] 徐俊兵.扬州市土壤有机质和速效磷钾的分布研究[J].土壤,2004,36(1):99-103.
- [3] 张宝贵,李贵桐.土壤生物在土壤磷有效化中的作用[J].土壤学报,1998,35(1):04-111.
- [4] Sundara Rao W V B, Sinha M K. Phosphate-dissolving micro-organism in the rhizosphere and soil[J]. Indian J. Agric. Soil, 1963, 33(4): 272-278.
- [5] 王富民,刘桂芝,张彦,等.高效溶磷菌的分离、筛选及在土壤中溶磷有效性的研究[J].生物技术,1992,2(6):34-37.
- [6] 范丙全,金继运,葛诚.溶磷草酸青霉菌筛选及其溶磷效果的初步研究[J].中国农业科学,2002,35(5):525-530.
- [7] 姜绍芬,姜瑞波.解磷微生物肥料的作用和应用[J].土壤肥料,1994(2):46-48.
- [8] 尹瑞玲.我国旱地土壤溶磷微生物[J].土壤,1988,20(5):243-246.
- [9] 赵小蓉,林启美.四种不同生态环境中解磷细菌的数量及种群分布[J].土壤与环境,2000,9(1):34-37.
- [10] 赵小蓉,林启美.微生物解磷的研究进展[J].土壤肥料,2001(3):7-11.
- [11] 林启美,赵小蓉,孙炎鑫,等.纤维素分解菌与无机磷细菌的相互作用[J].生态学杂志,2001,20(3):69-70.
- [12] 赵小蓉,林启美.玉米根际与非根解磷细菌的分布[J].生态学杂志,2001,20(6):62-64.
- [13] Katznel Son, Peterson, Rouatt. Phosphate-dissolving microorganisms on seed and in the root zone of plants[J]. Can J Bot, 1962, 40: 1181-1186.
- [14] 赵小蓉,林启美.小麦根际解磷细菌的分布[J].华北农学报,2001,16(1):111-115.
- [15] 许广辉,等.土壤微生物分析方法手册[M].北京:农业出版社,1988.
- [16] Sperber J I. Solution of mineral phosphates by soil bacteria[J]. Nature, 1957, 180: 94-995.
- [17] Sundara Rao, Sinha. Phosphate dissolving microorganisms in the rhizosphere and soil[J]. India J Agric Sci, 1963, 33(4): 272-278.
- [18] Illmer P, Schinner F. Solubilization of inorganic cation phosphates-solubilization mechanisms[J]. Soil Bio. Biochem, 1995, 27: 257-263.
- [19] Rsubota G. Phosphate reduction in the paddy field I[J]. Soil and Plant Food, 1959(5): 10-15.
- [20] 宋勇春,李晓林,冯固.泡囊丛枝(VA)菌根对玉米根际磷酸酶活性的影响[J].应用生态学报,2001,12(4):593-596.
- [21] Arihara J, Kanasawa T. Effect of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of succeeding maize[J]. Soil Sci Plant Nutr, 2000, 46(1): 43-51.
- [22] 李淑高.解磷微生物的研究[J].土壤通报,1981(5):33-37.
- [23] 陈华癸,陈文新,曹燕珍,等.微生物学[M].北京:北京农业出版社,1962.
- [24] 王光华,赵英,周德瑞,等.解磷菌的研究现状与展望[J].生态环境,2003,12(1):96-101.

日粮纤维对鹅消化系统影响研究进展

丁丽艳¹, 刘国君², 赵秀华², 黄 萌¹, 李满雨²

(1. 黑龙江省畜牧研究所, 黑龙江 齐齐哈尔 161005; 2. 黑龙江省农业科学院 畜牧研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了研究鹅对日粮纤维的营养需求水平,进一步制定鹅的饲养标准,从日粮纤维定义、鹅消化系统特点、日粮纤维对鹅消化道功能的影响及鹅对日粮纤维消化吸收的影响因素几方面进行了综述。结果表明:鹅的不同品种及不同生长时期、不同纤维来源和日粮纤维的不同加工方式等对日粮纤维消化吸收的能力也不同;鹅日粮纤维含量适中时,可促进鹅消化系统的发育,含量过高,则对消化系统的发育有不利影响。

关键词:鹅;日粮纤维;NSP;消化系统;影响因素

中图分类号:S835 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)10-0173-04 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2015.10.0173

鹅属于草食性家禽,以采食青粗饲料为主,消耗精饲料少,生长快,适应性好,抗病力强,饲养成本较低,并且鹅肉蛋白质高,脂肪、胆固醇含量低,是优质的绿色食品。由于鹅类消化系统的特点,是利用纤维饲料的能力最强家禽。纤维饲料的合

理、适量使用,不仅能维持鹅胃肠道的正常蠕动、而且能刺激其胃肠道的发育等,还可以提供一定的能量作用。

1 日粮纤维定义

饲料纤维在生理学上的定义即一种动物本身分泌的消化酶进行消化的日粮的组成成分,它的成分主要是纤维素、果胶物质、半纤维素、 β -葡聚糖、木质素等;饲料纤维在化学上的定义是饲料纤维是木质素和非淀粉多糖(NSP)的总和;从营养学上定义为日粮纤维应包括所有抵抗消化道内源酶消化的饲料组成,成分包括木质素、NSP、阿拉伯半乳糖蛋白、细胞壁镶嵌蛋白、果聚糖、半乳糖寡聚糖、抗性淀粉及与细胞壁连接的矿物质等。

收稿日期:2015-06-04
基金项目:黑龙江省自然科学基金重点资助项目(ZD201407);哈尔滨市优秀学科带头人资助项目(2015RQXYJ015)
第一作者简介:丁丽艳(1971-),女,黑龙江省绥化市人,硕士,研究员,从事分子育种研究。E-mail: dingliyan_1971@163.com。
通信作者:刘国君(1963-),男,黑龙江省延寿县人,硕士,研究员,硕士生导师,从事鹅的饲养繁育研究。E-mail: Hljlgj0452@163.com。

Research Status and Prospect of Phosphorus-dissolving Microorganisms

GUO Wei¹, YU Hong-jiu¹, LI YU-mei², WANG DA-wei¹, YU Chun-sheng¹, LIU Jie¹

(1. Rural Energy Resources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Soil and Fertilizer Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: Phosphorus is one of the most important nutrient elements during the growth of crops, the content of phosphorus in soil is high relatively, but the biological efficiency is low, the phosphorus that can be absorbed and utilized by the crop is limited, therefore, how to improve the utilization rate of phosphorus in soil has become a hot issues in current research. By phosphate-dissolving microorganisms to decomposition insoluble phosphate in soil to improve the bioavailability of phosphorus is an effective way to solve the shortage of phosphorus in crops. The general research situation and types, determination of phosphate dissolving ability and phosphorus dissolving mechanism of phosphorus-dissolving microorganisms were reviewed, the important significance of phosphorus-dissolving microorganisms was discussed and the direction of future research and exploration of phosphorus-dissolving microorganisms were proposed.

Keywords: phosphorus; microbial available phosphorus; phosphate-solubilizing mechanism