

# 不同土壤改良措施对低产黄泥田土壤性质及水稻产量的影响

胡 诚<sup>1</sup>, 刘东海<sup>1</sup>, 陈云峰<sup>1</sup>, 乔 艳<sup>1</sup>, 伍德春<sup>2</sup>, 孙 斌<sup>3</sup>, 李双来<sup>1\*</sup>

(1. 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 湖北 武汉 430064;

2. 湖北省荆门市农业局, 湖北 荆门 448000; 3. 湖北省广水市农业局, 湖北 广水 432700)

**摘 要:** 在荆门市双季稻区研究了不同的土壤改良措施对土壤腐殖质组成及结合形态、土壤理化性质、双季稻产量的影响。结果表明: 不同土壤改良措施均提高了土壤水溶性物质、胡敏酸、胡敏素含量、可提取腐殖物质总量, 其中泥炭土、菇渣及生物有机肥处理增幅较大; 不同土壤改良措施增加了土壤松结合态腐殖质、稳结合态腐殖质、紧结合态腐殖质含量及结合态腐殖质总含量, 其中生物有机肥处理达到显著水平。各土壤改良措施均不同程度地增加了早、晚稻产量, 平均比单施化肥处理的早稻增产 6.6%、晚稻增产 9.5%; 同时提高了土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾含量与阳离子交换量, 降低了土壤容重。各改良措施中, 生物有机肥处理的增产幅度较大, 早、晚稻分别增产 10.13% 和 17.50%, 且对土壤理化性质的改良效果优于其它处理。

**关键词:** 低产黄泥田; 土壤改良; 土壤腐殖质; 腐殖质结合形态; 稻谷产量

**中图分类号:** S156 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257 (2016) 03-0117-05

低产黄泥田是一种发育程度低的水稻土, 是当地的主要低产水稻田<sup>[1-5]</sup>。其障碍因子是“粘、瘦、薄、旱”, 水耕熟化时间短, 熟化度低, 土壤粘重, 有机质含量低, 磷、钾缺乏, 抵御自然灾害的能力差。

聚丙烯酰胺是由丙烯酰胺与丙烯酸盐交联聚合而成的高分子化合物, 其结构单元中含有亲水基团酰胺基, 在水中易形成氢键, 具有较好的水溶性。应用于土壤改良主要集中在旱地土壤上, 还未见应用于水田改良的报道<sup>[6]</sup>。泥炭又可称为草炭, 主要由水、矿物质和有机质 3 部分组成。它既是一种能源, 又是工业、农业许多部门必须的原材料和化工原料, 是一种宝贵的矿产资源。菇渣是栽培各种食用菌后剩下的固体废弃物, 含有丰富的有机质和 N、P、K 养分<sup>[7]</sup>。我国是世界上第一大食用菌生产国, 仅 2008 年所产生的菇渣就达  $4.57 \times 10^7$  t, 处理不当还会污染环境<sup>[8-9]</sup>。菇渣是一种很好的有机肥及土壤改良剂, 施入土壤后可以提高土壤肥力,

改良土壤结构。泥炭土与菇渣改良土壤仅见魏岚等<sup>[10]</sup>报道用于酸性土壤改良, 未见用于黄泥田改良的报道。

以前的土壤改良研究主要集中在对土壤肥力与土壤结构及作物产量的影响方面。齐琳等<sup>[11]</sup>报道, 适宜浓度的土壤改良剂可以增加土壤有机质、有效磷与速效钾含量, 提高了小麦产量。李樊敏等<sup>[6]</sup>报道, 聚丙烯酰胺可以改变土壤物理结构, 调节土壤入渗性能, 增加土壤抗蚀性, 提高土壤保肥能力及抑制土壤蒸发, 改善土壤水分状况。魏岚等<sup>[10]</sup>研究发现, 泥炭土与菇渣能够提高酸性土壤的有机质、速效氮、速效钾及交换性钙、镁含量, 显著提高辣椒产量。赵海亮等<sup>[12]</sup>研究了牛粪与菇渣配合施用对沙化土壤的改良效果, 发现牛粪与菇渣配合施用能够促进番茄的生长, 增加番茄产量。杜连凤等<sup>[13]</sup>报道, 3 种秸秆有机肥均能提高油菜对盐渍化的耐受能力, 增加其生物量, 秸秆有机肥能够改良盐渍化土壤。而土壤改良剂对腐殖质组成、腐殖质结合形态的研究很少开展。因此, 本研究进行了低产黄泥田不同的土壤改良措施对土壤性质及作物产量的影响试验, 为低产黄泥田的土壤改良提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与设计

试验安排在湖北省京山县钱场镇深沟村 6 组农

收稿日期: 2015-03-23; 最后修订日期: 2015-05-24

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201003016); 湖北省科技支撑计划项目(2014BHE007); 湖北省农业科技创新中心项目(2014-620-003-03)。

作者简介: 胡诚(1972-), 男, 湖北安陆人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤生态学研究, E-mail: huchenghxz@163.com。

通讯作者: 李双来, E-mail: 156691670@qq.com。

户曾楚河责任田。2012年4月19日取基础土样,测定其基本理化性质(表1)。

试验设5个处理,处理(1):化肥(N 150 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 48 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 42 kg/hm<sup>2</sup>, 氮肥基、磷肥比例为6:4);处理(2):化肥+聚丙烯酰胺(30 kg/hm<sup>2</sup>);处理(3):化肥+泥炭土(7 500 kg/hm<sup>2</sup>);处理(4):化肥+菇渣(7 500 kg/hm<sup>2</sup>);处理(5):化肥+生物有机肥(7 500 kg/hm<sup>2</sup>)。所有处理的化肥用量相同,3次重复,

田间随机区组排列,每个小区20 m<sup>2</sup>,四周设保护行,中间设排水沟。

供试氮肥为尿素(N 46%),磷肥为过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%),钾肥为氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%)。聚丙烯酰胺由南京某公司生产,分析纯。泥炭土由吉林省某草炭厂生产。菇渣来源于荆门市附近菇农,初始物料主要为棉籽壳,是种植平菇后废弃的培养基料。生物有机肥购自某公司有机肥厂。泥炭土、菇渣及生物有机肥的基本理化性质见表1。

表1 供试土壤与不同的土壤改良剂的基本理化性质

| 项目    | 有机质<br>(g/kg) | 全氮<br>(g/kg) | 碱解氮<br>(mg/kg) | 有效磷<br>(P mg/kg) | 全磷<br>(P g/kg) | 速效钾<br>(K mg/kg) | 全钾<br>(K g/kg) | pH值  |
|-------|---------------|--------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------|
| 土壤    | 25.70         | 1.64         | 140.10         | 15.60            | —              | 64.50            | —              | 5.50 |
| 泥炭土   | 384.27        | 10.32        | 238.20         | 4.36             | 0.80           | 29.82            | 13.91          | 7.10 |
| 菇渣    | 424.85        | 16.80        | —              | —                | 4.88           | —                | 12.54          | 7.43 |
| 生物有机肥 | 475.10        | 24.27        | —              | —                | 15.50          | —                | 20.74          | 8.50 |

早、晚稻为同一田块原位试验。早稻于2012年3月26日育秧苗,4月25日整田同时施基肥,4月26日移栽,6月2日施分蘖肥,6月8日施孕穗肥,7月16日收获。早稻品种为两优287。晚稻6月25日育秧苗,7月19日整田,7月20日施基肥,7月21日移栽,7月27日施分蘖肥,8月22日施孕穗肥,10月31日收获。7月29日、8月11日、8月26日施用农药3次,晚稻品种为T优250。

## 1.2 测定项目与方法

2012年10月31日晚稻收获后取土样进行分析。土壤有机质采用重铬酸钾外热源法测定,土壤全氮采用半微量凯氏法测定,碱解氮用碱解扩散法测定,土壤有效磷采用0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>浸提-钼锑抗比色法测定,土壤速效钾采用1 mol/L的NH<sub>4</sub>OAc浸提-火焰光度法测定,土壤pH值用去CO<sub>2</sub>蒸馏水浸提玻璃电极法测定,土壤容重采用环刀法测定;植物养分经过H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮处理后,全氮采用凯氏定氮法测定,全磷(P)采用钒钼黄比色法测定,全钾(K)采用火焰光度法测定<sup>[14]</sup>。腐殖质的提取与分组用腐殖质组成修改法,主要是参照了Kumada等<sup>[15]</sup>的方法,但修改了提取温度和分组方法<sup>[16]</sup>,腐殖质结合形态采用熊毅-傅积平改进法测定<sup>[17]</sup>。

早、晚稻收获之前每个小区取5笕植株样进行考种与秸秆及籽粒样品养分分析。

早、晚稻收获期每个小区单打单收,折算籽粒

的实际产量。

## 1.3 统计分析

采用Excel 2003和SPSS 12.0进行数据处理、统计与方差分析,LSD多重比较在P<0.05水平被认为有显著的差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤改良措施的土壤腐殖质组成

与单施化肥的处理相比,不同土壤改良处理的土壤水溶性物质、胡敏酸、胡敏素含量及可提取腐殖物质总量增加,其中泥炭土、菇渣及生物有机肥处理的土壤胡敏素含量显著高于聚丙烯酰胺与单施化肥的处理(p<0.05),生物有机肥处理的土壤可提取腐殖物质总量也显著高于单施化肥处理(p<0.05)。各土壤改良处理的胡敏酸与富里酸比值均高于单施化肥处理,生物有机肥处理与单施化肥处理的差异达到显著水平(p<0.05)(表2)。但土壤水溶性物质、胡敏酸与富里酸含量各处理之间差异不显著。

土壤腐殖质是土壤有机质的重要组成部分<sup>[18]</sup>,是有机质经微生物分解形成的黑色或黑褐色的胶体物质,是一类复杂的、稳定的、特殊的高分子有机化合物,是土壤有机质的精华<sup>[19]</sup>。基于在酸碱中的溶解度,可划分为胡敏酸、富里酸和胡敏素。三者的比例及含量可以作为土壤肥力的评价指标<sup>[20]</sup>。与单施化肥处理相比,各土壤改良处理的土壤水溶

性物质、胡敏酸、富里酸、可提取腐殖物质总量、胡敏素含量均有所增加,说明土壤改良处理有利于土壤腐殖物质的增加,土壤有机改良剂的作用更加明显。

表2 不同土壤改良处理的土壤腐殖质组成

| 处理         | 腐殖质组成        |            |            |            |                | 胡敏酸/富里酸 |
|------------|--------------|------------|------------|------------|----------------|---------|
|            | 水溶性物质 (g/kg) | 胡敏酸 (g/kg) | 富里酸 (g/kg) | 胡敏素 (g/kg) | 可提取腐殖物质 (g/kg) |         |
| 单施化肥       | 0.24a        | 3.21a      | 0.77a      | 8.54b      | 3.99b          | 4.22b   |
| 化肥 + 聚丙烯酰胺 | 0.29a        | 3.28a      | 0.72a      | 8.80b      | 4.00ab         | 4.53ab  |
| 化肥 + 泥炭土   | 0.30a        | 3.61a      | 0.76a      | 10.58a     | 4.36ab         | 4.77ab  |
| 化肥 + 菇渣    | 0.30a        | 3.71a      | 0.79a      | 10.77a     | 4.51ab         | 4.70ab  |
| 化肥 + 生物有机肥 | 0.36a        | 3.78a      | 0.79a      | 11.34a     | 4.56a          | 4.97a   |

注:同一列不同的字母表示处理之间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

### 2.2 不同土壤改良措施的土壤腐殖质结合形态

与单施化肥的处理比较,各土壤改良处理增加了土壤松结合态腐殖质、稳结合态腐殖质、紧结合态腐殖质含量及结合态腐殖质总含量(表3)。生物有机肥处理的土壤松结合态腐殖质含量与结合态腐殖质总含量显著高于单施化肥处理,然而稳结合态腐殖质与紧结合态腐殖质含量处理之间差异不显著 ( $p > 0.05$ )。松、稳、紧结合态腐殖质中松结合

态腐殖质含量最高,所有的处理都占60%以上,泥炭土、菇渣及生物有机肥处理的土壤松结合态腐殖质所占百分数高于聚丙烯酰胺与单施化肥的处理,聚丙烯酰胺处理的稳结合态腐殖质含量最高,所占比例最大,而单施化肥处理的土壤紧结合态腐殖质所占比例最高。各土壤改良处理增加了土壤松/紧结合态腐殖质比值,以生物有机肥处理的比值为最高。

表3 不同土壤改良处理的土壤腐殖质结合形态

| 处理         | 松结合态      |         | 稳结合态      |         | 紧结合态      |         | 总量 (g/kg) | 松/紧  |
|------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|------|
|            | 含量 (g/kg) | 百分比 (%) | 含量 (g/kg) | 百分比 (%) | 含量 (g/kg) | 百分比 (%) |           |      |
| 单施化肥       | 17.01b    | 64.73   | 5.06a     | 19.25   | 4.21a     | 16.02   | 26.28b    | 4.04 |
| 化肥 + 聚丙烯酰胺 | 19.37ab   | 63.09   | 6.76a     | 22.02   | 4.57a     | 14.89   | 30.70ab   | 4.24 |
| 化肥 + 泥炭土   | 20.63ab   | 65.37   | 6.31a     | 19.99   | 4.62a     | 14.64   | 31.56ab   | 4.47 |
| 化肥 + 菇渣    | 21.46ab   | 67.91   | 5.48a     | 17.34   | 4.66a     | 14.75   | 31.60ab   | 4.61 |
| 化肥 + 生物有机肥 | 24.35a    | 70.36   | 5.43a     | 15.69   | 4.83a     | 13.96   | 34.61a    | 5.04 |

土壤中的腐殖质除少部分以游离态存在外,大部分与土壤矿质颗粒结合在一起形成有机无机复合物,其结合形态十分复杂,单独分离各组分腐殖质较为困难<sup>[21]</sup>。根据其结合的牢固程度可分为松结合态、稳结合态、紧结合态腐殖质,不同结合形态腐殖质的稳定性不同<sup>[22]</sup>。各土壤改良处理增加了土壤松结合态腐殖质、稳结合态腐殖质、紧结合态腐殖质含量及结合态腐殖质总含量,尤其是生物有机肥处理的松结合态腐殖质与结合态腐殖质总含量达到了显著水平。本研究中松结合态腐殖质含量最大,其含量占重组有机碳的60%以上,紧结合态腐殖质含量最低,其含量占重组有机碳的20%以下。松结合态腐殖质是重组腐殖质中的新鲜腐殖质,松结合腐殖质较易分解、转化,释放养分能力强,是作物的直接营养来源;

而紧结合态腐殖质对养分的供给性差,储存养分能力强。而韩宾等<sup>[21]</sup>报道,华北小麦-玉米轮作田不同耕作方式下土壤结合态腐殖质均以紧结合态腐殖质为主,其含量占重组有机碳的50%以上,不同于本研究结果,可能是因为不同的种植制度所致(水田与旱地)。接晓辉等<sup>[23]</sup>发现,蔬菜地长期施用有机肥处理的土壤重组腐殖质总量,松结合态、稳结合态、紧结合态腐殖质总量和松/紧结合态腐殖质含量比值都大于不施有机肥的处理,与本研究结果类似。

### 2.3 不同的土壤改良措施对土壤理化性质的影响

与单施化肥的处理相比,各土壤改良处理的土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾含量与阳离子交换量都有增加,而容重下降,但是pH值变化较小(表4)。施用菇渣与生物有机肥处理的土壤

有机质、全氮、碱解氮、速效钾含量显著高于单施化肥处理,施用生物有机肥处理的土壤有效磷含量

显著高于其它处理 ( $p < 0.05$ )。但土壤阳离子交换量、pH 值及土壤容重处理之间差异不显著。

表 4 不同土壤改良处理的土壤理化性质

| 处理         | 有机质<br>(g/kg) | 全氮<br>(g/kg) | 碱解氮<br>(mg/kg) | 有效磷<br>(P, mg/kg) | 速效钾<br>(K, mg/kg) | 阳离子交换量<br>(cmol/kg) | pH 值  | 容重<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|------------|---------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------|----------------------------|
| 单施化肥       | 25.24b        | 1.26b        | 115.59b        | 23.77b            | 106.67b           | 20.75a              | 6.58a | 1.25a                      |
| 化肥 + 聚丙烯酰胺 | 25.59b        | 1.46a        | 121.30a        | 23.95b            | 116.67b           | 21.70a              | 6.65a | 1.22a                      |
| 化肥 + 泥炭土   | 27.16ab       | 1.46a        | 119.75ab       | 26.97b            | 128.33ab          | 21.34a              | 6.76a | 1.23a                      |
| 化肥 + 菇渣    | 29.55a        | 1.54a        | 124.11a        | 24.87b            | 143.33a           | 22.07a              | 6.74a | 1.23a                      |
| 化肥 + 生物有机肥 | 30.21a        | 1.60a        | 128.90a        | 35.56a            | 146.67a           | 22.21a              | 6.83a | 1.21a                      |

#### 2.4 不同的土壤改良措施对水稻产量及产量构成因素的影响

由表 5 可见,各土壤改良措施都使早、晚稻不同程度增产,早稻增产幅度 4.22% ~ 10.13%,晚稻为 2.94% ~ 17.50%。早稻和晚稻均以生物有机肥处理的稻谷产量最高,与单施化肥差异都达到了显著水平 ( $p < 0.05$ ),晚稻增产 1 176.7 kg/hm<sup>2</sup>,增产率达 17.50%。晚稻施用菇渣处理,稻谷也显著增产 ( $p < 0.05$ ),增产率达到 12.85%。

不同土壤改良措施都使晚稻的有效穗、株高、穗长、穗粒数增加,稻谷的空秕率下降;其中添加生物有机肥处理的稻谷有效穗、穗长、穗粒数显著

高于单施化肥处理 ( $P < 0.05$ );但是晚稻株高、千粒重各处理之间差异不显著 (表 6)。

表 5 不同土壤改良处理的稻谷产量

| 处理         | 早稻                          |            | 晚稻                          |            |
|------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|------------|
|            | 产量<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 增产率<br>(%) | 产量<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 增产率<br>(%) |
| 单施化肥       | 6 389.7b                    | —          | 6 723.8c                    | —          |
| 化肥 + 聚丙烯酰胺 | 6 659.1ab                   | 4.22       | 6 921.2bc                   | 2.94       |
| 化肥 + 泥炭土   | 6 740.7ab                   | 5.49       | 7 026.9bc                   | 4.51       |
| 化肥 + 菇渣    | 6 816.5ab                   | 6.68       | 7 587.6ab                   | 12.85      |
| 化肥 + 生物有机肥 | 7 037.0a                    | 10.13      | 7 900.5a                    | 17.50      |

表 6 不同的土壤改良处理对晚稻产量构成因素的影响

| 处理         | 有效穗 (万穗/hm <sup>2</sup> ) | 株高 (cm) | 穗长 (cm) | 穗粒数      | 千粒重 (g) | 空秕率 (%) |
|------------|---------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 单施化肥       | 263.40b                   | 95.42a  | 23.59b  | 105.65b  | 25.12a  | 24.09a  |
| 化肥 + 聚丙烯酰胺 | 266.40b                   | 97.21a  | 23.81ab | 106.00b  | 25.33a  | 23.68a  |
| 化肥 + 泥炭土   | 266.40b                   | 98.26a  | 23.86ab | 108.39ab | 25.41a  | 24.03a  |
| 化肥 + 菇渣    | 269.25b                   | 99.30a  | 24.77ab | 110.95ab | 24.51a  | 21.11a  |
| 化肥 + 生物有机肥 | 286.65a                   | 100.24a | 24.94a  | 115.56a  | 25.79a  | 21.47a  |

### 3 结论

增施土壤改良剂比单施化肥处理的早、晚稻分别增产 4.22% ~ 10.13%、2.94% ~ 17.50%,增幅为 4.22% ~ 17.50%;尤其是菇渣与生物有机肥的增产幅度较大,晚稻产量增幅在 10% 以上。

各土壤改良处理提高了土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾含量与阳离子交换量,降低了土壤容重。施用菇渣与生物有机肥处理优于聚丙烯酰胺与泥炭土处理。土壤改良处理的土壤水溶性物质、胡敏酸、胡敏素含量及可提取腐殖物质总量增加,其中泥炭土、菇渣及生物有机肥处理的增幅较大。胡敏酸与富里酸比值,生物有机肥处理显著

高于单施化肥处理。土壤改良处理增加了土壤松结合态腐殖质、稳结合态腐殖质、紧结合态腐殖质含量及结合态腐殖质总含量,提高了土壤松/紧结合态腐殖质比值。与单施化肥处理相比,生物有机肥处理显著提高了土壤松结合态腐殖质与结合态腐殖质总含量。生物有机肥处理的土壤松/紧结合态腐殖质比值最高。

土壤改良处理尤其是施用菇渣和生物有机肥处理可以增加作物产量,改良低产黄泥田的土壤结构,提高土壤肥力与土壤腐殖质质量。

#### 参考文献:

- [1] 蔡庆生. 宣州市黄泥田的特征与改良利用 [J]. 安徽农学

- 通报, 1998, 4 (1): 48-49.
- [2] 刘彦伶, 来庆, 徐早增, 等. 不同氮肥类型对黄泥田双季稻产量及氮素利用的影响 [J]. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2013, 39 (4): 403-412.
- [3] 林诚, 王飞, 李清华, 等. 不同施肥制度对黄泥田土壤酶活性及养分的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2009, (6): 24-27.
- [4] 张文安, 孙锐锋, 肖厚军, 等. 黄泥田改良培肥效应研究 [J]. 贵州农业科学, 2007, 35 (5): 70-71.
- [5] 祝其胜. 黄泥田土壤供肥能力及施肥效果的初步研究 [J]. 湖北农业科学, 1981, 19 (10): 16-18.
- [6] 李樊敏, 冀慧, 陈渠昌. 聚丙烯酰胺改良土壤的应用研究综述 [J]. 人民黄河, 2010, 32 (7): 91-94.
- [7] 张唐娟, 袁巧霞, 陈红, 等. 菇渣作为有机栽培基质好氧改性的实验 [J]. 环境工程学报, 2013, 7 (2): 722-726.
- [8] 田波, 时连辉, 王秀峰, 等. 菇渣堆肥对土壤及草坪生长的影响 [J]. 中国草地学报, 2011, 33 (5): 722-726.
- [9] 卫智涛, 周国英, 胡清秀. 食用菌菌渣利用研究现状 [J]. 中国食用菌, 2010, 29 (5): 3-6, 11.
- [10] 魏岚, 杨少海, 邹献中, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2010, 36 (1): 77-81.
- [11] 齐琳, 王飞. 2种土壤改良剂对土壤性状和小麦产量的影响 [J]. 浙江农业科学, 2013, (9): 1075-1076.
- [12] 赵海亮, 王玉萍, 邹志荣, 等. 牛粪与菇渣配合施用对番茄栽培的改良效果 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2013, 41 (7): 189-194, 200.
- [13] 杜连凤, 刘文科, 刘建玲. 三种秸秆有机肥改良土壤次生盐渍化的效果及生物效应 [J]. 土壤通报, 2005, 36 (3): 309-312.
- [14] 鲍士旦. 土壤农业化学分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] Kumada K, Sato O, Ohsumi Y. Humus composition of mountain soils in central Japan with special reference to the distribution of P type humic acid [J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1967, 13 (5): 151-158.
- [16] 窦森, 于水强, 张晋京. 不同 CO<sub>2</sub> 浓度对玉米秸秆分解期间土壤腐殖质形成的影响 [J]. 土壤学报, 2007, 44 (3): 458-466.
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. 121-124.
- [18] 李建明, 吴景贵, 王利辉. 不同有机物料对黑土腐殖质结合形态影响差异性的研究 [J]. 农业环境科学学报, 2011, 30 (8): 1608-1615.
- [19] 于江, 朱昌雄, 郭萍, 等. 生物腐植酸对甘草生物量和土壤腐殖质组分含量及土壤酶活性的影响 [J]. 草地学报, 2011, 19 (1): 68-74.
- [20] 马云飞, 罗会斌, 宋街明, 等. 我国部分典型植烟区土壤腐殖质组成特征及其与部分土壤因子的关系 [J]. 中国烟草学报, 2013, 19 (1): 21-25.
- [21] 韩宾, 徐尚起, 张海林, 等. 耕作方式对土壤腐殖质结合状态及组成的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2010, 15 (1): 72-78.
- [22] 区惠平, 何明菊, 黄景, 等. 稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30 (24): 6812-6820.
- [23] 接晓辉, 杨丽娟, 周崇峻, 等. 长期施肥对保护地土壤腐殖质总量及各形态之间比值的影响 [J]. 土壤通报, 2009, 40 (4): 805-808.

### Effects of different soil melioration practices on soil properties and rice yields in low-yielding yellow clayey land

HU Cheng<sup>1</sup>, LIU Dong-hai<sup>1</sup>, CHEN Yun-feng<sup>1</sup>, QIAO Yan<sup>1</sup>, WU De-chun<sup>2</sup>, SUN Bin<sup>3</sup>, LI Shuang-lai<sup>1\*</sup> (1. Institute of Plant Protection and Soil Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064; 2. Agriculture Bureau of Jingmen City in Hubei Province, Jingmen 448000; 3. Agriculture Bureau of Guangshui City in Hubei Province, Guangshui 432700)

**Abstract:** The effects of soil melioration practices on composition and combining form of soil humus, soil basic physical-chemical properties, rice yields and yields component were studied in low-yielding yellow clayey land in double cropping rice system of Jingmen, Hubei Province. The results showed as follow: The contents of soil water soluble substance, humic acid, humin and extracted humic substances were higher in soil melioration treatments than that in the single application of chemical fertilizer treatment, especially, in peat soil, mushroom residue and biological-organic manure treatments. The contents of loosely, firmly, tightly combined humus and total combined humus were higher in soil melioration treatments than that in the single application of chemical fertilizer treatment. In contrast to single application of chemical fertilizer treatment, biological-organic manure treatment significantly ( $p < 0.05$ ) increased the content of loosely combined humus and total combined humus. The early and late rice grain yields were increased owing to soil melioration by 6.6%, 9.5%, respectively. Moreover, soil melioration practice increased the content of soil organic matter, total N, alkali-hydrolysable N, available P, available K, and cation exchange capacity, nevertheless, soil bulk density were decreased. Effect of biological-organic manure on soil improvement was evident than other soil melioration treatments, and early and late rice grain yields were increased by 10.13%, 17.50%, respectively.

**Key words:** low-yielding yellow clayey soil; soil melioration; soil humus; combining form of soil humus; rice grain yields