

四湖地区潜育化土壤的 肥力特征与改良利用

陈世俭

(中国科学院测量与地球物理研究所 武汉 4430077)

马毅杰

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要 本文在野外土壤剖面调查基础上分析研究了四湖地区潜育化水稻土的养分状况和肥力特征。结果表明,随土壤潜育化程度加重,土壤养分有机质趋于丰富、潜在养分含量较高,速效养分中速效钾相对较高而有效磷较低;结合观测和调查结果,分析了地下水位、还原性物质和土地利用状况及土壤养分平衡等因素对潜育化土壤肥力状况所造成的影响,提出了因地制宜的综合改良利用措施。

关键词 四湖地区;潜育化水稻土;土壤肥力

潜育化水稻土是一种分布广泛的低产土壤类型。在我国南方稻区,潜育化土壤约有 $4 \times 10^6 \text{hm}^2$ 。一般潜育化土壤分布在肥水条件较好的地势低洼区域,土壤富含有机质,是一种潜在肥力较高的渍害型低产土壤^[1-3]。因障碍因素较为单一,也较容易改造,在后备耕地资源基本枯竭的平原湖区是增产潜力最大的土壤类型。四湖地区系指长江与汉水及其支流东荆河之间的河间洼地区,因境内曾有4大湖泊(长湖、三湖、白露湖和洪湖)而得名。由于地势低洼,洪涝灾害频繁,被称为湖北省的“水袋子”。四湖地区是我国南方特别是长江中游潜育化土壤集中分布的地区^[4-6]。潜育化土壤也是该区主要的低产土壤类型。

为了对四湖地区涝渍田潜育化土壤的肥力特点、特别是养分状况及其障碍有一个全面的了解,1998年11月初,我们在晚稻收割后对四湖地区土壤潜育化状况进行了野外调查,调查区域跨四湖地区的潜江市、监利县和洪湖市。

有关土壤潜育化作用的特点、形成条件、以及还原物质积累等方面的研究有不少报道^[2,3,6-9],本文依据土壤剖面调查和分析资料,侧重讨论四湖地区潜育化水稻上的肥力状况及其养分障碍,为该区潜育化土壤改良利用提供依据。

1 材料与方 法

土壤剖面调查于11月初晚稻收割后进行,调查路线为“三横一纵”,“一纵”即沿四湖地区中心地带的内荆河沿岸,“三横”位于内荆河与长江之间、与内荆河相垂直的3条路线即:潜江、监利和洪湖。调查项目包括土地利用状况、土壤类型、地形部位、剖面构型、地下水位、亚铁反应和石灰反应等(表1)。调查不同潜育化程度的土壤剖面共12个。剖面土样风干、磨碎、过筛,用常规方法测定土壤养分含量,部分样品在风干前测定了还原性物质的含量^[10]。

表 1 四湖地区野外调查土样性状描述

| 地点 | 剖面层次 | 土壤类型 | 地形部位 | 成土母质 | 土地利用 | 平均地下水水位 | 亚 Fe 反应 | 石灰反应 |
|--------|---|------|--------|--------|--------|---------|---------|------|
| 荒湖农场 | A _g -P _g -W ₁ -W ₂ -C | | 荒湖湖滨 | 冲积、湖积物 | 双季稻 | | + | + |
| 周沟乡 | A _g -P _g -W ₁ -W ₂ | 潜育型 | 平畈区域 | 冲积、湖积物 | 双季稻 | 73cm | - | ++ |
| 监利尺八镇 | A _g -P _g -W ₁ -W ₂ -C | 水稻土 | 高亢平地 | 长江冲积物 | 双季稻、油菜 | | - | ++ |
| 洪湖石码头 | A _g -P _g -W _g -G-C | | 平畈中部 | 冲积、湖积物 | 中稻、油菜 | | + | ++ |
| 监利棋盘 | A _g -P _g -W ₁ -W ₂ -C | | 平畈底部 | 湖积物 | 双季稻 | | - | - |
| 监利红城 | A _g -P _g -W _g -W ₁ -W ₂ -C | 中度潜育 | 湖垸缓坡下部 | 冲积物 | 中稻 | 65cm | - | - |
| 监利福田 | A _g -P _g -W ₁ -W ₂ -C | 型水稻土 | 洪湖湖滨上部 | 冲积、湖积物 | 中稻 | | ++ | + |
| 洪湖万全 | A _g -P _g -W _g -C | | 缓坡平原中部 | 湖积物 | 中稻 | | ++ | + |
| 潜江张金 | A-P-G ₁ -G ₂ | | 缓坡平原下部 | 湖积物 | 中稻 | | ++ | - |
| 西大垸四分场 | A-P _g -G ₁ -G ₂ -G ₃ | 重度潜育 | 白露湖滨 | 湖积物 | 中稻 | 51cm | ++ | - |
| 洪湖夏新河 | A _g -G ₁ -G ₂ -G ₃ | 型水稻土 | 洪湖湖滨 | 湖积物 | 中稻 | | ++ | - |
| 洪湖小港 | A _g -G ₁ -G ₂ -G ₃ | | 湖垸底部 | 湖积物 | 中稻 | | ++ | - |

2 结果与讨论

2.1 不同潜育化程度土壤的剖面调查特征

土壤剖面调查包括 12 个样点,依潜育程度可分为潜育型、中度潜育型及重度潜育型 3 种类型(表 1)。从调查地点的地形部位看,重度潜育型土壤剖面主要位于内荆河沿岸一线的湖滨地带或湖垸底部,潜育型土壤剖面多在湖垸缓坡平原的中上部,中度潜育型剖面位于两者之间。不同潜育化程度土壤除剖面构型差异外,母质、地下水水位、亚铁反应和石灰反应亦有明显的差异。随潜育化程度加重,地下水埋深变浅,亚铁反应加强,而石灰反应渐弱。在土地利用方面,随潜育化程度加重,水旱轮作适宜性降低,复种指数渐小。

表 2 不同潜育化程度土壤剖面平均(N=4)养分状况

| 剖面层次 | 土壤类型 | 有机质 (g/kg) | 全氮 (g/kg) | 全磷 (g/kg) | 速效磷 (mg/kg) | 缓效钾 (mg/kg) | 速效钾 (mg/kg) |
|------------------|------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| 耕作层 (0~15cm) | 潜育型 | 26.5 ^c | 1.14 ^b | 0.76 ^a | 17.0 ^a | 605 ^a | 67.2 ^b |
| | 中潜育型 | 39.5 ^b | 1.53 ^b | 0.79 ^a | 17.8 ^a | 719 ^a | 58.6 ^b |
| 犁底层 (20~25cm) | 重潜育型 | 61.4 ^a | 2.40 ^a | 0.65 ^b | 10.7 ^b | 637 ^a | 98.8 ^a |
| | 潜育型 | 19.8 ^b | 0.77 ^b | 0.60 ^{ab} | 11.0 ^b | 609 ^a | 68.4 ^b |
| 心土层 (30~45cm) | 中潜育型 | 26.8 ^b | 1.37 ^a | 0.68 ^a | 16.0 ^a | 665 ^a | 68.2 ^b |
| | 重潜育型 | 52.5 ^a | 1.59 ^a | 0.55 ^b | 10.2 ^b | 712 ^a | 106.4 ^a |
| | 潜育型 | 8.4 ^b | 0.47 ^b | 0.64 ^a | 12.5 ^a | 624 ^a | 51.6 ^b |
| | 中潜育型 | 17.3 ^a | 0.91 ^a | 0.62 ^a | 13.6 ^a | 648 ^a | 81.2 ^b |
| | 重潜育型 | 40.0 ^a | 1.15 ^a | 0.49 ^b | 11.0 ^a | 884 ^a | 127.1 ^a |

t 检验混合变量法比较均值间的差异显著性

2.2 不同潜育化程度土壤的养分肥力状况

分别按耕作层、犁底层和心土层比较了不同潜育化程度土壤的养分状况(表 2),表明不同潜育化程度土壤的养分状况存在明显的差异。

土壤有机质和全氮含量随潜育化程度加重而显著增加。从潜育型到重度潜育型,耕层有机质的平均含量从 26.5g/kg 增加到 61.4g/kg,增幅达 132%,全氮平均含量从 1.14g/kg 增至 2.40g/kg,增幅 110%。犁底层和心土层的趋势相似。

土壤全磷含量多在 0.80g/kg 以下,以耕层为例,重度潜育型的全磷含量明显较低,而潜育型和中度潜育型之间无明显差异,犁底层和心土层的趋势类似。土壤有效磷含量以重度潜育型为最低,以土壤耕层为例,重度潜育型的有效磷含量较潜育型或中度潜育型低近 40%。

重度潜育型土壤各剖面层次的速效钾含量显著高于潜育型和中度潜育型土壤,相差幅度在 30~50%,耕层、犁底层和心土层的趋势基本一致。而缓效钾含量在不同潜育化程度土壤之间没有表现出明显的差异。

潜育化土壤较高的有机质和全氮含量表明其潜在肥力丰富;而速效养分中,速效钾含量也相对较高,有效磷含量则显著偏低;从养分角度反映了潜育化程度对土壤肥力的影响。

2.3 影响潜育化土壤肥力的因子分析

2.3.1 土壤水分和还原物质状况 以平原湖区地下水位的动态变化来反映水稻土剖面的水分状况。据我们在监利新兴垸和洪湖小港农场的地下水观测资料,农田地下水位主要由微地貌类型所控制,受灌溉、降水、排水和蒸发等过程所影响,有明显的季节动态变化,且动态与土地利用方式有关。潜育型土壤地势较高,常双季稻作,植稻期间地下水位常常与地表水相连,晒田、落干时水位才显著下降,稻作期间外地下水位较低;中度与重度潜育型土壤地势较低,以中稻为主,稻作期间地下水位常高于地表,冬春季节常因积水难排而仍维持较高的地下水位。稻作期间外的过高地下水位是潜育化土壤肥力特征形成的重要条件。

不同潜育化程度土壤的还原性物质含量有明显差异。依我们对洪湖小港农场不同潜育化程度土壤剖面还原物质状况的测定,随潜育化程度加重,氧化还原电位不断降低,活性还原物质和亚铁含量显著增加(表 3)。较强的还原反应和还原物质积聚是潜育化土壤肥力的特征之一,也是该类土壤养分肥力状况形成的条件。

表 3 同潜育化程度土壤心土层(剖面深度 25~35cm)的氧化还原状况(洪湖小港, 1998. 11)

| 土壤类型 | 活性还原物质 (cmol/kg) | Fe ²⁺ (cmol/kg) | Eh(mV) |
|-------|---------------------|-------------------------------|--------|
| 重度潜育型 | 3.65 | 3.89 | 49 |
| 中度潜育型 | 1.34 | 2.35 | 145 |
| 脱潜育型 | 0.65 | 0.52 | 269 |

2.3.2 耕作制度与土地利用状况 由于潜育化现象对土壤利用多宜性影响,不同潜育化程度土壤的利用方式、复种指数和施肥水平有明显的差异。据我们在四湖地区监利、洪湖的调查,重度潜育型土壤常以一季中稻为主,复种指数仅 120%;中度潜育型土壤以两季为主,复种指数为 180%左右;而潜育型土壤常作 3 季,复种指数近 250%。土地利用方式和复种指数的区别直接影响了不同潜育化程度土壤的施肥水平和养分平衡,使土壤养分的输入输出状况形成差异(表 4)。养分盈亏的长期积累,进而影响土壤肥力^[6]。

表 4 不同耕作制度下农田土壤养分的输入输出状况(单位: kg/hm²)

| | 油-稻 | | | 油-稻-稻 | | |
|------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| | 氮 | 磷 | 钾 | 氮 | 磷 | 钾 |
| 养分输入 | 259.3 | 47.7 | 99.1 | 276.7 | 38.2 | 77.7 |
| 养分输出 | 261.4 | 28.8 | 169.6 | 279.0 | 26.5 | 157.4 |
| 养分盈亏 | -2.2 | 18.9 | -70.5 | -2.2 | 11.7 | -79.7 |

2.4 潜育化土壤改良利用对策

潜育化土壤肥力具有地下水位高、还原反应强、还原性物质多、有机质全氮等潜在养分丰富、速效钾相对较高、有效磷含量偏低等特征(以重度潜育型为例),还存在着易涝、土地利用多宜性不足、复种指数低和单产水平低等问题。可针对土壤潜育化程度,以综合措施,合理利用潜育化土壤资源。

(1) 退田还水:对渍涝频繁的重度潜育型土壤,宜改种水生经济植物或改为池塘养殖。以减轻灾害和排涝压力、提高涝渍田的经济效益,克服植稻时的不利因素。该措施受投入的制约。

(2) 整治水系,清淤沟渠:四湖地区大片的低洼地,依靠以湖垸为单元的水利设施排涝治渍;近 20 年来日益严重的水系不畅、沟渠淤塞问题造成了土壤潜育化加重的趋势。只有长期整治河网水系,清淤沟渠,切实降低农田地下水位,才能使大面积潜育化土壤得以改良^[4,9]。

(3) 水旱轮作:对中度潜育化土壤,实施水旱轮作,有利于改善土壤的理化性状,减轻潜育化程度。

(4) 增肥改土:合理施肥,对重度潜育化水稻土应增施磷肥。

参 考 文 献

- 董元华,徐琪.不同潜育化作用的特点及其研究进展.土壤学进展,1990,18(2):9~14
- 马毅杰,陆彦春等.长江中游平原湖区土壤潜育化沼泽化的发展趋势与改良利用.土壤,1997,29(1):1~5
- 马毅杰,陈家坊等.水稻土物质变化与生态环境.北京:科学出版社,1999,145~155
- 蔡述明,马毅杰.三峡工程与沿江湿地及河口盐渍化土地.北京:科学出版社,1997,34~49
- 陈世俭,蔡述明等.生态工程在湖垸农业持续发展中的应用.长江流域资源与环境,1997,6(3):253~259
- 项国荣主编.四湖地区农业持续发展研究.北京:科学出版社,1997,62~79
- 潘淑贞.不同潜育化土壤中还原物质的变化.土壤通报,1996,27(4):158~161
- Kitada K, Shimoda H, Kamekawa K, and Akiyama Y. Japanese J. of Soil Sci. and Plant Nutri., 1993, 64(2):154~160
- 古汉虎.潜育化土壤田间开沟治渍研究.土壤通报,1993,24(3):108~110
- 鲁如坤主编.土壤农业化学分析方法.北京:中国农业科技出版社,1999