

黄土旱塬长期施肥条件下土壤磷素变化及管理

来璐^{1,2}, 郝明德¹, 彭令发^{1,2}

(1. 中国科学院水土保持研究所; 2. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)
水利部

摘要: 根据长武旱塬长期定位试验研究, 黄土旱塬区土壤中无机磷以 Ca-P 为主, 占无机磷总量的 70% 以上, O-P 占无机磷总量的 9.19%, Al-P 、 Fe-P 分别占无机磷总量的 5.96% 和 5.23%。无机磷各组分中 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 有效性最高, 其次为 Al-P 、 Fe-P 、 $\text{Ca}_3\text{-P}$ 。长期施肥土壤剖面全磷、速效磷含量增加, 无机磷各组分均有增加。化肥与有机肥配合能很好地促进无机磷各组分的有效性转化。

关键词: 黄土旱塬; 无机磷组分; 小麦连作

中图分类号: S158.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)01-0068-03

The Variation of Soil Phosphorus of Long-term Continuous Cropping and Management on Loess Plateau

LA ILu^{1,2}, HAO Ming-de¹, PENG Ling-fa^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. College of Resources and Environmental Sciences, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: According to the study on long-term experiments in Changwu dry highland, the highest availability of soil inorganic P is $\text{Ca}_2\text{-P}$, then Al-P , $\text{Ca}_3\text{-P}$, and Fe-P . The Ca-P , Al-P , Fe-P constituents would decrease on the condition of continuous cultivation without applying fertilizers. Yet, the O-P constituents would increase. Contents of soil organic matter, total P, available P of different soil layers went up when continuous applying fertilizers, and all the constituents of soil inorganic phosphorus would either increase.

Key words: Loess Plateau; inorganic phosphorus constituents; continuous wheat

强化肥料投入是发展旱作农业的重要措施之一。磷是作物体的重要组成元素之一, 土壤中的磷直接影响着作物优质丰产, 近年来, 磷肥在黄土区的应用面积和数量在逐年增加, 但由于磷肥的转化率较低, 导致磷素在土壤中的大量累积。如何通过合理的土壤管理措施, 达到既能高产、培肥土壤, 又能节约资源、减少环境污染, 是目前发展生态农业的一个重要问题。本研究试图通过长期肥料定位试验, 研究不同施肥处理土壤中无机磷各组分的变化情况及其有效性, 为合理的肥料管理提供科学的依据。

1 材料与方法

(见本期樊军“旱地长期轮作施肥对土壤肥力影响的定位研究”。

2001 年小麦播种前取样, 测定有机全磷、速效磷, 并进行无机磷分组测定。有机质、全磷、速效磷采用常规法测定, 土壤有机质用重铬酸钾外加热氧化法; 全磷用高氯酸-硫酸

- 钼锑抗比色法; 速效磷用 Olsen 法。无机磷各组分测定采用顾益初- 蒋柏藩法。

2 结果与分析

2.1 不同处理土壤剖面有机质及全磷的变化

单施磷肥、NP 或 NPM 配施, 土壤中有机质、全磷均有明显提高(表 1), 其中以 NPM 处理最为显著, 较 CK 处理有机质增加 5.6 g/kg, 提高了 50.45%, 全磷增加 235 mg/kg, 提高了 17.18%, 其次 NP、P 处理, 有机质分别增加 1.3 g/kg 和 0.3 g/kg, 提高了 11.7% 和 2.7%, 全磷分别增加 112 mg/kg 和 99 mg/kg, 提高了 17.72% 和 15.66%; CK 处理较长期休闲地全磷量降低 23 mg/kg, 可见, 长期不施肥连续耕作, 全磷呈亏损状态, 长期休闲地由于缺乏作物地上部分对土壤的荫蔽作用, 引起地表温度升高, 从而导致土壤有机质矿化作用增强, 有机质含量有所降低。

* 收稿日期: 2002-12-05

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-413); 国家科技攻关项目(2001BA508B18)。

作者简介: 来璐(1973-), 女, 陕西兴平人, 硕士, 主要从事土壤肥力与生态环境建设方面的研究。

| 表 1 不同处理土壤有机质、全磷及速效磷的变化 | | | |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 处理 | 有机质/ (g · kg ⁻¹) | 全 P/ (mg · kg ⁻¹) | 速效磷/ (mg · kg ⁻¹) |
| F | 9.50 | 655 | 6.60 |
| CK | 11.1 | 632 | 2.20 |
| P | 11.4 | 731 | 21.3 |
| NP | 12.4 | 744 | 13.0 |
| NPM | 16.7 | 867 | 42.1 |

不同施肥处理与 CK 处理相比有机质增量随剖面变化趋势如图 1 所示,有机质增量在耕层(0~ 20 cm)明显累积,可称 0~ 20 cm 土层为有机质显著累积层;在 20~ 100 cm 土层深度内,有机质增量减少,甚至出现负增长,可称 20~ 150 cm 土层为有机质微增- 亏损交错层;100 cm 深度以下,增长值有所提高,称 100~ 200 cm 土层为有机质轻度累积层。

不同施肥处理与 CK 处理相比全磷增量随剖面变化趋势基本相同,只是全磷增量累积- 亏损交错层为 20~ 150 cm,轻度累积层为 150~ 200 cm。

2.2 土壤速效磷的变化

土壤速效磷含量直接影响作物对磷的吸收利用。土壤速效磷含量在土壤耕层有一定累积,耕层以下骤减。在各施肥处理中 NPM 处理速效磷提高幅度最大,较 CK 处理提高 39.9 mg/kg,其次是 P、NP 处理,分别提高 19.1 mg/kg、10.73 mg/kg,说明各施肥处理对速效磷的影响 NPM > P > NP。长期休闲地与 CK 处理速效磷含量基本相等,这是由于无机磷各组分之间转化的结果。

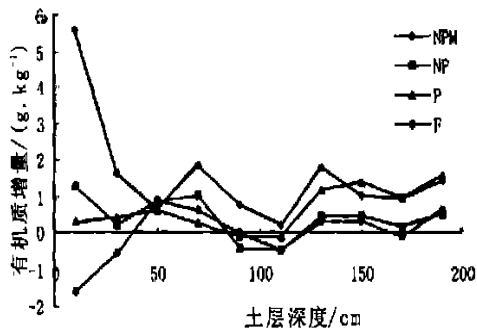


图 1 不同施肥处理土壤剖面有机质增量变化趋势

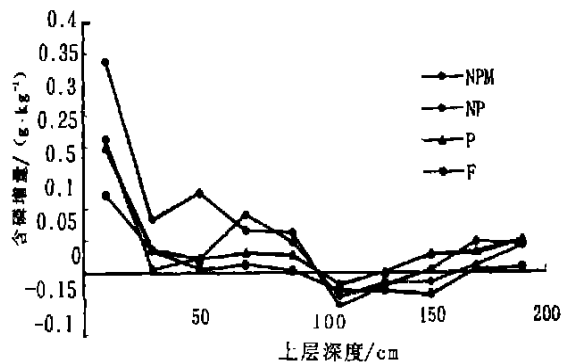


图 2 不同施肥处理土壤剖面全磷增量变化趋势

2.3 无机磷各组分的有效性

对无机磷各组分与速效磷之间进行相关分析,结果为 Ca₂- P 与速效磷相关系数最大, r 为 0.970 2^{*},其次为 Al- P, r 为 0.853 4^{*},Ca₈- P 的相关系数 r 为 0.827 9^{*}、Fe- P 的相

关系数 r 为 0.623 9^{*},与速效磷的相关性 Ca₂- P > Al- P > Ca₈- P > Fe- P。Ca₁₀- P 与速效磷的相关系数 r 为 - 0.185, O- P 与速效磷之间有一个较大的相关系数(r = 0.815 5),这与其他组分的影响有关, O- P 对速效磷的影响是负面的。Ca₂- P 达极显著水平($r_{0.05}$ = 0.881, $r_{0.01}$ = 0.917),Al- P、Ca₈- P、Fe- P 达显著水平,因此,可称 Ca₂- P 为速效磷源,Al- P、Ca₈- P、Fe- P 为缓效磷源,O- P、Ca₁₀- P 为潜在磷源。

2.4 无机磷各组分的变化

肥料施入土壤后,肥料中的磷转化为各种形态的磷,而且影响着土壤中原有磷的形态及分布的变化。

表 2 不同施肥处理无机磷组分含量 mg/kg

| 组 分 | F | CK | P | NP | NPM |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ca ₂ - P | 5.19 | 3.36 | 14.08 | 5.79 | 24.22 |
| Ca ₈ - P | 50.51 | 42.93 | 107.94 | 98.87 | 131.01 |
| Al- P | 25.26 | 15.40 | 38.28 | 38.61 | 51.59 |
| Fe- P | 24.77 | 20.48 | 31.91 | 35.31 | 36.00 |
| O- P | 28.82 | 33.68 | 42.80 | 59.86 | 95.82 |
| Ca ₁₀ - P | 357.09 | 349.33 | 349.64 | 368.23 | 351.85 |
| Total | 491.65 | 465.18 | 584.66 | 606.67 | 690.48 |

黄土旱塬区土壤中无机磷以 Ca- P 为主,占无机磷总量的 70% 以上,并且 Ca₁₀- P > Ca₈- P > Ca₂- P(表 2)。其次为 O- P,平均占无机磷总量的 9.19%,Al- P、Fe- P 含量较低,分别占无机磷总量的 5.96% 和 5.23%。不同施肥处理中各形态无机磷较 CK 处理均有增加,其中 NPM 处理增加最多,增加量为 225.3 mg/kg,其次为 NP 处理,较 CK 处理增加了 141.49 mg/kg。长期休闲地 Ca₈- P、Ca₂- P、Al- P、Fe- P 有所亏损,Ca₁₀- P 含量也相应减少,说明 Ca₁₀- P 可作为作物的潜在磷源。

比较不同处理无机磷各组分占无机磷总量百分数(表 3),可以看出:

- Ca₂- P: NPM > P > F > NP > CK
- Ca₈- P: NPM > P > NP > F > CK
- Al- P: NPM > P > NP > F > CK
- Fe- P: NPM > NP > P > CK > F
- O- P: NPM > NP > P > CK > F
- Ca₁₀- P: CK > F > NP > P > NPM

表 3 不同施肥处理土壤无机磷各组分的百分含量 %

| 组 分 | F | CK | P | NP | NPM |
|----------------------|-------|------|-------|------|-------|
| Ca ₂ - P | 1.06 | 0.72 | 2.41 | 0.95 | 3.51 |
| Ca ₈ - P | 10.27 | 9.22 | 18.46 | 16.3 | 18.97 |
| Al- P | 5.14 | 3.31 | 6.55 | 6.36 | 7.47 |
| Fe- P | 5.04 | 4.4 | 5.46 | 5.82 | 5.21 |
| O- P | 5.86 | 7.24 | 7.32 | 9.87 | 13.88 |
| Ca ₁₀ - P | 72.63 | 75.1 | 59.8 | 60.7 | 50.96 |

CK 处理土壤中 Ca₁₀- P 所占比例较大,为 75.1%,而其它组分所占比例较小,总和占无机磷总量的 25.9%,这是由于长期不施肥土壤速效及缓效磷源 Ca₂- P、Al- P、Ca₈- P、Fe- P 被大量消耗。NPM 处理 Ca₂- P、Al- P、Ca₈- P 所占比例较大,有机无机肥配施能较好地改善土壤中的无机磷状况,促进无机磷的有效性转化,因此在肥料施用方面,要重视有机肥的作用,以有机肥带动化肥的有效性转化,建立有机与无机相结合的培肥、施肥体系,维持土壤养分平衡。而 O

- P 所占比例相应也较长期休闲地大, 长期施肥同时也导致了闭蓄态磷的累积。

单施磷肥 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 Al-P 所占比例分别为 2.41%、18.46% 和 6.55%, 比氮磷肥配施大, 而 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 、 O-P 比例则小, 说明单施磷肥对无机磷有效性转化作用比氮磷肥配施明显, 其中机理有待于进一步研究。

长期休闲地地表裸露, 无作物消耗有效磷源, $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 Al-P 所占比例均较 CK 处理大。

3 小 结

(1) 长期施肥可改善土壤剖面磷素状况。长期施肥全磷

含量提高了 15.66% ~ 17.18%, 速效磷含量增加了 10.73 ~ 39.9 mg/kg。

(2) $\text{Ca}_2\text{-P}$ 为速效磷源, Al-P 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 Fe-P 为缓效磷源, O-P 、 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 为潜在磷源。长期施肥土壤无机磷组分中有效及缓效磷源 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 Al-P 所占比例增加, NPM 处理增加幅度大于 P 处理, 大于 NP 处理。

(3) 长期休闲地土壤速效磷含量与 CK 处理基本相等, 全磷量降低 23 mg/kg, 无机磷各组分含量均有减少。

参考文献:

- [1] 沈善敏 中国土壤肥力[M] 北京: 中国农业出版社 1997
- [2] 安卫红, 张淑民 石灰性土壤无机磷的分级及其有效性的研究[J] 土壤通报, 1991, 22(1): 34- 37
- [3] 张淑茗, 于淑芳 石灰性土壤中磷形态和有效性的研究[J] 土壤肥料, 1992, (3): 1- 4
- [4] 蒋柏藩, 顾益初 石灰性土壤分级的测定方法[J] 土壤, 1990, 22(2): 101- 102

(上接第 49 页)

- [29] 王涌清, 洛德梅尔 H, 里希德 J. 我国黄土, 褐土褐潮土的氮素矿化潜力[J] 土壤学报, 1986, 23(1): 1- 9
- [30] 沈善敏 中国土壤肥力[M] 北京: 中国农业出版社 1998 163- 168
- [31] Jonsson, H, Bergetrom, L., Jansson, P, et al Simulated nitrogen dynamics and losses in a layered agricultural soil [J] Agric Ecosystem Environ., 1987, 18: 333- 356
- [32] Shaffer, M J, Halvorson, A D, Pierce, F J. Nitrate leaching and economic analysis package (NLEAP): model description and application [A] In: R. Follett, D R Keeney, R M Cruse (Eds.). Managing Nitrogen for Ground Quality and Fam Profitability[M] Madison: Wisconsin Soil Science Society of America, 1991. 285- 322
- [33] Jorgensen, S E. Fundamentals of ecological modeling[M] New York: Elsevier Science Publishing Company Inc., 1986 98- 101.
- [34] 穆兴民, 樊小林 土壤氮素矿化的生态模型研究[J] 应用生态学报, 1999, 10(1): 114- 118
- [35] Stanford, G Fere, M H, Schwanger, D H. Temperature coefficient of soil nitrogen mineralization [J] Soil Sci., 1973, 119: 222- 226
- [36] Kirschbaum, M U F. The temperature dependence of soil organic matter decomposition and the effect of global warming on soil organic C storage[J] Soil Biol Biochem., 1995, 27: 753- 760
- [37] Rao, P S G., Davidson, J M, Jessup, J L. Simulation of nitrogen behavior in the root zone of cropped land areas receiving organic waste [A], In: M J Frissel, J A van Veen (eds). Simulation Behavior of Soil- Plant Systems[M] Pudoc Wageningen 1981. 109- 125
- [38] 朱兆良, 文启孝 中国土壤氮素[M] 南京: 江苏科学技术出版社 1990 12- 24
- [39] 卓苏能, 文启孝, 杜丽娟, 等 胡敏酸中非酸解性氮的形态[J] 科学通报, 1991, 36(18): 1418- 1420