

文章编号:1003-8701(2011)04-0033-04

活化剂对黑土有效磷含量及玉米产量影响的研究

邱兰兰^{1,2}, 石元亮^{2*}, 贺山峰¹

(1. 河南理工大学, 河南 焦作 454000; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘要: 本试验研究了活化剂对玉米各生育时期土壤有效磷含量和玉米产量的影响, 得出以下结果: 施用活化剂能有效减缓土壤有效磷下降的趋势, 提高玉米产量, 其中以活化剂 H₂ (450 kg/hm²) 效果最好, 其次为柠檬酸铵 (15 kg/hm²) 和腐植酸 (150 kg/hm²), 分别比对照 (处理 3) 增产 9.32%、5.99% 和 4.99%。活化剂主要通过增大千粒重和穗粒数来增加玉米产量。相关分析得出, 玉米产量与抽穗期土壤有效磷含量的相关性最大, 应掌握好抽穗期合理施肥。

关键词: 磷素活化剂; 有效磷; 玉米产量; 千粒重; 抽穗期

中图分类号: S156

文献标识码: A

Effects of Phosphorus Activator on Availabilities of Phosphorus and Corn Yield in Black Soil

QIU Lan-lan^{1,2}, SHI Yuan-liang², HE Shan-feng¹

(1. Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000;

2. Institute of Applied Ecology, CAS, Shenyang 110016, China)

Abstract: Effects of phosphorus activator (PA) on amount of Olsen-P and corn yield in black soil were studied in order to conduct fertilizing rationally. The results showed that PA could slow the trend of decreasing of Olsen-P in black soil and enhance corn yield. H₂ (450 kg/hm²) was the best PA which enhanced corn yield 9.32% more than CK. Following was citrate (15 kg/hm²) and HA (150 kg/hm²), which enhanced corn yield 5.99% and 4.99% more than CK, separately. PA could enhance corn yield mainly through increasing 1000-seed weight and grain number per spike. Correlated analysis showed that correlation between corn yield and amount of Olsen-P at heading stage was best. It should be cautious to fertilize phosphates at heading stage.

Keywords: Phosphorus activator; Olsen-P; Corn yield; 1000-seed weight; Heading stage

磷是植物生长发育必需营养元素之一, 但由于土壤特定的理化性质和磷酸盐的化学行为, 磷的当季利用率一般只有 10%~25%^[1]。如果将其利用率提高 10 个百分点, 每年就可以为国家节省约 13 亿元^[2]。磷肥的低利用率不仅造成了直接的经济损失, 而且对人们赖以生存的环境产生了不良影响。因此, 如何提高磷肥利用率和释放土壤中

积累的磷, 是人们目前研究的重要课题, 它对改善作物的营养状况、提高作物产量、减少磷肥施用量、缓解磷资源不足的矛盾具有重要现实意义。

黑土是分布于我国东北的一种典型耕地土壤, 土壤中积累了大量磷, 研究磷活化剂提高磷效率在减少磷肥用量, 降低农业生产中成本有重要意义。室内模拟培养试验表明^[3-4], 腐植酸、柠檬酸铵、活化剂 H₂ 对土壤中的磷有很好的活化作用, 那么它们在大田种植条件下对土壤中的磷及作物生长发育状况有何影响, 是否能有效提高作物产量, 为弄清这些问题, 笔者设计了该试验, 希望能为玉米生产提供理论上的支持和帮助, 为今后合

收稿日期: 2011-03-16

基金项目: 国家科技支撑 (2009BADB3B07)

作者简介: 邱兰兰 (1982-) 女, 助教, 硕士, 主要从事土壤肥料研究。

通讯作者: 石元亮, 男, 研究员, 博士, E-mail: shiy1@iae.ac.cn

理施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

田间小区试验在吉林公主岭市朝阳坡乡清水7社进行,土壤类型为草甸黑土,肥力中等。其理化性质见表1。供试肥料为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 14%)、 K_2SO_4 (K_2O 50%)。以上均为农业用

表1 供试土壤基本理化性质

| 土壤类型 | 全磷 (%) | 碱解 N (mg/kg) | 速效 P (mg/kg) | 速效 K (mg/kg) | pH | Ca ₂ -P (mg/kg) | Ca ₈ -P (mg/kg) | Al-P (mg/kg) | Fe-P (mg/kg) |
|------|--------|--------------|--------------|--------------|------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| 黑土 | 0.047 | 96.72 | 18.12 | 121.24 | 7.75 | 30 | 25 | 42 | 74 |

量 9 000 kg/hm² 左右,品质佳,抗倒性好。

1.2 试验方法

试验设3个对照处理,CK₁(无肥区),CK₂(N:P:K=1:0.5:0.5),CK₃(N:P:K=1:0.1:0.5)。施肥用量:N 120 kg/hm²、 P_2O_5 60 kg/hm²、 K_2O 60 kg/hm²,磷素活化剂用量(根据筛选试验结果确定):活化剂 H₂ 常规用量 450 kg/hm²,HA 常规用量 300 kg/hm²,柠檬酸铵常规用量 15 kg/hm²,另设常规用量的一半。将供试磷素活化剂先与磷肥混匀,所有的材料均以基肥的形式于打垄前一次性施入土壤作底肥,作物生长期不再追肥。小区面积 30 m²,6 行区,行长 8.0 m,步道 1 m,每个处理 3 次重复,随机区组排列。2006 年 5 月 13 日播种,密度 6.4 万株/hm²,小区每行 32 株,东西垄向。分别于玉米苗期、抽穗期和蜡熟期测定土壤有效磷含量,测定玉米产量、亩穗数、穗粒数和千粒重。各处理如下:

处理 1 :CK₁(无肥区)

处理 2 :CK₂(N :P :K=1 :0.5 :0.5)

处理 3 :CK₃(N :P :K=1 :0.1 :0.5)

处理 4 :NPK(1 :0.1 :0.5)+H₂₋₁(450 kg/hm²)

处理 5 :NPK(1 :0.1 :0.5)+H₂₋₂(225 kg/hm²)

处理 6 :NPK(1 :0.1 :0.5)+HA₁(300 kg/hm²)

处理 7 :NPK(1 :0.1 :0.5)+HA₂(150 kg/hm²)

处理 8 :NPK(1 :0.1 :0.5)+柠₁(15 kg/hm²)

处理 9 :NPK(1 :0.1 :0.5)+柠₂(7.5 kg/hm²)

注:H₂-活化剂 H₂,HA-腐植酸,柠-柠檬酸铵。以下同。

2 结果与讨论

2.1 活化剂对土壤有效磷含量的影响

如图1所示,在苗期,处理2和处理3有效磷含量明显高于处理1,但随玉米生育时期的延长,有效磷含量急剧下降,到蜡熟期时,3个处理间无

明显差异,但处理3有效磷含量要高于处理2。处理1随生育时期延长,有效磷含量后期有所增大,这可能因为,黑土中早已积累了大量的磷,当低磷胁迫时,这些磷素能够缓慢的释放出来,变为有效态^[5-6],满足玉米生长发育的需要。而处理2和处理3,施入的磷肥一方面满足玉米生长需要,另一方面,施入大量磷加速了磷的固定,不利于磷有效性的发挥,所以有效磷含量逐渐降低。由于玉米生长需磷较多的是前期和中期,因此,一定程度施磷对土壤有效磷的贡献仍是很大的,但要把握好度,并非施磷越多越好。

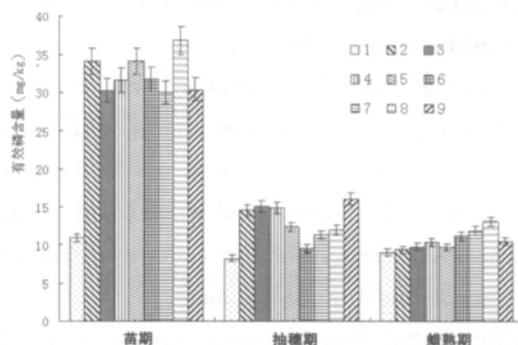


图1 玉米各生长时期土壤有效磷含量

苗期,各活化剂处理有效磷含量比CK₃高,由于该阶段玉米需磷量较低,土壤中的有效磷含量高低可以有效反映磷素活化剂的释磷效果。到抽穗期有效磷含量逐渐降低,这固然是与固磷有关,但另一方面也与玉米各生育期的需磷规律一致,抽穗期有效磷量较好地满足了玉米生长需要。抽穗期到蜡熟期,CK₃有效磷含量仍下降了34.9%,施活化剂处理有效磷下降幅度则明显降低,其中处理6、8甚至有一定程度的增加,这与室内培养试验的结果一致,活化剂特别是HA和柠檬酸铵后期活化效果较好。

2.2 活化剂对玉米产量的影响

表 2 显示,单施磷肥处理 2 和 3 与处理 1 相比,玉米产量均有一定程度提高,增产率分别为 9.53%、11.58%,这体现了施磷的必要性,其中处理 3 比处理 2 产量高 2%,这说明磷肥施用量并非

越多越好,这与 2.1 结论一致,过量的磷肥甚至会造成产量降低,从生态的角度考虑,磷肥过量积累会造成环境的污染和资源的浪费^[7]。

施活化剂各处理比处理 3 玉米产量有一定程

表 2 各处理玉米产量

| 处理 | 各小区产量 | | | 平均产量 | 增产量 | |
|----|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 |
| 1 | 31.35 | 34.28 | 31.83 | 32.49 | - | - |
| 2 | 36.74 | 35.59 | 34.41 | 35.58 | 3.10 | - |
| 3 | 37.74 | 32.74 | 38.27 | 36.25 | 3.76 | - |
| 4 | 36.80 | 38.09 | 44.00 | 39.63 | 7.14 | 3.38 |
| 5 | 39.63 | 33.93 | 36.63 | 36.73 | 4.24 | 0.48 |
| 6 | 38.73 | 36.58 | 34.79 | 36.70 | 4.21 | 0.55 |
| 7 | 38.01 | 38.54 | 37.64 | 38.06 | 5.58 | 1.81 |
| 8 | 37.98 | 41.98 | 35.29 | 38.42 | 5.93 | 2.17 |
| 9 | 36.00 | 38.92 | 33.07 | 36.00 | 3.51 | -0.25 |

度的增加,其中效果最好是处理 4,比 CK₃ 增加 9.32%,其次是处理 8 和 7,分别增加 5.99%、4.99%。同种活化剂不同施用量对玉米产量影响较大,一般情况下,在一定范围内,活化剂的浓度越大,活化效果越好,但是浓度超过一定范围也会影响产量的发挥,这可能与土壤理化性质和生物学特性有关。如表 2 所示,处理 4(H₂ 450 kg/hm²)施用效果大于处理 5(H₂ 225 kg/hm²),产量增加 7.9%;处理 8(柠 15 kg/hm²)施用效果大于处理 9(柠 7.5 kg/hm²),产量增加 6.72%;而 HA 则相反,处理 7(HA 150 kg/hm²)效果大于处理 6(HA 300 kg/hm²),产量增加 3.7%。

2.3 活化剂对亩穗数、穗粒数和千粒重的影响

玉米产量的高低主要由亩穗数、穗粒数和千粒重决定,所谓高产就是三者最适宜的组合。由表 3 看出,处理 2、3 比处理 1 亩穗数少,这说明施肥对产量的增加并不是通过增加亩穗数来实现的。活化剂处理 4、6、7、8 比 CK₃ 亩穗数多,其中处理 4 比处理 1 还多,对比表 2 活化剂对产量的影响,我们可以认为,这几个处理产量的提高与亩穗数的增加有关,但即使如此,笔者也并不认为活化剂是通过增大亩穗数来提高玉米产量的,因为影响亩穗数的主要因素更多的在于土壤本身的肥瘦状况。

与亩穗数相反,处理 2、3 的穗粒数和千粒重

表 3 亩穗数、穗粒数、千粒重

| | 亩穗数 | 亩穗数增量 | 穗粒数 | 穗粒数增量 | 千粒重(g) | 千粒重增量(g) |
|---|-------|-------|-----|-------|--------|----------|
| 1 | 4 333 | - | 501 | - | 332.3 | - |
| 2 | 4 244 | - 89 | 509 | 8 | 366.0 | 33.7 |
| 3 | 4 244 | - 89 | 522 | 21 | 363.7 | 31.4 |
| 4 | 4 444 | 111 | 527 | 26 | 376.3 | 44.0 |
| 5 | 4 067 | - 266 | 527 | 26 | 380.3 | 48.0 |
| 6 | 4 289 | - 44 | 497 | - 4 | 372.7 | 40.4 |
| 7 | 4 311 | - 22 | 523 | 22 | 375.3 | 43.0 |
| 8 | 4 333 | 0 | 530 | 29 | 371.7 | 39.4 |
| 9 | 4 067 | - 266 | 533 | 32 | 368.7 | 36.4 |

都明显高于处理 1,这是施肥效应的表现,即通过增加穗粒数和千粒重来提高产量。施活化剂各处理相对于处理 3 穗粒数和千粒重也都有一定程度的增加,特别是千粒重,增加率达 4.59%。从生物学的角度考虑,穗粒数的多少取决于雌穗分化的小花数、受精的小花数和授粉后小花发育的有效率,水

肥条件正是影响小花形成和发育的主要原因之一^[8]。千粒重的大小受灌浆速率的制约,而灌浆速率的快慢主要受水肥条件的制约。可见,在玉米增产上,主要是通过影响穗粒数和千粒重来实现的。

2.4 活化剂影响下产量与亩穗数、穗粒数、千粒重的关系

表 4 回归分析

| Model | B | Std. Error | Beta | t | Sig. |
|----------------|----------|------------|-------|-----------|------|
| (Constant) | - 73.495 | 0.634 | | - 115.838 | 0 |
| X ₁ | 0.009 | 0.000 | 0.726 | 126.911 | 0 |
| X ₂ | 0.099 | 0.001 | 0.522 | 89.227 | 0 |
| X ₃ | 0.071 | 0.001 | 0.473 | 82.227 | 0 |

由表4得出活化剂作用下产量(Y)与亩穗数(X_1)、穗粒数(X_2)、千粒重(X_3)的回归方程:

$Y = -73.495 + 0.009X_1 + 0.071X_2 + 0.099X_3$ 。各因子回归系数分别为 X_3 (0.099) > X_2 (0.071) > X_1 (0.009), 可见, 千粒重和穗粒数是影响玉米产量的关键性因素, 施活化剂后, 产量的提高主要依靠增大千粒重和穗粒数来实现的。

2.5 活化剂影响下玉米产量与各生育时期土壤有效磷含量的关系

掌握好玉米产量与各生育时期土壤有效磷含量的关系对指导农田施肥具有直接的意义, 能更好的做到磷肥的高效利用和最大程度提高玉米产量。由图1、表2计算得出, 玉米产量与苗期、抽穗期、蜡熟期土壤有效磷含量的相关系数分别为 0.312 4、0.793 0、0.381 7, 显然, 在活化剂影响下, 玉米产量与抽穗期土壤有效磷含量的相关性明显高于与苗期和蜡熟期的相关性, 究其原因^[9], 可能是因为, 抽穗期玉米需磷量多, 而磷肥经过在土壤中长期转化固定, 有效磷含量已较低, 则玉米需磷受限, 不能满足其正常生长的需要, 此时有效磷含量便成了制约产量的限制性因素。抽穗期玉米产量与土壤有效磷之间呈抛物线关系, 则说明此时存在一个产量的最大值, 应掌握好施磷量, 否则不仅达不到增产的目的, 反而适得其反, 降低玉米产量。

3 结 论

不施活化剂时, 随玉米生育时期的延长, 各处理土壤有效磷含量呈下降趋势, 特别是苗期到抽穗期, 有效磷含量急剧降低, 下降幅度为 47.1%~50.2%, 这与磷的固定和玉米各生育期的需磷规律有关。与对照处理相比较, 活化剂处理都在一定程度上减缓了有效磷下降的趋势, 这正是活化剂

释磷作用的结果。

各处理与无肥处理1相比玉米产量均有一定程度的增加, 这体现了施磷的必要性。处理3(N:P:K=1:0.1:0.5)大于处理2(N:P:K=1:0.5:0.5), 说明施肥应把握好度。活化剂处理均比处理3产量有不同幅度的增大, 以 H_2 (450 kg/hm²) 产量最高, 比对照3增加 9.32%, 其次为柠檬酸铵 (15 kg/hm²) 和 HA (150 kg/hm²), 分别增加 5.99% 和 4.99%。

施活化剂对千粒重和穗粒数增加效果明显。通过对产量(Y)与亩穗数(X_1)、穗粒数(X_2)、千粒重(X_3)进行分析, 建立回归方程:

$$Y = -73.495 + 0.099X_3 + 0.071X_2 + 0.009X_1。$$

玉米产量与抽穗期土壤有效磷含量的相关性最大, 相关系数为 0.793 0, 应合理做好抽穗期施磷工作。

参考文献:

- [1] 沈仁芳, 蒋柏藩. 石灰性土壤无机磷的形态分布及其有效性[J]. 土壤学报, 1992, 29(1): 80-86.
- [2] 李丽, 武丽萍, 成绍鑫. 腐植酸对磷肥增效作用的研究概括[J]. 腐植酸, 1998(4): 1-6.
- [3] 邱兰兰, 石元亮, 任军. 温度对黑土磷形态及有效性影响研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1114-1117.
- [4] 邱兰兰, 石元亮. 磷素活化剂对黑土磷形态及有效性影响研究[J]. 中国土壤与肥料, 2008(3): 12-16, 47.
- [5] 李志洪, 陈丹, 曹国军. 黑土、黑钙土玉米苗期根际无机磷的形态变化[J]. 土壤学报, 1999, 36(1): 127-131.
- [6] 鲁如坤, 时正元, 钱承梁. 土壤积累态磷研究——几种典型土壤中积累态磷的形态特征及其有效性[J]. 土壤, 1997(2): 57-61.
- [7] 章明奎, 方利平. 砂质农业土壤养分积累和迁移特点的研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 46-49.
- [8] 王树安. 作物栽培学(北方本)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 161-169.
- [9] 崔正忠, 尹云锋, 韩芳. 利用³²P示踪技术研究土壤磷素活化剂对大豆吸收土壤和肥料磷素量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2001, 32(2): 129-133.