

不同碱性条件对苏打盐碱土无机磷组分的影响

耿玉辉，柴立涛

(吉林农业大学资源与环境学院,长春 130118)

摘要：为了阐明不同碱性条件下苏打盐碱土无机磷各组分的含量及转化情况,通过室内模拟试验结合室内分析方法,以吉林省西部地区苏打草甸碱土为研究对象,对不同 pH 条件下土壤不同形态无机磷组分含量的动态变化进行了研究。结果表明,在一定范围内降低碱土 pH 值有利于增加土壤中 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 Fe-P 、 Al-P 及 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 等形态磷的含量,其中 pH 值 8.3 处理比 pH 值 9.2 处理分别提高了 44.8%,4.1%,45.9%,42.0%;比 pH 值 10.2 处理分别提高了 81.5%,19.6%,39.3%,103.7%; O-P 含量受土壤 pH 值的影响相对较小,改变土壤 pH 值短时期内不会导致其含量发生变化; $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 的含量随着土壤中 pH 值的升高而增加,pH 10.2 处理比 pH 9.2 处理和 pH 8.3 处理的 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 含量分别提高 15.6%和 51.4%。研究表明,不同碱性条件可以影响土壤无机磷各组分之间的转化,碱土 pH 值降低有利于提高土壤中有效态磷组分的含量,但减少了潜在磷源的含量。

关键词：苏打盐碱土；无机磷；碱性条件；土壤 pH 值

中图分类号：S513.6 **文献标识码：**A **文章编号：**1009-2242(2016)06-0226-04

DOI:10.13870/j.cnki.stbcbx.2016.06.038

Influence of Different Alkaline Conditions on Inorganic Phosphorus Components of Soda Saline Soil

GENG Yuhui, CHAI Litao

(College of Resource and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118)

Abstract: To find out the effect of different alkaline conditions on inorganic phosphorus components of soda saline soil, this research selected the soda meadow alkaline soil in western Jilin province as the research object, and used the method of indoor simulation experiment combined with indoor analysis to study the dynamic changes of the components of inorganic phosphorus content in soil of different forms under different alkaline conditions. The results showed that reducing alkali soil pH value within a certain range was helpful to increase the contents of $\text{Ca}_2\text{-P}$, Fe-P , Al-P , and $\text{Ca}_8\text{-P}$, which increased by 44.8%, 4.1%, 45.9%, and 42.0% in pH 8.3 treatment compare with those in the pH 9.2 treatment, and increased by 81.5%, 19.6%, 39.3%, and 103.7% compare with those in the pH 10.2 treatment; the effect of pH on O-P content was relatively small, and pH change in short term would not affect its content; $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ content in soil increased with the increasing soil pH value, which increased by 15.6% and 51.4% respectively in the pH 10.2 treatment compare with those in pH 9.2 and pH 8.3 treatments. The research showed that different alkaline conditions could affect the conversion between the different inorganic phosphorus, and the decrease of soil pH value was good at the increase of the content of valuable phosphorus, but led to the decrease of the content of potential phosphorus in soil.

Keywords: soda saline-alkali soil; inorganic phosphorus; alkaline condition; soil pH value

吉林省西部分布着大面积的苏打盐碱土,近年来,随着政府对基础设施投入的增加以及盐碱土改良技术的不断进步,苏打盐碱土的开发利用面积逐年增多。但由于吉林省西部盐碱土本身特性及所处的环

境特点,改良利用后的盐碱土仍然存在不同程度的碱性,而不同碱性对土壤中的养分尤其是磷素的有效性影响较大。了解在不同碱性条件下,土壤无机磷不同组分的形态含量变化,对于科学合理施肥,提高磷肥

利用率都具有重要的意义。

当前对土壤磷素影响因素的研究中,目前认为长期施肥可以提高各种形态无机磷的含量^[1];钟传青等^[2]研究了微生物对土壤磷的影响,认为不同种类微生物菌株对不同磷酸盐解磷效果不同;在气候因素的影响方面,有研究^[3]认为高的温度和合适的湿度有利于提高黑土磷的有效性,促进土壤磷的释放;还有研究认为提高土壤温度也有利于黑土中有效磷含量的增加^[4];傅朝栋等^[5]研究则发现土壤类型也能够影响田面水中总磷和溶解态反应磷的浓度;林世玲^[6]通过盆栽试验研究认为,降低土壤 pH 值能够促进碱性土壤中有磷的释放;闫海丽^[7]研究发现在石灰性土壤上磷高效型小麦的根际土壤 pH 值降低幅度高于低效型小麦,从而更有利地活化土壤中的磷。

从当前研究可以看出,虽然目前对土壤无机磷进行了大量的研究,但对碱性条件下磷含量变化的研究相对较少,对不同形态无机磷转化的研究相对更少。本文针对吉林省西部盐碱土碱性强,磷营养供应不足的情况,开展了不同碱性条件对盐碱土无机磷形态影响的研究,以期为指导盐碱土合理施肥,提高养分利用率提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤采自吉林省前郭县套浩太乡碱巴拉村盐碱土草原,土壤类型为草甸碱土,采集时间是 2014 年 10 月。土壤有机质含量 5 g/kg,速效磷含量 1.09 mg/kg,速效钾含量 66.46 mg/kg,碱解氮含量 17.5 mg/kg,pH 10.2。

1.2 试验设计

模拟试验开始于 2015 年 4 月,结束于 2015 年 6 月。将采集的土壤样品风干,磨碎过 1 mm 筛后装盆,每盆装土 300 g,利用稀硫酸调节土壤 pH 值至 3 个不同梯度,调节后测土壤 pH 值分别为 8.3、9.2、10.2,每个处理重复 5 次,置于 25℃ 恒温培养箱内培养,定期浇水保持土壤含水量为 20% 左右,分别于培养的第 10、20、30、45、60 天采集土样,通过无机磷分级方法测定土壤无机磷各形态组分的含量变化。

1.3 测定项目与方法

土壤无机磷的分级采用蒋柏藩等^[8]的石灰性土壤无机磷分组方法;土壤 pH 采用电位法测定;土壤有机质含量采用重铬酸钾外加热法测定;土壤速效磷含量采用钼锑抗比色法测定;土壤速效钾含量采用火焰光度计法测定;土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定。

2 结果与分析

2.1 不同 pH 值对 Ca₂-P 动态变化的影响

从图 1 可以看出,不同 pH 值条件下,各处理的 Ca₂-P 含量整体表现为随着 pH 值降低而升高的趋势。其中 pH 值 8.3 处理 Ca₂-P 含量明显高于其他 2 个处理,pH 值 8.3 处理比 pH 值 9.2 处理随不同培养时间分别提高 75.6%、79.9%、41.5%、44.5%、44.8%,pH 值 8.3 处理比 pH 值 10.2 处理随不同培养时间分别提高 113%、158%、89%、103%、81.5%,且在整个培养期间这种差异一直比较显著;各处理 Ca₂-P 含量在整个培养期间变化不十分明显,表现为培养开始略有下降,随后有所上升的趋势。

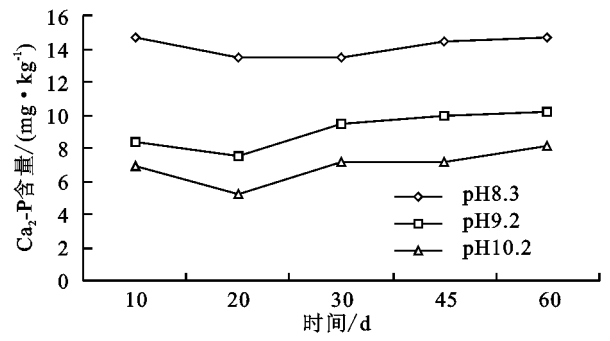


图 1 不同培养时间 Ca₂-P 含量变化

2.2 不同 pH 值对 Ca₈-P 动态变化的影响

Ca₈-P 属于土壤中潜在磷源,对植物生长的养分供应起重要作用。从图 2 可以看出,不同 pH 值处理 Ca₈-P 含量表现为随着 pH 值的降低而增加的趋势,其中 pH 值 8.3 处理比 pH 值 9.2 处理随培养时间分别提高 33.1%、20.2%、17.0%、11.3%、4.1%,pH 值 8.3 处理比 pH 值 10.2 处理随不同培养时间分别提高 48.4%、44.1%、44.8%、36.3%、19.6%,在培养周期内,所有处理随着培养时间的延长,Ca₈-P 的含量呈现逐渐升高的趋势,但 pH 值 9.2 和 10.2 处理增加幅度相对较大,pH 值 8.3 处理开始有所增加,后期基本稳定保持不变,到培养结束含量与 pH 值 9.2 处理差异达到最小。

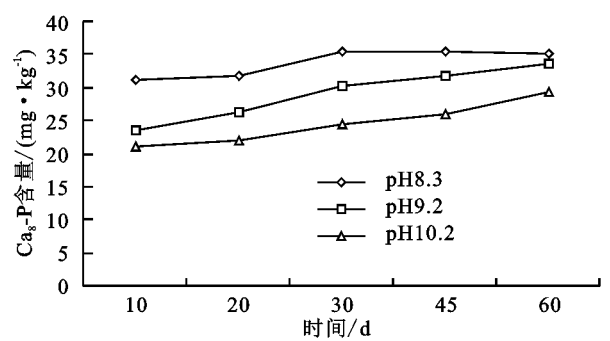


图 2 不同培养时间 Ca₈-P 含量变化

2.3 不同 pH 值对 Al-P 动态变化的影响

由图 3 可以看出,各处理 Al-P 含量整体表现

为随 pH 值的降低而升高的趋势,且这一趋势随着培养时间的延长而逐渐变大,培养 10 d 时 pH 值 8.3 处理比 pH 值 9.2 处理和 pH 值 10.2 处理 Al-P 含量分别高 19.3%和 44.9%,培养 60 d 时 pH 值 8.3 处理比 pH 值 9.2 处理和 pH 值 10.2 处理 Al-P 含量分别高 45.9%和 39.3%。在整个培养期间,各处理随着培养时间的延长,Al-P 的含量呈现先逐渐增加的趋势,且增加的趋势表现为随着 pH 值的升高增加的趋势逐渐变缓,在培养的 45 d 时,各处理 Al-P 含量达到最高值,之后趋于平稳或有所下降。

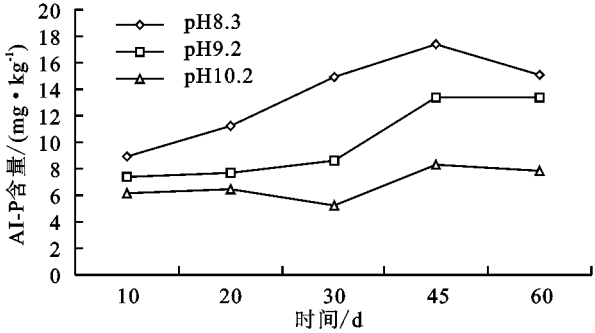


图 3 不同培养时间 Al-P 含量变化

2.4 不同 pH 值对 Fe-P 动态变化的影响

从图 4 可以看出,Fe-P 含量变化整个培养期间都表现为随土壤 pH 值的升高而逐渐降低的趋势,其中 pH 值 8.3 处理比 pH 值 9.2 处理随培养时间分别提高 18.0%,22.2%,19.2%,30.2%,42.0%,pH 值 8.3 处理比 pH 值 10.2 处理随不同培养时间分别提高 84.1%,96.4%,93.8%,59.9%,103.7%。所有处理随着培养时间的延长,Fe-P 的含量开始呈现平稳状态,30 d 后表现为逐渐降低的趋势。但各处理之间培养到最后仍然表现为随着 pH 值的增加而含量降低的趋势。

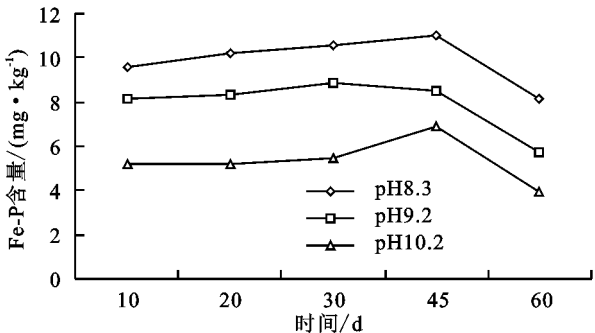


图 4 不同培养时间 Fe-P 含量变化

2.5 不同 pH 值对 O-P 动态变化的影响

从图 5 可见,不同 pH 值条件下,O-P 含量变化趋势基本一致,在培养第 10 天时,不同处理的 O-P 含量表现为 pH 值 10.1 处理最低,pH 值 8.3 和 pH 值 9.2 处理间无明显差异。在培养期间,pH 值高的处理与 pH 值较低的处理 O-P 含量差异逐渐减小。

到培养最后第 60 天时,各处理之间无明显差异。所有处理随着培养时间的延长,各处理的 O-P 的含量虽略有波动,但基本保持稳定。

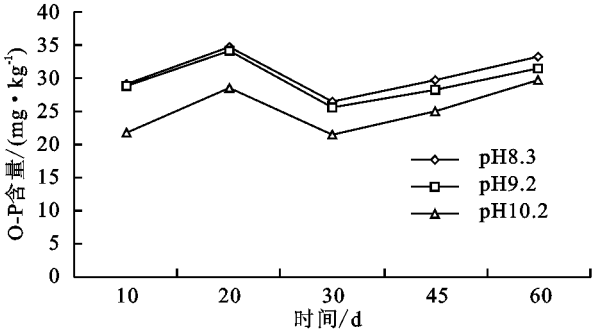


图 5 不同培养时间 O-P 含量变化

2.6 不同 pH 值对 Ca₁₀-P 动态变化的影响

由图 6 可见,不同 pH 值条件下,Ca₁₀-P 含量变化有所不同,与其他形态无机磷受 pH 值的影响不同,Ca₁₀-P 含量表现为随着土壤 pH 值的升高而逐渐增加的趋势。在培养第 10 天时 pH 10.2 处理含量就明显高于其他 2 个处理,而 pH 值 8.3 和 9.2 处理之间无明显差异,在整个培养期间,各处理之间 Ca₁₀-P 含量一直保持着随着 pH 值升高而降低的趋势,且这种趋势逐渐加大,到培养第 60 天时,pH 10.2 处理比 pH 9.2 处理和 pH 8.3 处理的 Ca₁₀-P 含量分别高 15.6%和 51.4%;各处理随着培养时间延长 Ca₁₀-P 含量变化有所不同,其中 pH 值 8.3 处理含量略有降低,pH 值 9.2 处理含量基本稳定,pH 值 10.2 处理含量略有上升。

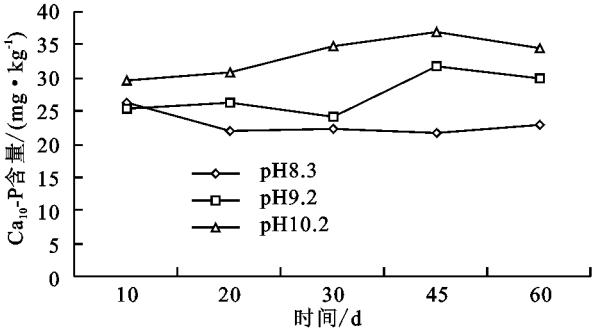


图 6 不同培养时间 Ca₁₀-P 含量变化

3 讨论

石灰性土壤 80%以上磷属于无机磷,约 70%左右的无机磷以难溶性磷酸盐存在,因而难以被植物吸收利用。研究不同碱性条件下,土壤不同形态无机磷的有效性转化,对指导合理施肥,提高养分有效性都具有重要意义。

降低石灰性土壤 pH 值能够显著增加土壤磷素的有效性^[9];而有研究证明 Ca₂-P 属于土壤中的有效磷^[10];郭智芬等^[11]的研究则表明,Fe-P、Al-P 及 Ca₈-P 也是土壤有效磷的主要成分。本文研究

结果发现 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 Fe-P 、 Al-P 及 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 含量均随 pH 值的升高而逐渐降低,这一结果与以往研究结果一致,说明在一定范围内降低碱土 pH 值有利于增加 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 Fe-P 、 Al-P 及 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 等形态磷的含量。

对土壤中闭蓄态磷 O-P 的研究上,对黑土无机磷研究认为, O-P 活性较差,可作为植物的潜在磷源^[12];白军红等^[13]研究了向海湿地土壤无机磷的存在形态,发现闭蓄态磷受 pH 值的影响显著,且与 pH 值呈显著负相关;也有研究认为土壤各无机磷组分的含量与 pH 值存在负相关, O-P 与有效磷呈极其显著的负相关^[14]。本研究中 O-P 的含量在各不同 pH 处理中相差并不十分显著,且在整个培养期间含量基本保持稳定,变化较小,可能是因为 O-P 在土壤中相对属于比较稳定的形态,而本培养试验相对时间较短,因而在短期内没发生明显的转化。研究结果也说明 O-P 含量受 pH 值的影响较小,土壤 pH 值改变在短时期内对其含量影响较小,属于土壤中的不可利用的磷源。

石灰性土壤无机磷主要以极难溶解的 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 为主,有研究表明 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 与土壤中速效磷的相关性并不显著^[15];齐雁冰等^[16]对黄土丘陵区土壤研究得出 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 与土壤有效磷呈负相关;其他研究也认为 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 有效性低,是土壤中的潜在磷源^[17]。本研究中 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 的变化在不同处理有所不同,且变化较为缓慢。在低 pH 处理中,随培养时间的进行其含量有所减少,而高 pH 值处理含量则有所增加,说明 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 虽然被看做是土壤中无效养分,但其受 pH 值影响含量也会发生缓慢变化,因而属于土壤中的潜在磷源。

从以上研究可以看出,不同 pH 值条件下土壤无机磷各组分含量不同,变化趋势也不同。说明 pH 值可以影响土壤各组分无机磷之间的转化,从而影响着土壤中无机磷的有效性。

4 结论

(1)不同碱性条件下, $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 Fe-P 、 Al-P 及 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 等形态磷的含量在一定范围内随土壤 pH 值降低而呈现逐渐增加的趋势;

(2) O-P 含量受 pH 值的影响相对较小,土壤 pH 值的改变在短时期内不会引起其含量较大变化,属于土壤中的不可利用的磷源;

(3)虽然以往认为 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 是土壤中无效养分,但土壤中 pH 值的升高也会增加 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 的含量,属于土壤中的潜在磷源;

(4)不同碱性条件可以影响土壤无机磷各组分之间的转化,进而影响着土壤中无机磷的有效性。

参考文献:

- [1] 戚瑞生,党廷辉,杨绍琼,等. 长期轮作与施肥对农田土壤磷素形态和吸持特性的影响[J]. 土壤学报,2012,49(6):1136-1146.
- [2] 钟传青,黄为一. 不同种类解磷微生物的溶磷效果及其磷酸酶活性的变化[J]. 土壤学报,2005,42(2):286-294.
- [3] 杨佳佳,李兆君,梁永超,等. 温度 and 水分对不同肥料条件下黑土磷形态转化的影响及机制[J]. 植物营养与肥料,2009,15(6):1295-1302.
- [4] 邱兰兰,石元亮,任军. 温度对黑土磷形态及有效性的影响[J]. 土壤通报,2007,38(6):1114-1117.
- [5] 傅朝栋,梁新强,赵越,等. 不同土壤类型及施磷水平的水稻田面水磷素浓度变化规律[J]. 水土保持学报,2014,28(4):7-12.
- [6] 林世玲. 硫肥和 pH 值的变化对土壤有效磷含量和作物产量的影响[D]. 兰州:兰州大学,2011.
- [7] 闫海丽. 不同磷效率小麦根际土壤磷的活化机理研究[D]. 北京:中国农业科学院,2007.
- [8] 蒋柏藩,顾益初. 石灰性土壤无机磷分级体系的研究[J]. 中国农业科学,1989,22(3):58-66.
- [9] 吴曦. 碱性土壤施硫磺对油菜生长和土壤环境的影响[D]. 山西:山西大学,2007.
- [10] 卜玉山,梁美英,张广峰. 不同石灰性土壤磷素形态及其有效性差异[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2011,31(3):193-199.
- [11] 郭智芬,涂书新,李晓华,等. 石灰性土壤不同形态无机磷对作物磷营养的贡献[J]. 中国农业科学,1997,30(1):26-32.
- [12] 王艳玲,王杰,赵兰坡,等. 黑土无机磷形态及其有效性研究[J]. 水土保持学报,2004,18(3):85-89.
- [13] 白军红,余国营,张玉霞. 向海湿地土壤中无机磷酸盐的存在形态研究[J]. 水土保持学报,2001,15(1):98-101.
- [14] 张鼎华,沈兵松,林开森. 福建山地红壤土壤磷素资源的研究[J]. 土壤通报,2014,15(1):130-134.
- [15] 赵靛,侯振安,柴颖,等. 长期施磷对灰漠土无机磷形态的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(3):236-242.
- [16] 齐雁冰,常庆瑞,田康,等. 黄土丘陵沟壑区不同植被恢复模式土壤无机磷形态分布特征[J]. 农业环境科学学报,2013,32(1):56-62.
- [17] Wong J W C, Chan C W Y, Cheung K G. Nitrogen and phosphorus leaching from fertilizer applied on golf course: Lysimeter study[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1998, 107(1):335-345.