

# 长期施用单一肥料对土壤质量的影响

赵秀芬, 李俊良\* (青岛农业大学资源与环境学院, 山东青岛 266109)

**摘要** [目的] 研究长期施用单一肥料对无石灰性土壤质量的影响。[方法] 在田间长期定位试验中采取土样分析, 研究土壤物理、化学、生物学性质指标对长期施用单一肥料的响应。[结果] 与对照相比, 长期单施有机肥可显著改善土壤的含水量、孔隙度、电导率、阳离子交换量、过氧化氢酶活性, 提高土壤养分含量, 且施用高量有机肥用, 效果更明显; 但长期单施氮肥的效果与对照相比差异不显著。[结论] 长期合理施用有机肥不仅能改善土壤物理性质, 在提高土壤化学和生物学性质方面也明显优于单施氮肥。因此, 充分利用农业生产中的有机物料, 合理配施化肥能有效培肥土壤, 改善土壤质量, 是实现农业可持续发展的有效途径。

**关键词** 长期定位; 单一肥料; 土壤质量

**中图分类号** S151.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)25-12060-03

## Effects of Long-term Application of Single Fertilizer on Soil Quality

ZHAO Xiu-fen et al (College of Resources and Environment, Qingdao Agriculture University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract** [Objective] The study aimed to research the effect of long-term application of single fertilizer on non-calcareous fluvo-aquic soil quality. [Method] A field experiment was conducted to investigate effects of long-term located application of single fertilizer on physical, chemical, biological properties of the soil. [Result] Compared with the check, soil water holding capacity, porosity, EC, CEC, catalase activity, nutrient content were significantly improved by long-term application of single organic fertilizer, and the effect was more obvious with application of high organic fertilizer. But the soil quality was not markedly improved by long-term application of single nitrogen fertilizer as compared with the check. [Conclusion] Long-term application of organic fertilizer could not only improve soil physical properties, but also improve soil chemical and biological properties as compared with application of nitrogen fertilizer. So it was held that long-term reasonable application of single organic fertilizer was an approach to further improving soil quality and promoting the development of continuable agriculture.

**Key words** Long-term located; Single fertilizer; Soil quality

由于不合理的人类活动所导致的土壤质量退化问题, 已严重的威胁着生态环境和农业的可持续发展, 土壤质量问题在全世界受到广泛关注并展开大量研究<sup>[1-2]</sup>。土壤质量作为土壤肥力质量、环境质量和健康质量的综合量度, 是土壤维持生产力、环境净化能力以及保障动植物健康能力的集中体现。土壤质量是根据生态系统中土地利用范围内土壤的功能而界定的<sup>[3]</sup>, 因而不可能直接测得, 而是由多种可以测定的土壤质量指示因子所表征。土壤质量的指示因子则是在土地利用过程中反应作物生长和对环境变化比较敏感的、可以测定的土壤指标<sup>[4-5]</sup>, 这些指标通常包括土壤物理、化学、生物学性质参数。

笔者以青岛农业大学实验站的长期不同施肥处理的非石灰性潮土为研究对象, 探讨长期施用单一肥料对非石灰性潮土土壤质量的影响, 旨在为该地区合理制定施肥策略、改善土壤质量及促进农业可持续发展提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 青岛农业大学实验站的长期定位施肥试验地位于山东莱阳(试验地坐标为 120.7°E, 36.9°N)。属暖温带半湿润气候, 1月平均气温 -4.2℃, 年平均气温 11.2℃, 无霜期 209~243 d, 年降雨量为 779.1 mm, 降水大多集中在 6~9月。土壤类型为非石灰性潮土, 发育于冲积母质, 表土质地轻壤, pH 6.8, 0~20 cm 土壤有机质为 4.10 g/kg, 全 N 为 0.50 g/kg, 全 P 为 0.46 g/kg, 土壤有效磷(P) 15 mg/kg, 土壤速效钾(K) 38 mg/kg, 土壤阳离子交换量为 11.80 cmol/kg 干土。

**1.2 试验设计** 长期定位施肥试验始于 1978 年。试验地实行冬小麦—夏玉米轮作制, 每年 2 作。冬小麦品种:

1978~1992 年是辐 63; 1993~2002 年为 9 214; 2003~2008 年为烟优 361。夏玉米品种: 1978~1996 年为鲁玉 4 号; 1997~2008 年为鲁玉 16 号。

试验共设 5 个处理, 详见表 1。3 次重复, 顺序排列, 小区面积 33.3 m<sup>2</sup>。选用尿素为无机肥, 高量氮肥处理(N<sub>2</sub>) 每年施用 276 kg/hm<sup>2</sup> 氮素, 低量氮肥处理(N<sub>1</sub>) 每年施用 138 kg/hm<sup>2</sup> 氮素; 有机肥用猪圈肥, 其中含全 N 为 2~3 g/kg、含全 P 为 0.5~2 g/kg、含有机质 20~50 g/kg, 高低量有机肥处理(M<sub>2</sub>、M<sub>1</sub>) 均以与高低量无机氮肥处理(N<sub>2</sub>、N<sub>1</sub>) 相同氮素施用量计算有机肥施用量。有机肥全部作基肥, 无机氮肥作小麦种肥和起身、拔节期追肥及夏玉米拔节、穗期追肥。

表 1 试验处理

Table 1 The experimental treatment

| 处理<br>Treatment | 有机肥//kg/hm <sup>2</sup><br>Organic fertilizer | 无机肥//kg/hm <sup>2</sup><br>Inorganic fertilizer |                               |                  |
|-----------------|---|---|-------------------------------|------------------|
|                 |   | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| CK              | 0   | 0   | 0                             | 0                |
| N <sub>1</sub>  | 0   | 138   | 0                             | 0                |
| N <sub>2</sub>  | 0   | 276   | 0                             | 0                |
| M <sub>1</sub>  | 30 000  | 0   | 0                             | 0                |
| M <sub>2</sub>  | 60 000  | 0   | 0                             | 0                |

**1.3 测定方法** 于 2007 年小麦抽穗初期, 在长期定位施肥试验田取 0~20 cm 土壤为供试土样。

土壤物理性质的测定<sup>[6]</sup>: 容重采用环刀法, 水分和孔隙度测定采用常规方法进行分析。

土壤化学性质的测定<sup>[6]</sup>: pH 和 EC 分别用 pH 计和电导率仪测定; 土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法; 土壤全氮测定采用浓硫酸消煮—蒸馏滴定法; 速效氮采用碱解扩散法; 土壤全磷测定采用硫酸—高氯酸消煮钼锑抗比色法; 速效磷采用碳酸氢钠浸提—分光光度计法; 土壤速效钾测定采用醋酸铵浸提—火焰光度计法; 土壤阳离子交换量用醋酸铵

**基金项目** 国家自然科学基金资助项目(30771257)。

**作者简介** 赵秀芬(1971—), 女, 内蒙古锡林浩特人, 硕士, 讲师, 从事植物营养方面的研究。\*通讯作者。

**收稿日期** 2009-01-19

交换法;土壤过氧化氢酶采用容量法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 长期施用单一肥料对土壤物理性质的影响

土壤物理性质的测定结果列于表 2。从表 2 可以看出,长期施用单一肥料对土壤的水分含量、容重和孔隙度均有不同程度的影响。单施有机肥处理 ( $M_1$ 、 $M_2$ ) 含水量显著高于单施氮肥 ( $N_1$ 、 $N_2$ ) 和不施肥处理 (CK), 而单施氮肥与对照之间的含水量差异不明显。与不施肥处理相比,单施有机肥或单一施用高量氮肥对土壤容重和孔隙度有显著的影响,土壤容重明显降低,土壤的孔隙度增大,尤其是施用高量有机肥效果更显著,单施低量氮肥效果则不明显。

施用有机肥可提高土壤含水量、增大孔隙度、降低容重,原因主要是增加了土壤有机质。而土壤有机质对土壤理化性质影响很大,有显著的缓冲作用和持水力。此外,施用有机肥还可以增加土壤腐殖质,为形成稳定性的粒状及团粒结构提供充足的物质基础,改善土壤的物理结构,进而提高土壤的持水能力。

表 2 长期施用单一肥料对土壤物理性质的影响

Table 2 Effects of long-term fertilization of single fertilizer on soil physical properties

| 处理        | 含水量//%        | 容重//g/cm <sup>3</sup> | 孔隙度//%   |
|-----------|---------------|-----------------------|----------|
| Treatment | Water content | Bulk density          | Porosity |
| CK        | 14.3 c        | 1.42 a                | 49.75 c  |
| $N_1$     | 15.7 c        | 1.38 a                | 50.63 c  |
| $N_2$     | 16.6 bc       | 1.35 a                | 51.14 c  |
| $M_1$     | 22.8 a        | 1.20 b                | 53.88 b  |
| $M_2$     | 20.5 ab       | 1.15 b                | 57.20 a  |

注:不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平,下同。

Note: Different small letters mean significant difference at 0.05 level. The same as below.

### 2.2 长期施用单一肥料对土壤化学性质的影响

学性质的测定结果列于表 3、表 4。从表 3 可看出,长期施用单一肥料,土壤 pH 变化趋势不一致。与对照相比,长期单一施用有机肥显著提高土壤 pH,与试验前的 6.80 相比,分别提高了 0.35 和 0.62 个单位;单施氮肥处理 pH 值有降低的趋势,且用量越大,降低越明显。单施有机肥或氮肥可显著增加土壤的电导率。施肥量越大,电导率越高,施肥处理的电导率比对照提高了 12.6% ~ 45.4%。单施氮肥与不施肥处理的土壤阳离子交换量 (CEC 值) 差异不明显,但显著低于单施有机肥处理,尤其是施用高量有机肥处理,是对照的 1.98 倍。

由表 4 可看出,长期施用单一肥料对土壤有机质含量、全磷含量、速效磷、速效钾含量影响趋势一致,均是单一施用氮肥与对照无差异。单施有机肥则显著提高其含量,且施用量愈高,增幅愈大。施用有机肥试验处理是按照单施氮肥相同含氮量来计算施用量的,因此单施氮肥或有机肥都不同程度地增加了土壤全氮含量,与 CK 相比提高了 124% ~ 472%,均显著高于对照。土壤全氮通常用于衡量土壤氮素的基础肥力,而土壤碱解性氮含量与作物生长关系密切,因此,其在推荐施肥中意义重大。表 4 数据表明,单施氮肥或有机肥均能有效增加土壤碱解氮的含量,是 CK 处理的 2.32 ~ 2.78 倍。

表 3 长期施用单一肥料对土壤 pH、EC、CEC 的影响

Table 3 Effects of long-term fertilization of single fertilizer on pH, EC, CEC of soil

| 处理        | pH                 | 电导率// $\mu$ s/cm             | 阳离子交换量//cmol/kg soil           |
|-----------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Treatment | (H <sub>2</sub> O) | Electrical conductivity (EC) | Cation exchange capacity (CEC) |
| CK        | 6.80 c             | 76.17 e                      | 9.97 c                         |
| $N_1$     | 6.67 d             | 85.80 d                      | 10.90 c                        |
| $N_2$     | 6.54 d             | 94.38 c                      | 10.25 c                        |
| $M_1$     | 7.15 b             | 102.51 b                     | 13.76 b                        |
| $M_2$     | 7.42 a             | 110.69 a                     | 19.74 a                        |

表 4 长期施用单一肥料对土壤养分指标的影响

Table 4 Effects of long-term fertilization of single fertilizer on soil nutrient indices

| 处理        | 有机质//g/kg      | 全氮//g/kg | 碱解氮//mg/kg                   | 全磷//mg/kg | 速效磷//mg/kg  | 速效钾//mg/kg  |
|-----------|----------------|----------|------------------------------|-----------|-------------|-------------|
| Treatment | Organic matter | Total N  | Alkali-hydrolyzable nitrogen | Total P   | Available P | Available K |
| CK        | 9.23 c         | 0.25 d   | 40.45 b                      | 438 c     | 7.74 c      | 35.25 c     |
| $N_1$     | 11.80 c        | 0.56 c   | 105.53 a                     | 456 c     | 7.86 c      | 43.34 c     |
| $N_2$     | 11.91 c        | 0.61 c   | 112.57 a                     | 462 c     | 9.52 c      | 42.61 c     |
| $M_1$     | 24.09 b        | 0.92 b   | 93.66 a                      | 538 b     | 90.18 b     | 68.47 b     |
| $M_2$     | 30.82 a        | 1.43 a   | 106.32 a                     | 591 a     | 198.79 a    | 83.54 a     |

### 2.3 长期施用单一肥料对土壤生物学性质的影响

土壤过氧化氢酶活性的测定结果列于表 5。从表 5 可知,长期单施氮肥对土壤过氧化氢酶活性影响不大,与长期不施肥处理相比无明显差异;而长期单施有机肥则显著提高了土壤过氧化氢酶活性,单施低量有机肥处理的酶活性比对照增加 12.6%,单施高量有机肥处理的酶活性比对照提高 21.4%。

## 3 小结与讨论

国内外众多长期不同施肥试验<sup>[7-9]</sup>表明,长期施肥对土壤肥力影响较大。而且一致认为长期不同施肥处理在研究施肥对土壤肥力、土壤物理化学性质及生物学特性方面起了重要作用。

表 5 长期施用单一肥料对土壤过氧化氢酶活性的影响

Table 5 Effects of long-term fertilization of single fertilizer on catalase activity in soil

| 处理        | 过氧化氢酶活性           | 比对照增加//%              |
|-----------|-------------------|-----------------------|
| Treatment | Catalase activity | Increase than control |
| CK        | 1.150T c          |                       |
| $N_1$     | 1.130T c          | -1.7                  |
| $N_2$     | 1.175T c          | 2.2                   |
| $M_1$     | 1.295T b          | 12.6                  |
| $M_2$     | 1.396T a          | 21.4                  |

(1) 试验研究了长期施用单一肥料对非石灰性潮土土壤物理、化学和生物性质的影响。试验结果表明,长期单施有机肥或施用高量氮肥能显著改善无石灰性潮土的物理结构,

譬如降低了土壤容重,提高了土壤的孔隙度及持水能力。这是因为每年大量施用有机肥或氮肥,促进了作物生长,有机肥本身或每年大量的作物残茬均能明显改善土壤物理性能;而单施低量氮肥处理的改土效果不明显的原因可能是养分不足,作物长势差根系生长量小。这表明农田施入有机肥能改善土壤结构,降低土壤密度,改变土壤的紧实度,增强土壤的通透性。但应当指出,无论从土壤的保水保肥性能来说,还是从有利于作物生长来说,并不是土壤密度越小越好。

(2) 土壤肥力水平及其变化趋势是衡量农田系统可持续性的重要指标<sup>[10]</sup>。试验结果表明,长期施用单一肥料对土壤的化学性质,尤其是养分含量影响较大。单施氮肥有降低土壤 pH 的趋势,单施有机肥可显著提高土壤 pH 和阳离子交换量,单施有机肥或氮肥可显著增加土壤的电导率和含氮量。并且长期单施有机肥可显著提高土壤有机质、全磷、速效磷、速效钾含量,但单施氮肥则与对照无差异,这与吕家珑、李文祥等人的研究结果一致<sup>[11-12]</sup>。

(3) 土壤酶来自土壤微生物、植物和动物活体或残体,是土壤生化过程的产物。土壤酶活性是土壤中生物学活性的总体现,表征了土壤的综合肥力特征及土壤养分转化进程,故土壤酶活性可以作为衡量土壤肥力水平高低的较好指标。试验结果表明,长期施用有机肥处理过氧化氢酶的活性较高,而单施无机氮肥对土壤过氧化氢酶活性的影响相对于施用有机肥要小的多。因为对于土壤过氧化氢酶来说,有机肥既是土壤微生物的营养源和能源,也是土壤过氧化氢酶的良好基质,同时有机肥的施用也向土壤带入大量酶类,其中含有一定量的过氧化氢酶。此外,有机质中的腐殖物质对土壤过氧化氢酶起到保护作用,进而提高过氧化氢酶活性。而无机氮肥对土壤过氧化氢酶活性的影响与其施用量有关,且

无机肥没有充足的有机质供土壤过氧化氢酶利用,故施用无机氮肥处理的过氧化氢酶活性小于施用有机肥处理。

施用有机肥不仅能改善土壤物理性质,在提高土壤化学和生物学性质方面也明显优于单施氮肥,提高了土壤质量,为作物生长提供了良好的土壤环境条件和物质基础。因此,充分利用农业生产中的有机物料,合理配施化肥能有效培肥土壤,改善土壤质量,是实现农业可持续发展的有效途径。

#### 参考文献

- [1] 刘梦云,安韶山,常庆瑞,等. 宁南山区不同土地利用方式土壤质量评价方法研究[J]. 水土保持研究,2005,12(3):41-43.
- [2] KARLEN D L, DITZLER C A, ANDREWS S S. Soil quality: why and how? [J]. Geoderma, 2003, 114: 145-156.
- [3] DORAN J W, PARKIN T B. Defining and assessing soil quality [M]//DORAN J W, COLEMAN D C, BEZDICEK D F, et al. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: SSSA Special Publication, 1994: 3-21.
- [4] LARSON W E, PIERCE F J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management [J]. 1994, 35: 37-51.
- [5] KARLEN D L, STOTT D E. A framework for evaluating physical and chemical indicators for soil quality [J]. SSSA Special Publication, 1994, 35: 53-72.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 268-270.
- [7] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 1-179.
- [8] 刘克樱, 朱克纯. 无机有机肥配施对氮肥利用率和土壤氮素肥力的影响[J]. 土壤学报, 2002 (S1): 174-179.
- [9] 刘杏兰, 高宗, 刘存寿, 等. 有机-无机肥配施的增产效应及对土壤肥力影响的定位研究[J]. 土壤学报, 1996 (2): 138-147.
- [10] YADAV R L, DWIVEDI B S, PANDEY P K. Rice-wheat cropping systems: Assessment of sustainability under green manuring and chemical fertilizer inputs [J]. Field Crops Research, 2000, 65: 15-31.
- [11] 吕家珑, 张一平, 王旭东, 等. 长期单施化肥对土壤性状及作物产量的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12 (4): 569-572.
- [12] 李文祥. 长期不同施肥对土壤肥力及作物产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2007 (2): 23-25.

(上接第 12036 页)

的差异,有强有弱,其中,3个批次的胚源毒种与鸡源毒种一样,对 SPF 鸡也具有较强的致病性,接种后同样可引起 SPF 鸡出现明显的 AE 症状,而 6 个批次的胚源毒种的致病性较差,接种后仅引起部分鸡只出现轻微的症状,这些毒种即使用病毒原液进行接种,其发病症状仍不明显,大多数鸡仅出现短时间的精神沉郁,而 AE 典型症状不明显,由此看来,在一定范围内,接种的病毒量与对鸡的致病力并没有直接关系,而主要取决于毒种本身致病性的强弱。因此,在进行 AE 疫苗免疫效力试验时,应先进行毒种的致病性试验,选择那些致病性较强批次的毒种,作为攻毒用毒种,以确保试验能够得出明确的结果。

研究中发现,毒种在 -70℃ 冰箱内保存 3~4 年后,其病毒活力等会发生一定的变化,必须通过 1 日龄 SPF 鸡进行毒种复壮,通常在鸡体内传 1 到 2 代后,病毒大量繁殖,病毒滴度及毒力有所升高<sup>[5-6]</sup>。通过该试验观察,批号为 J080501、J080601、J080602、P080603 和 P080701 的共 5 个批次毒种可以保证 8~10 周龄的 SPF 鸡完全发病,鉴于 J080501、J080601 和 J080602 3 个批次毒种为鸡源毒种,毒力非常强,200 倍稀

释攻毒时发病鸡仍出现死亡,用于疫苗效检时,有可能会导导致具有较强免疫力的鸡发病,因此,该研究初步选择了 P080603 和 P080701 2 个批次胚源毒种作为效检毒种,用这 2 批次毒种进行了多次四联苗 AE 部分效检试验,结果表明,试验对照鸡全部发病,均出现了明显的禽脑脊髓炎症状,而免疫鸡均获得了完全保护,试验证明,P080603 和 P080701 2 个批次胚源毒种可以用作 AE 攻毒效检毒种。

#### 参考文献

- [1] BUTTERFIELD W K, HELMBODT C M, LUGUBUHL R E. Studies on avian encephalomyelitis. IV. Early incidence and longevity of histopathologic lesions in chickens [J]. Avian Dis, 1969, 13: 53-57.
- [2] B·W·卡尔尼克. 禽病学[M]. 10 版. 北京: 中国农业出版社, 1999: 727-741.
- [3] 姜北宇, 郑世兰, 刘月焕, 等. 禽脑脊髓炎佐剂灭活疫苗免疫效果观察[J]. 中国兽药杂志, 1998, 32 (3): 3-6.
- [4] CALNCK B W. Control of avian encephalomyelitis: a historical account [J]. Avian Dis, 1988, 42 (4): 632-647.
- [5] 殷震, 刘景华. 动物病毒学[M]. 2 版. 北京: 科技出版社, 1997: 512-517.
- [6] SHAFREN D R, TANNOCK G A. Pathogenesis of avian encephalomyelitis virus [J]. J Gen Virol, 1991, 72: 2713-2719.