

不同连作、轮作复种下土壤腐殖质性质的研究*

杨东方 李学恒
(华中农业大学)

STUDY ON THE PROPERTIES OF SOIL HUMUS UNDER VARIOUS CROPPING SYSTEMS

Yang Dongfang and Li Xueyuan
(Huazhong Agriculture University, Wuhan)

轮作复种能减少作物病虫害,改善土壤理化性质,增加土壤微生物数量^[1],是调节和改善土壤肥力状况的重要措施。研究不同连作和轮作复种下土壤腐殖质含量、组成以及与土壤无机部分复合的状况,可为寻找合理的轮作措施,以提高和保持土壤肥力提供一定依据。

一、供试土样和试验方法

1. 供试土样: 采自湖北省新洲县第四纪近代河流冲积物上发育的水稻土,所有土样均取表层土(0—20厘米),其基本性状见表1。

表1 供试土壤的基本性状

| 土号 | 处 理 | pH | | 有机质 (%) | 全N(%) | 全P(%) | 全K(%) | CEC (m.e./100g土) | 粘粒(%) |
|----|--------|------------------|------|---------|-------|--------|-------|------------------|-------|
| | | H ₂ O | KCl | | | | | | |
| 1 | 油稻稻轮作区 | 6.55 | 5.22 | 4.020 | 0.200 | 0.0564 | 1.633 | 13.87 | 18.02 |
| 2 | 油稻稻连作区 | 6.39 | 5.26 | 3.626 | 0.165 | 0.0575 | 1.563 | 13.17 | 17.70 |
| 3 | 麦稻稻轮作区 | 6.31 | 5.20 | 3.898 | 0.191 | 0.0547 | 1.578 | 13.60 | 18.18 |
| 4 | 麦稻稻连作区 | 6.48 | 5.28 | 3.956 | 0.186 | 0.0553 | 1.567 | 13.51 | 18.31 |
| 5 | 肥稻稻轮作区 | 6.49 | 5.38 | 4.177 | 0.189 | 0.0567 | 1.535 | 13.49 | 18.19 |
| 6 | 肥稻稻连作区 | 6.60 | 5.20 | 4.260 | 0.218 | 0.0607 | 1.587 | 13.41 | 18.08 |

2. 田间试验: 共设6个处理,面积为6.21亩,试验田块示意图1,包括3个连作区,3个轮作复种区(此区内仅每年倒茬不同)。绿肥为紫云英,每年就地翻压。施用的化肥主要有硫酸氢铵、过磷酸钙和尿素。试验时间从1981年4月开始,1984年10月采样止。

* 国家自然科学基金资助项目。

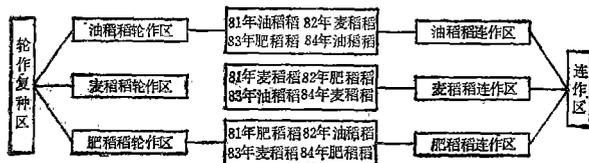


图1 试验田块示意图

3. 测试方法: (1) 土壤腐殖质分组: 采用 Anderson 等法^[5]。将碱提腐殖质称为 A 组腐殖质(包括胡敏酸-A 与富里酸-A); 继续用去离子水、超声波分散浸提的称为 B 组腐殖质(包括胡敏酸-B、富里酸-B); 剩余部分为胡敏素。各组腐殖质碳量按丘林法测定。(2) 腐殖质各组分 E_4/E_6 比值: 用科诺诺娃法^[21]。(3) 土壤有机无机复合度: 用重组分组法^[22]。(4) 土壤腐殖质结合态的测定: 用付积平改进法^[23]。(5) 土壤腐殖质氧化稳定系数 (K_{os}): 用衰可能的方法^[24]。(6) 不同粒径土壤复合体分级^[25]: 将过 2 毫米筛的土样按 1:10 (土:水), 在 21.5 KHz, 300 mA (CSF-1A 超声发生器)条件下进行分散。然后用湿筛法分离出大于 50 微米的复合体, 用沉降法分离出 2—50、0.2—2 微米的复合体, 用离心法分离出小于 0.2 微米的复合体。各粒径复合体中有机碳和氮含量分别用丘林法和开氏法测定。

二、结果与讨论

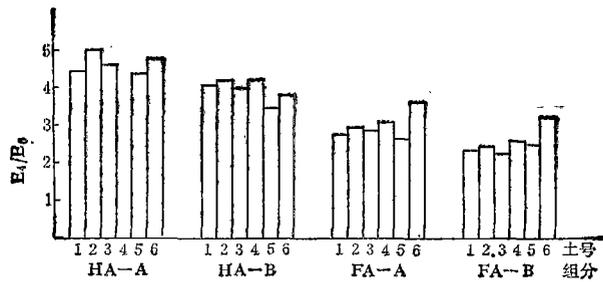
(一) 土壤腐殖质组成及 E_4/E_6 比值

用碱和结合超声分散对不同连作及轮作复种下的土壤腐殖质进行分组后, 测得各组有机碳含量列于表 2。无论连作还是轮作复种下, 土壤腐殖质 A 组的碳量均高于 B 组, HA-A + FA-A/HA-B + FA-B 比值在 1.33—1.67 之间, 这与 Anderson 等人对自然土壤研究的结果相符^[5]。各处理中油稻连作下的 HA-A 和 HA-B 组碳量最低, 比它的轮作分别减少 20.48、15.87%; 而 FA-A 组的碳量除肥稻连作外, 其余轮作复种均比连作的高。土壤胡敏素碳量麦稻连作比轮作复种的高, 其它两种连作则比轮作复种的低。以上结果表明不同连作、轮作复种下土壤腐殖质各组分存有差异, 而这些差异单从土壤总有机碳量是不能反映出的, 因此研究各组分的含碳量是很有必要的。

表 2 土壤腐殖质各组分的碳含量(%)

| 土号 | 胡敏酸-A HA-A | 富里酸-A FA-A | HA-A/ FA-A | 胡敏酸-B HA-B | 富里酸-B FA-B | HA-B/ FA-B | 胡敏素 | HA-A + FA-A/ HA-B + FA-B |
|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|-----------------------------|
| 1 | 0.210 | 0.349 | 0.60 | 0.189 | 0.164 | 1.15 | 1.421 | 1.58 |
| 2 | 0.167 | 0.281 | 0.59 | 0.159 | 0.179 | 0.89 | 1.318 | 1.33 |
| 3 | 0.208 | 0.340 | 0.61 | — | — | — | 1.333 | — |
| 4 | 0.207 | 0.285 | 0.73 | 0.168 | 0.172 | 0.98 | 1.463 | 1.45 |
| 5 | 0.172 | 0.291 | 0.59 | 0.169 | 0.127 | 1.33 | 1.664 | 1.56 |
| 6 | 0.202 | 0.355 | 0.57 | 0.173 | 0.161 | 1.07 | 0.963 | 1.67 |

各处理土壤腐殖质的 HA-A、FA-A、HA-B、FA-B 的 E_4/E_6 比值也不同, 由图 2 可见, 除 3、4 号土 HA-A 组外, 轮作下的 E_4/E_6 比值都比连作的低, 说明轮作复种比连作下土壤腐殖质芳化度高, 腐殖化程度强。

图2 土壤腐殖质各组分 E₄/E₆ 比值

(二) 腐殖质与无机部分复合状况以及各粒径复合体中的碳和氮含量

不同连作、轮作复种下,每年残留于土壤中的根茬(包括根系分泌物)和土壤环境条件的不同,土壤中有有机无机复合状况以及在各粒径复合体中碳、氮分配不一样,见表3,轮作复种下的原土复合度均比连作下的高,其增加量为2.52—5.71%。说明轮作复种比连作更有利于促进土壤腐殖质与矿质部分的结合,即使肥稻稻连作每年有大量紫云英还田,也不如轮作复种那样有利于土壤有机无机复合状况的改善。

同一土壤粒径不同的复合体,碳、氮含量不同,而粒径相同的复合体在不同连作、轮作复种下,其碳、氮含量亦不同(表3)。油稻稻连作,其各粒径复合体的碳、氮含量比轮作复种的有所减少,其中碳量以 $<0.2\mu$ 复合体中减少最多为12.79%,氮量以 $0.2-2\mu$ 和 $<0.2\mu$ 复合体中减少较多,分别为18.89%和20.44%;麦稻稻连作与轮作比较,各粒径复合体中碳、氮含量变化不太规则;而肥稻稻连作与轮作比较, $<0.2\mu$ 复合体中碳、氮含量有较多的增加。有关研究认为不同粒径复合体的碳、氮氧化性不同,细粒径复合体中的更容易矿化^[7],我们的结果表明:油稻稻连作下土壤易矿化性腐殖质和氮含量不太丰富,而肥稻稻连作下正好相反。各粒径复合体的C/N比(图3):油稻稻和麦稻稻连作下土壤各粒径复合体,特别是粘粒复合体的C/N比都比相应轮作复种的高,而肥稻稻其各粒径复合体的C/N比是连作比轮作的小。

表3 土壤有机无机复合度及其各粒径复合体中C,N含量

| 土号 | 原土复合度 % | $>50\mu$ | | | | $2-50\mu$ | | | | $0.2-2\mu$ | | | | $<0.2\mu$ | | | |
|----|------------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | C% | 占总C% | N% | 占总N% | C% | 占总C% | N% | 占总N% | C% | 占总C% | N% | 占总N% | C% | 占总C% | N% | 占总N% |
| 1 | 86.82 | 1.931 | 27.75 | 0.133 | 22.28 | 2.227 | 46.35 | 0.170 | 41.32 | 3.149 | 13.03 | 0.360 | 17.35 | 3.588 | 12.28 | 0.455 | 19.05 |
| 2 | 81.11 | 1.728 | 27.64 | 0.113 | 23.04 | 2.029 | 46.95 | 0.145 | 42.12 | 2.919 | 12.94 | 0.292 | 16.48 | 3.129 | 12.47 | 0.362 | 18.36 |
| 3 | 83.44 | 1.897 | 27.79 | 0.127 | 22.06 | 2.184 | 46.54 | 0.158 | 39.85 | 3.127 | 12.82 | 0.371 | 18.03 | 3.260 | 12.85 | 0.430 | 20.06 |
| 4 | 78.58 | 1.899 | 27.77 | 0.128 | 23.09 | 2.217 | 46.57 | 0.158 | 40.85 | 2.910 | 12.54 | 0.315 | 16.75 | 3.576 | 13.12 | 0.426 | 19.31 |
| 5 | 84.31 | 2.001 | 27.56 | 0.131 | 23.08 | 2.263 | 47.25 | 0.159 | 40.67 | 3.166 | 12.78 | 0.319 | 16.49 | 3.575 | 12.41 | 0.420 | 19.76 |
| 6 | 81.79 | 2.140 | 28.59 | 0.152 | 23.20 | 2.293 | 45.38 | 0.172 | 38.57 | 3.286 | 12.82 | 0.408 | 18.03 | 3.867 | 13.21 | 0.521 | 20.20 |

(三) 土壤有机无机复合体中不同结合态腐殖质含量及其氧化稳定性

土壤有机无机复合体中不同结合态腐殖质的碳量列于表4。油稻稻和麦稻稻连作下的松结态和紧结态腐殖质碳量比相应轮作复种下的低,稳结态的正好相反;而肥稻稻连作下各种结合态腐殖质碳量与轮作复种的比较几乎无变化。对于A/C(松结态与紧结态

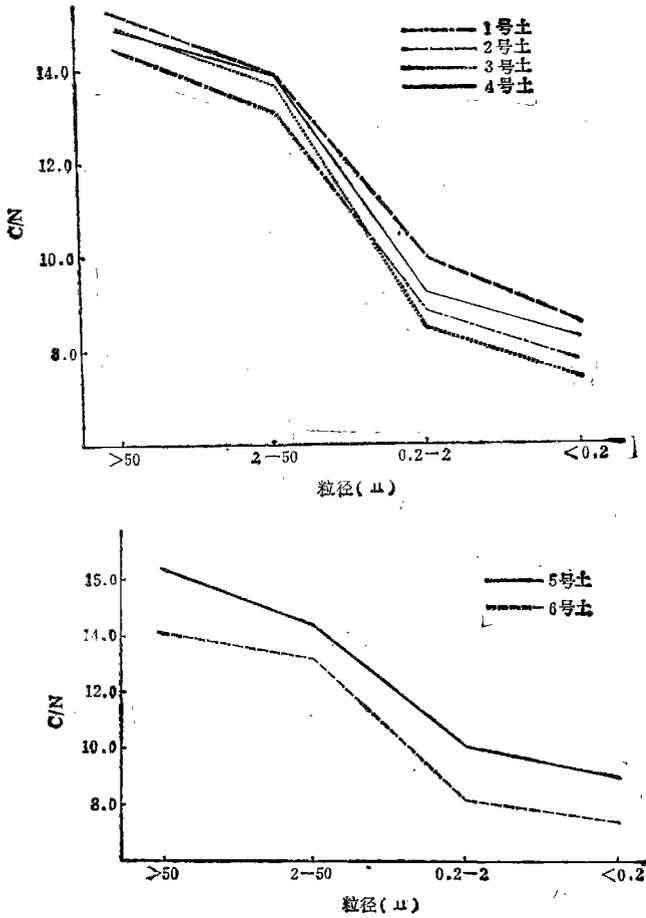


图3 不同粒径复合体中 C/N 比值

表4 土壤复合体中不同结合态腐殖质的 C 含量及 C/N

| 土号 | 松结态 (A) | | | 稳结态 (B) | | | 紧结态 (C) | | | A/C |
|----|---------|--------|------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|------|
| | C% | 占重组 C% | C/N | C% | 占重组 C% | C/N | C% | 占重组 C% | C/N | |
| 1 | 0.668 | 32.12 | 8.17 | 0.161 | 7.74 | 17.13 | 1.251 | 60.14 | 14.75 | 0.53 |
| 2 | 0.517 | 29.58 | 8.55 | 0.177 | 10.13 | 24.58 | 1.054 | 60.30 | 15.43 | 0.49 |
| 3 | 0.646 | 33.32 | 8.80 | 0.142 | 7.32 | 15.43 | 1.151 | 59.36 | 15.27 | 0.56 |
| 4 | 0.567 | 30.62 | 9.36 | 0.235 | 12.69 | 29.75 | 1.050 | 56.70 | 13.74 | 0.54 |
| 5 | 0.702 | 33.44 | 9.22 | 0.155 | 7.38 | 17.82 | 1.242 | 59.17 | 16.09 | 0.57 |
| 6 | 0.713 | 34.26 | 8.24 | 0.152 | 7.30 | 11.14 | 1.216 | 58.43 | 15.60 | 0.59 |

腐殖质碳量之比)来说,前两种连作的要比轮作的低;只有肥稻稻连作比轮作的略偏高。这似乎说明,前两种轮作要比连作更能促进活性腐殖质的产生,同时也可增强原有腐殖质的熟化度;而肥稻稻则相反。

氧化稳定系数 K_o 。通常用来反映腐殖质分解的难易程度。 K_o 。愈低,氧化稳定性愈

低。表 5 结果表明,对松结态和稳结态腐殖质来说,油稻稻和麦稻稻连作下的 K_{os} 比轮作复种的高;但肥稻稻连作反而低一些;而三种连作下紧结态腐殖质的 K_{os} 都比相应的轮作复种下的低。这表明油稻稻和麦稻稻连作下,土壤松结态和稳结态腐殖质难氧化,不利于土壤养分的释放,同时连作下紧结态腐殖质氧化稳定性差,不利于形成良好的土壤结构。

表 5 不同结合态腐殖质的氧化稳定性*

| 土号 | 松结态 | | | 稳结态 | | | 紧结态 | | |
|----|--------|--------|------------|--------|--------|----------|--------|--------|------------|
| | 易氧化 C% | 难氧化 C% | K_{os} * | 易氧化 C% | 难氧化 C% | K_{os} | 易氧化 C% | 难氧化 C% | K_{os} * |
| 1 | 0.356 | 0.312 | 0.88 | 0.099 | 0.062 | 0.63 | 0.511 | 0.740 | 1.45 |
| 2 | 0.254 | 0.263 | 1.04 | 0.098 | 0.079 | 0.81 | 0.461 | 0.593 | 1.29 |
| 3 | 0.362 | 0.284 | 0.78 | 0.088 | 0.054 | 0.61 | 0.493 | 0.658 | 1.33 |
| 4 | 0.287 | 0.280 | 0.98 | 0.127 | 0.109 | 0.86 | 0.476 | 0.574 | 1.21 |
| 5 | 0.392 | 0.310 | 0.79 | 0.097 | 0.058 | 0.60 | 0.501 | 0.741 | 1.48 |
| 6 | 0.420 | 0.293 | 0.70 | 0.101 | 0.051 | 0.50 | 0.670 | 0.546 | 0.81 |

$$* K_{os} = \frac{\text{难氧化 C\%}}{\text{易氧化 C\%}}$$

三、小 结

三种不同连作与轮作复种下土壤腐殖质的性质研究表明:轮作复种较油稻稻连作能增加 HA-A、HA-B 组碳量;较麦稻稻连作能增加 FA-A 组碳量;较肥稻稻连作能增加胡敏素碳量。腐殖质各组分的 E_4/E_6 比是轮作复种的低,说明其芳化度较连作的高。轮作复种较连作更能促进土壤腐殖质与无机部分复合,并能增加松结态腐殖质碳量及其氧化性。由此可见轮作复种对改善土壤腐殖质状况是有利的。

参 考 文 献

- [1] 万名选, 1983: 稻田三熟制轮作与连作试验研究总结。湖南土肥科技, 第 1 期, 14—19 页。
- [2] 科诺诺娃, M. M., 1966: 土壤有机质。科学出版社。
- [3] 付积平、张敬森、褚金海, 1978: 土壤有机无机复合度测定法。土壤肥料, 第 4 期, 40—41 页。
- [4] 袁可能, 1963: 土壤有机矿质复合体中腐殖质氧化稳定性的初步研究。土壤学报, 第 11 卷 3 期, 286—293 页。
- [5] Anderson, D. W., Paul E.A. & Arnaud R. J., 1974: Extraction and characterization of humus with reference to clay-associated humus. Can. J. Soil Sci., 54: 317—323.
- [6] Anderson, D.W., Saggar S., Bettang J.R., & J.W. B. Stewart, 1981: Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter: the nature and distribution of forms of carbon, nitrogen and sulfur. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 767* 772.
- [7] Chichester, F. W., 1969: Nitrogen in soil organo-mineral sedimentation fractions. Soil Sci., 107: 356—363.