

# 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义\*

李菊梅 王朝辉 李生秀  
(西北农林科技大学, 陕西杨陵 712100)

**摘要** 用 25 个表层土壤样品和 6 个土壤 36 个不同层次的土壤样品研究了可矿化氮与有机质、全氮的关系。可矿化氮由通气培养法测定。研究表明, 不论表层土壤或不同层次剖面土壤中的可矿化氮都与有机质、全氮高度正相关。但是由于可矿化氮与有机质、全氮有自相关存在, 他们之间的相关有一定的不真实性。而且, 土壤的可矿化氮并不与全氮或有机质成正比, 可矿化氮与有机质或全氮的比值因土壤而不同, 差别很大。特别重要的是, 可矿化氮对有机质或全氮的比率几乎在一条直线上, 它们之间的相关性明显高于可矿化氮与有机质或全氮的关系。这些结果显示, 矿化氮的数量取决于有机质和全氮中的可矿化部分, 而不是其总量。土壤剖面中累积的硝态氮数量低时, 作物的吸氮量与可矿化氮的关系远较与有机质或全氮的关系密切, 更证明了测定可矿化氮有其特定意义, 有机质、全氮的测定并不能代替可矿化氮的测定。

**关键词** 可矿化氮, 有机质, 全氮

**中图分类号** S143.1

土壤有机质和全氮是土壤肥力的重要指标。除过改善土壤物理性质、化学性质和生物性质(缓冲性能, 吸附、离子交换性能和络合能力等)<sup>[1]</sup>等诸多作用外, 土壤有机质含有植物需要的多种养分, 是营养元素, 特别是氮素存在的主要场地: 土壤表层中大约 80%~97% 的氮<sup>[2]</sup>存在于有机质之中。土壤全氮包括所有形式的有机和无机氮素, 是标志土壤氮素总量和供应植物有效氮素的源和库, 综合反映了土壤的氮素状况。由于氮在植物营养中的重要作用以及其与土壤有机质和全氮的联系, 后二者一直用于评价土壤的供氮水平, 是各国土壤分析和实验室测定的例行项目。但是采用有机质或全氮作为土壤供氮指标有明显的缺点: 含量相对稳定, 在一定期间内难以反映土壤供氮能力的变化; 不够敏感, 在较小范围内含量变化不大, 难以反映不同土壤供氮能力的差别。由于这一原因, 测定土壤可矿化氮的方法相继问世<sup>[3-9]</sup>。可矿化氮, 不论采用化学浸取或生物培养方法, 都是测定一定条件下土壤有机质矿化产生的能被植物吸收利用的氮素。在测定可矿化氮的方法中, 培养法因有合理的理论基础而更受到人们注目: 培养期间参与有机质矿化的微生物正是在作物生长期分解有机质、产生有效氮的微生物<sup>[10]</sup>。

但是, 也有不少研究表明, 现有方法测定的可矿化氮均与全氮或有机质有密切相关<sup>[11,12]</sup>, 反映着同一信息。如果如此, 测定土壤可矿化氮有无必要就成了一个值得研究的问题。本文旨在探索土壤可矿化氮与有机质、全氮之间的关系, 分析它们的供氮特性, 进而论证测定可矿化氮的必要性。

## 1 材料与与方法

### 1.1 供试土壤

采自陕西永寿县。供试的 25 个表层(0~20 cm)土样采自肥效试验不同肥力的无肥小区(表 1); 36 个不同土层的土样采自其中 6 个田块的无肥小区; 每个田块按 0~15, 15~30, 30~45, 45~60, 60~80, 80~100 cm 分 6 层采取(表 2)。土样采回后, 风干、磨细, 分别过 1 mm 和 0.25 mm 筛, 用于培养试验和分

\* 国家自然科学基金重大项目(49890330)、重点项目(30230230)、面上项目(30070429, 40201028)和国家重点基础研究专项经费(G1999011707)资助

析。

表 1 25 个表层土壤的基本性质及可矿化氮

Table 1 Basic properties of 25 surface soils and their mineralized N

| 样号<br>Soil<br>No. | 有机质<br>O.M.<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | 全 N<br>Total N<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | C/N  | 初始矿物氮                                    |                                 |   | 矿化硝态氮(mg kg <sup>-1</sup> )                 |        |       | 速效 P                                  |      |
|-------------------|--------------------------------------|---|------|--|---------------------------------|---|---|--------|-------|---------------------------------------|------|
|                   |                                      |   |      | Initial mineral N (mg kg <sup>-1</sup> ) |                                 |   | Mineralized NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N |        |       | Available P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | pH   |
|                   |                                      |   |      | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N          | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 1week                                       | 2weeks | Total |                                       |      |
| 1                 | 12.1                                 | 0.98                                    | 7.16 | 21.7                                     | 15.2                            | 36.9  | 32.6  | 22.7   | 55.3  | 11.3                                  | 7.56 |
| 2                 | 9.1                                  | 0.81                                    | 6.52 | 13.6                                     | 9.4                             | 23.0  | 24.2  | 13.4   | 37.6  | 8.2                                   | 7.60 |
| 3                 | 7.4                                  | 0.64                                    | 6.71 | 17.3                                     | 5.2                             | 22.5  | 14.9  | 9.4    | 24.3  | 7.4                                   | 7.62 |
| 4                 | 9.5                                  | 0.77                                    | 7.16 | 12.6                                     | 8.2                             | 20.8  | 22.8  | 11.3   | 34.1  | 5.8                                   | 7.65 |
| 5                 | 10.0                                 | 0.83                                    | 6.99 | 11.4                                     | 6.1                             | 17.5  | 21.7  | 10.3   | 32.0  | 6.0                                   | 7.65 |
| 6                 | 8.6                                  | 0.72                                    | 6.93 | 22.8                                     | 8.9                             | 31.7  | 20.8  | 12.4   | 33.2  | 8.0                                   | 7.62 |
| 7                 | 10.7                                 | 0.79                                    | 7.86 | 12.6                                     | 7.8                             | 20.4  | 26.8  | 12.0   | 38.8  | 10.1                                  | 7.65 |
| 8                 | 8.7                                  | 0.71                                    | 7.11 | 8.0                                      | 6.3                             | 14.3  | 19.5  | 16.0   | 35.5  | 7.3                                   | 7.63 |
| 9                 | 10.0                                 | 0.81                                    | 7.16 | 13.4                                     | 5.4                             | 18.8  | 24.4  | 12.1   | 36.5  | 8.2                                   | 7.68 |
| 10                | 8.4                                  | 0.69                                    | 7.06 | 10.2                                     | 6.8                             | 17.0  | 15.8  | 8.2    | 24.0  | 6.5                                   | 7.67 |
| 11                | 9.5                                  | 0.81                                    | 6.80 | 16.7                                     | 8.6                             | 25.3  | 25.2  | 13.1   | 38.3  | 5.9                                   | 7.62 |
| 12                | 9.2                                  | 0.74                                    | 7.21 | 12.4                                     | 5.2                             | 17.6  | 19.7  | 14.6   | 34.3  | 11.3                                  | 7.62 |
| 13                | 8.6                                  | 0.81                                    | 6.16 | 15.3                                     | 6.6                             | 21.9  | 24.0  | 12.1   | 36.1  | 6.6                                   | 7.68 |
| 15                | 9.9                                  | 0.85                                    | 6.76 | 16.3                                     | 8.4                             | 24.7  | 25.6  | 16.0   | 41.6  | 8.1                                   | 7.68 |
| 16                | 8.6                                  | 0.78                                    | 6.40 | 7.7                                      | 6.6                             | 14.3  | 12.4  | 9.4    | 21.8  | 5.3                                   | 7.67 |
| 17                | 9.6                                  | 0.82                                    | 6.79 | 13.5                                     | 7.0                             | 20.5  | 21.8  | 13.3   | 35.1  | 7.4                                   | 7.69 |
| 18                | 8.8                                  | 0.79                                    | 6.46 | 11.4                                     | 7.3                             | 18.7  | 17.3  | 15.9   | 33.2  | 8.9                                   | 7.67 |
| 19                | 8.7                                  | 0.78                                    | 6.47 | 11.8                                     | 15.7                            | 27.5  | 21.1  | 12.0   | 33.1  | 7.0                                   | 7.69 |
| 20                | 11.2                                 | 0.90                                    | 7.22 | 14.1                                     | 6.3                             | 20.4  | 29.6  | 15.5   | 45.1  | 15.9                                  | 7.72 |
| 21                | 13.6                                 | 1.07                                    | 7.37 | 18.1                                     | 13.1                            | 31.2  | 31.2  | 26.8   | 58.0  | 28.1                                  | 7.71 |
| 22                | 9.2                                  | 0.84                                    | 6.35 | 12.2                                     | 8.1                             | 20.3  | 20.9  | 12.0   | 32.9  | 6.0                                   | 7.71 |
| 23                | 8.2                                  | 0.79                                    | 6.02 | 20.4                                     | 9.9                             | 30.3  | 26.8  | 12.4   | 39.2  | 6.3                                   | 7.74 |
| 24                | 9.5                                  | 0.82                                    | 6.72 | 22.8                                     | 8.2                             | 31.0  | 23.8  | 13.4   | 37.2  | 8.0                                   | 7.71 |
| 26                | 11.4                                 | 0.98                                    | 6.75 | 5.6                                      | 6.9                             | 12.5  | 28.3  | 15.0   | 43.3  | 8.9                                   | 7.63 |
| 27                | 8.3                                  | 0.70                                    | 6.88 | 8.2                                      | 10.3                            | 18.5  | 22.0  | 9.0    | 31.0  | 5.4                                   | 7.72 |

## 1.2 可矿化氮的测定

采用 Stanford 和 Smith<sup>[5]</sup> 的好气培养法。称取 15 g 风干土样与等量石英砂混合, 加入少量蒸馏水, 用玻璃棒搅拌使其形成良好粘结的土砂混合物, 将此混合物放在预先内置一个玻璃球、15 g 石英砂、上垫一层玻璃丝的 50 ml 培养管内。混合物加入后, 再在上面盖一层玻璃丝和石英砂, 以防淋洗时冲溅土壤。装好后轻震几下。用 100 ml 0.01 mol L<sup>-1</sup> 的 CaCl<sub>2</sub> 分 4 次淋洗土壤中起始矿质氮。此后加入 25 ml 无氮营养液(0.002 mol L<sup>-1</sup> CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O; 0.002 mol L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub>; 0.005 mol L<sup>-1</sup> Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; 0.0025 mol L<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的混合液)。培养管口用塑料膜密封, 多余水分在 8 kPa 负压下抽去。然后, 在塑料膜上扎两个小孔, 保持试管良好通气。培养管置于 35 ± 1 °C 恒温培养箱中, 预培养 1 周后, 如上法淋洗矿化氮、加无氮营养液和抽气, 然后继续培养 2 周, 再次淋洗其矿化氮。各次淋洗液分别收集, 测定其中的起始矿质氮和矿化氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N), 测定结果分别记录。

表2 不同土层的36个土样基本性质

Table 2 Basic properties of 36 layered soils

| 样号<br>Soil<br>No. | 土层<br>Layer<br>(cm) | 有机质<br>O.M.<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | 全氮<br>Total N<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | C/N  | 初始氮                              |                                 | 矿化硝态氮   |        |       | 速效 P                                  |      |
|-------------------|---------------------|--------------------------------------|--|------|----------------------------------|---------------------------------|---|--------|-------|---------------------------------------|------|
|                   |                     |                                      |  |      | Initial N (mg kg <sup>-1</sup> ) |                                 | Mineralized NO <sub>3</sub> -N (mg kg <sup>-1</sup> ) |        |       | Available P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | pH   |
|                   |                     |                                      |  |      | NO <sub>3</sub> -N               | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | 1week   | 2weeks | Total |                                       |      |
| 1                 | 0~ 15               | 12.8                                 | 1.05                                   | 7.07 | 5.2                              | 16.6                            | 32.6  | 22.7   | 55.3  | 11.29                                 | 7.25 |
|                   | 15~ 30              | 11.2                                 | 0.97                                   | 6.70 | 9.3                              | 10.0                            | 28.3  | 16.1   | 44.4  | 7.78                                  | 7.52 |
|                   | 30~ 45              | 9.3                                  | 0.86                                   | 6.27 | 9.2                              | 8.8                             | 18.0  | 7.8    | 25.8  | 5.08                                  | 7.56 |
|                   | 45~ 60              | 8.0                                  | 0.72                                   | 6.44 | 5.6                              | 9.7                             | 2.9   | 5.9    | 8.8   | 2.84                                  | 7.60 |
|                   | 60~ 80              | 7.9                                  | 0.70                                   | 6.55 | 3.8                              | 6.4                             | 3.9   | 4.9    | 8.8   | 3.79                                  | 7.64 |
|                   | 80~ 100             | 7.8                                  | 0.67                                   | 6.75 | 1.4                              | 6.8                             | 2.1   | 3.5    | 5.6   | 3.28                                  | 7.66 |
| 9                 | 0~ 15               | 10.9                                 | 0.93                                   | 6.80 | 5.2                              | 9.5                             | 24.4  | 12.1   | 36.5  | 7.42                                  |      |
|                   | 15~ 30              | 9.0                                  | 0.79                                   | 6.61 | 4.4                              | 6.0                             | 6.4   | 8.8    | 15.2  | 5.35                                  |      |
|                   | 30~ 45              | 6.5                                  | 0.62                                   | 6.08 | 6.7                              | 4.7                             | 4.5   | 2.8    | 7.3   | 5.00                                  |      |
|                   | 45~ 60              | 6.3                                  | 0.58                                   | 6.30 | 5.9                              | 7.6                             | 2.1   | 2.2    | 4.3   | 3.07                                  |      |
|                   | 60~ 80              | 5.7                                  | 0.54                                   | 6.12 | 1.6                              | 6.7                             | 0.5   | 2.3    | 2.8   | 4.02                                  |      |
|                   | 80~ 100             | 5.0                                  | 0.52                                   | 5.58 | 2.1                              | 5.7                             | 0.8   | 0.0    | 0.8   | 2.56                                  |      |
| 13                | 0~ 15               | 9.2                                  | 0.82                                   | 6.51 | 5.7                              | 6.4                             | 24.0  | 12.1   | 36.1  | 8.19                                  | 7.84 |
|                   | 15~ 30              | 8.4                                  | 0.74                                   | 6.58 | 12.6                             | 4.3                             | 13.3  | 6.5    | 19.8  | 4.51                                  | 7.93 |
|                   | 30~ 45              | 6.7                                  | 0.57                                   | 6.82 | 8.5                              | 5.4                             | 4.6   | 2.9    | 7.5   | 3.26                                  | 7.87 |
|                   | 45~ 60              | 5.3                                  | 0.52                                   | 5.91 | 6.6                              | 4.4                             | 0.9   | 1.2    | 2.1   | 3.19                                  | 7.86 |
|                   | 60~ 80              | 5.3                                  | 0.51                                   | 6.03 | 4.3                              | 4.1                             | 1.0   | 1.1    | 2.1   | 3.00                                  | 7.84 |
|                   | 80~ 100             | 5.6                                  | 0.42                                   | 7.73 | 2.0                              | 3.8                             | 1.9   | 1.1    | 3.0   | 2.41                                  | 7.78 |
| 16                | 0~ 15               | 8.9                                  | 0.78                                   | 6.62 | 5.5                              | 8.7                             | 12.4  | 9.4    | 21.8  | 6.57                                  |      |
|                   | 15~ 30              | 7.2                                  | 0.60                                   | 6.96 | 3.4                              | 7.2                             | 1.7   | 2.7    | 4.4   | 3.99                                  |      |
|                   | 30~ 45              | 6.3                                  | 0.53                                   | 6.89 | 2.6                              | 7.3                             | 1.7   | 2.4    | 4.1   | 2.40                                  |      |
|                   | 45~ 60              | 5.3                                  | 0.53                                   | 5.80 | 3.7                              | 6.9                             | 0.5   | 0.6    | 1.1   | 2.64                                  |      |
|                   | 60~ 80              | 5.2                                  | 0.51                                   | 5.91 | 3.6                              | 6.2                             | 0.4   | 0.1    | 0.5   | 2.66                                  |      |
|                   | 80~ 100             | 5.0                                  | 0.48                                   | 6.04 | 3.8                              | 6.3                             | 0.4   | 0.0    | 0.4   | 2.89                                  |      |
| 21                | 0~ 15               | 14.2                                 | 1.13                                   | 7.29 | 11.1                             | 6.4                             | 31.2  | 26.8   | 58.0  | 28.07                                 |      |
|                   | 15~ 30              | 11.9                                 | 1.11                                   | 6.22 | 14.5                             | 6.2                             | 20.2  | 12.9   | 33.1  | 16.07                                 |      |
|                   | 30~ 45              | 10.0                                 | 0.88                                   | 6.59 | 16.8                             | 6.2                             | 20.2  | 6.9    | 27.1  | 8.50                                  |      |
|                   | 45~ 60              | 8.4                                  | 0.72                                   | 6.77 | 14.3                             | 4.6                             | 8.3   | 6.1    | 14.4  | 5.51                                  |      |
|                   | 60~ 80              | 7.5                                  | 0.68                                   | 6.40 | 8.7                              | 3.5                             | 6.0   | 6.4    | 12.4  | 5.83                                  |      |
|                   | 80~ 100             | 6.5                                  | 0.62                                   | 6.08 | 3.2                              | 3.4                             | 2.0   | 1.1    | 3.1   | 4.47                                  |      |
| 27                | 0~ 15               | 9.4                                  | 0.90                                   | 6.06 | 4.2                              | 8.8                             | 22.6  | 9.0    | 31.0  | 5.36                                  | 7.57 |
|                   | 15~ 30              | 8.0                                  | 0.72                                   | 6.44 | 4.6                              | 7.8                             | 6.3   | 5.5    | 11.8  | 3.62                                  | 7.67 |
|                   | 30~ 45              | 6.9                                  | 0.64                                   | 6.25 | 5.7                              | 6.4                             | 2.1   | 2.5    | 4.6   | 1.63                                  | 7.79 |
|                   | 45~ 60              | 5.9                                  | 0.61                                   | 5.61 | 4.8                              | 6.4                             | 0.8   | 1.3    | 2.1   | 2.37                                  | 7.81 |
|                   | 60~ 80              | 5.7                                  | 0.54                                   | 6.12 | 2.3                              | 5.9                             | 1.5   | 1.5    | 3.0   | 2.17                                  | 7.77 |
|                   | 80~ 100             | 5.7                                  | 0.52                                   | 6.36 | 1.8                              | 6.5                             | 1.2   | 0.4    | 1.6   | 2.17                                  | 7.70 |

### 1.3 分析方法

土壤水分用烘干法(在 105 °C 条件下烘至恒重), 全氮用开氏法, 有机质用重铬酸钾外加热法, 有效磷用 Olsen 方法(采用 0.5 mol L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub>, W<sub>土</sub>: W<sub>液</sub> = 5: 1, 在 25 °C 恒温下震荡 0.5 h 提取, 过滤后比色), pH 用 pH 计法, 起始矿质氮用 Bremner 法浸取, 连续流动分析仪测定。测定均重复 3 次, 测定结果均以烘干基为基础计算。

## 2 结果与讨论

### 2.1 可矿化氮与有机质、全氮的关系

Stanford 等<sup>[13]</sup>认为, 土壤的前处理(如风干)和存在的少量不稳定有机物质对矿化过程有突出影响, 用这种土壤进行培养得到的结果不能反映正常的矿化过程, 需要通过预培养以消除这些因子的影响。本研究的目的是探讨作物生长期土壤所能供给的有效氮素, 而所有矿化的氮素都是作物可利用的氮素源泉。因此同时计算了培养 1 周、2 周及 3 周内的矿化氮量(表 1)与有机质、全氮的关系(表 3)。25 个表层土壤的测定结果显示, 任何期间矿化的氮素都与全氮、有机质密切相关, 决定系数高于 0.6, 可对变异给出 60% 的解释。6 个不同肥力田块 36 个不同土层土样的结果与表层土壤呈现完全一致的趋势, 而决定系数更高, 可解释 80% ~ 90% 的变异。后者是由于有机质、全氮在剖面不同层次的分布与所产生的矿化氮分布一致所造成的。由此可见, 可矿化氮与有机质、全氮的关系是稳定的, 不随土壤、土层而变化, 既像前人报道的那样, 与表层土壤有机质、全氮相关<sup>[8, 13-17]</sup>; 也像本文所显示的那样, 与不同土层的有机质、全氮相关。

表 3 可矿化氮与有机质、全氮的相关系数(*r*)

Table 3 Correlation coefficients between mineralized N and organic matter or total N

|         | 25 个表层土壤                             |         |         | 36 个不同层次土样                            |         |         |
|---------|--------------------------------------|---------|---------|---------------------------------------|---------|---------|
|         | 25 soil samples taken from top layer |         |         | 36 soil samples from different layers |         |         |
| 培养时间(周) | 1                                    | 2       | 3       | 1                                     | 2       | 3       |
| 有机质     | 0.781 9                              | 0.792 1 | 0.862 2 | 0.953 6                               | 0.953 5 | 0.923 2 |
| 全氮      | 0.765 2                              | 0.771 6 | 0.842 0 | 0.935 8                               | 0.917 2 | 0.901 8 |

### 2.2 矿化氮占有机质、全氮的比例

相关分析显示了有机质、全氮与可矿化氮之间相互关系的密切程度, 但这种关系有一定的不真实性。矿化氮是全氮一部分, 因而也是有机质的一部分。当用部分(可矿化氮)与全体(有机质、全氮)进行相关计算时, 其间存在着自相关关系<sup>[18]</sup>, 扩大了相关系数, 造成了一定程度的过高估计。因此, 相关分析提供的信息并未能完全反映可矿化氮与全氮、有机质关系的真实情况。

土壤有机质矿化的差异可以从矿化氮与有机质、全氮的比率进行研究。本文中矿化氮单位为 mg kg<sup>-1</sup>, 有机质、全氮的单位为 g kg<sup>-1</sup>, 所以比率的意义是 1 g 有机质或 1 g 全氮所能产生的可矿化氮 mg 数, 单位为 mg g<sup>-1</sup>。计算表明, 矿化氮与有机质、全氮的比率变化很大: 25 个表层土壤中, 无论培养时期长短。最高与最低相差 1 倍有余, 而有机质本身的变化仅为 0.64 倍, 全氮本身的变化仅为 0.67 倍。36 个不同层次土壤的比率变化更大。以 3 周培养结果为例, 矿化氮与有机质比率最高者为 4.4 mg g<sup>-1</sup>, 最低者 0.3 mg g<sup>-1</sup>, 前者几乎是后者的 14 倍。矿化氮与全氮的比率更为惊人: 最高 52.7 mg g<sup>-1</sup>, 最低者 1.0 mg g<sup>-1</sup>, 前者是后者的 52.7 倍。与此相反, 有机质最高者为 14.2 g kg<sup>-1</sup>, 最低者 5.0 g kg<sup>-1</sup>, 两者相差 2.84 倍; 全氮最高者 1.13 g kg<sup>-1</sup>, 最低者 0.52 g kg<sup>-1</sup>, 高者是低者的 2.17 倍。变化如此大的矿化氮与全氮、有机质比率清楚地显示, 矿化氮既与有机质、全氮的含量有关, 更与其中的可矿化部分有关; 矿化氮仅来源于有机质氮或全氮的一部分; 不同的土壤中这部分数量不同, 因而所占比率不同。可矿化氮虽与有机质、全氮密切相关, 但由于比率不同, 有机质、全氮高的土壤并不一定可矿化氮高。例如, 1 号土样 15~30 cm 土层的有机质是 11.2 g kg<sup>-1</sup>, 5 号土样相应土层的有机质是 11.9 g kg<sup>-1</sup>, 两者几乎没有区别; 而相应的可矿化氮却是 44.4 mg kg<sup>-1</sup> 和 33.1 mg kg<sup>-1</sup>, 相差 25%。由于可矿化氮与有机质、全氮之间没有稳定的比例, 后二者不能完全而稳定地反映植物生长期或培养期间土壤中可矿化氮的多少。

相关分析表明, 25 个耕层土壤中, 大多数情况下, 矿化氮与这两种比率的相关系数显著地高于相应的矿化氮与有机质或全氮的相关系数; 36 个不同土层的土壤显示了同一趋势, 而且在任何情况下相关关系更高(表 4)。这些结果进一步显示了可矿化氮与有机质或全氮中可矿化部分的关系, 虽然两种情况下都有着自相关存在, 相关系数都是扩大了数值。

表 4 可矿化氮和可矿化氮与有机质及矿化氮与全氮比值的相关系数

Table 4 Correlation coefficients ( $r$ ) between mineralizable N and the ratios of mineralizable N to organic matter or to total N

| 可矿化氮<br>Mineralizable N   | 可矿化氮与有机质比率<br>Ratios of mineralizable N to O. M. | $r$     | 可矿化氮与全氮比率<br>Ratios of mineralizable N to total N | $r$     |
|---|--|---------|---|---------|
| 25 个表层土壤 25 soils sampled from top layer                          |  |         |   |         |
| 1 周矿化氮  | 1 周矿化氮/有机质                                       | 0.734 8 | 1 周矿化氮/全氮   | 0.862 0 |
| 2 周矿化氮  | 2 周矿化氮/有机质                                       | 0.859 0 | 2 周矿化氮/全氮   | 0.913 8 |
| 3 周矿化氮  | 3 周矿化氮/有机质                                       | 0.758 2 | 3 周矿化氮/全氮   | 0.868 5 |
| 36 个不同剖面土样 36 soil samples taken from different layers of 6 soils |  |         |   |         |
| 1 周矿化氮  | 1 周矿化氮/有机质                                       | 0.977 4 | 1 周矿化氮/全氮   | 0.985 7 |
| 2 周矿化氮  | 2 周矿化氮/有机质                                       | 0.971 5 | 2 周矿化氮/全氮   | 0.981 2 |
| 3 周矿化氮  | 3 周矿化氮/有机质                                       | 0.975 4 | 3 周矿化氮/全氮   | 0.984 6 |

\* 0.05 显著水准 ( $n = 25$ ,  $r_{0.05} = 0.514$ ); \* \* 0.01 显著水准 ( $n = 25$ ,  $r_{0.01} = 0.600$ )

### 2.3 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义

矿化氮与有机质或全氮在反映土壤供氮能力方面究竟有无差别只有通过生物试验才能得出可靠结论。本试验所用的 25 个表层土壤采自我们进行的土壤供氮能力的小麦试验田块。每个田块同时在施用与不施用磷肥的基础上安排施氮与不施氮肥, 共 4 个处理。由于一些供试土壤剖面中累积有大量硝态氮, 干扰对矿化氮效果的评价<sup>[19]</sup>, 我们采用土壤剖面中 100 cm 土层内硝态氮累积量小于 80 kg  $\text{hm}^{-2}$  以下的 15 个田块的试验结果进行计算。结果表明, 在这种情况下, 硝态氮已经不起决定作用, 可矿化氮、有机质和全氮均在一定程度上表现出了反映土壤供氮水平的作用。但除过全氮和不施磷肥时的小麦产量还达到了 0.01 的显著水准外, 在其他情况下, 有机质和全氮与小麦产量或吸量的相关均不显著。与此相反, 通气培养法的测定结果(表 5), 既与小麦产量, 也与吸氮量极显著相关, 可对试验结果给 40% 以上的解释。这说明, 测定可矿化氮有其重要意义, 有机质和全氮并不能代替其作用。

表 5 土壤表层有机质、全氮、可矿化氮及 100 cm 土层中累积的硝态氮与小麦产量、吸氮量的关系( $r^2$ )

Table 5 Correlation ( $r$ ) of organic matter, total nitrogen, mineralizable N in top 0~20 cm layer and accumulated nitrate N in 100 cm layer with wheat grain yield and N uptake

| 土壤指标<br>Soil indices | 未施磷肥                                |              | 施用磷肥                             |              |
|----------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
|                      | Without application of P fertilizer |              | With application of P fertilizer |              |
|                      | 产量 Grain yield                      | 吸氮量 N uptake | 产量 Grain yield                   | 吸氮量 N uptake |
| 有机质                  | 0.489 3                             | 0.387 4      | 0.408 9                          | 0.359 2      |
| 全氮                   | 0.621 7                             | 0.505 7      | 0.525 1                          | 0.512 5      |
| 硝态氮                  | 0.663 5**                           | 0.540 8      | 0.505 9                          | 0.443 7      |
| 可矿化氮                 |                                     |              |                                  |              |
| 1 周                  | 0.679 0**                           | 0.692 1**    | 0.678 5**                        | 0.733 8**    |
| 总量                   | 0.661 1**                           | 0.658 1**    | 0.735 2**                        | 0.748 7**    |

\* 0.05 显著水准 ( $n = 15$ ,  $r_{0.05} = 0.514$ ); \* \* 0.01 显著水准 ( $n = 15$ ,  $r_{0.01} = 0.641$ )

### 3 讨 论

可矿化氮来自有机氮,因而来自于有机质,是全氮、因而也是有机质的一部分,所以与有机质、全氮的高度相关不难理解。但是矿化氮与后二者却不成比例。矿化氮量既取决于有机质、全氮的含量,也取决于其中可矿化部分所占的比例。全氮、有机质虽然反映了可矿化氮的库容,但不能反映植物生长期或培养期内土壤能够矿化的比例。对土壤供氮量的估计不仅要考虑其总量,更要考虑其中的易矿化部分。从此衡量,测定矿化氮量就显得有重要意义了:矿化氮数量是这两者的集中代表。为了评价有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力的效果,最好的也是惟一的方法是研究其与作物产量、吸氮量之间的关系。但是,由于各种原因,生物试验有时也不能反映真实情况。根据我们研究,在旱地上,引起矿化氮与作物反应不稳定的一个主要原因是土壤剖面中硝态氮的含量。如果土壤剖面中硝态氮的累积量很少,可忽略不计,矿化氮就能提供很好的土壤供氮指标。本文在后一条件下比较了可矿化氮、有机质和全氮在表征土壤供氮能力方面的效果,证明了可矿化氮远比后二者优越,更说明了测定可矿化氮的必要性。

### 参考文献

1. Nelson D W, Sommers L E. Total carbon, organic carbon, organic matter. In: Page A L. ed. Methods of Soil Analysis. Wisconsin, USA: Madison, 1982. 539~ 579
2. 中国科学院南京土壤研究所编. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1978. 382~ 383
3. Bremner J M. Nitrogen availability indexes. In: Black C A. ed. Methods of Soil Analysis, Part 2. Am. Soc. of Agro., Wisconsin, USA. 1965. 1 324~ 1 345
4. Keeney D R. Nitrogen availability indices. In: Page A L. ed. Methods for Soil Analysis, Part 2. 2nd ed. Am. Soc. of Agro., Wisconsin, USA. 1982. 711~ 733
5. Stanford D, Smith S J. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil. Sci Soc. Am. Proc., 1972, 36(3): 465~ 472
6. Waring S A, Bremner J M. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. Nature, 1964, 201: 951~ 952
7. Keeney D R, Bremner J M. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability. Agron. J., 1966, 58: 498~ 503
8. Sims J L, Wells J P, Tackett D L. Predicting nitrogen to rice from field and reservoir soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1967, 31: 672~ 675
9. F J 史蒂文森等著. 农业土壤中的氮素. 北京: 科学出版社, 1982. 412~ 434
10. 李生秀. 关于土壤供氮指标的研究 I. 对几种测定土壤供氮能力方法的评价. 土壤学报, 1990, 27(3): 233~ 240
11. Stadelmann F X, Furrer O J, Gupta S K, *et al.* Einfluss von Bodeneigenschaften und bodentemperature auf N Mobilisierung von kultur Boden. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk, 1983, 146: 228~ 242
12. Inubushi K, Wada H, Takai Y. Easily decomposable organic matter in paddy soil VI. Kinetics of nitrogen mineralization in submerged soils. Soil Sci. Plant Nutr., 1985, 31(4): 563~ 572
13. Stanford G, Carter J N, Smith S J. Estimates of potentially mineralizable soil nitrogen based on short-term incubations. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1974, 38: 99~ 102
14. 周鸣铮, 于文涛, 方樟法. 土壤速效氮的测定方法. 土壤, 1976, (5~ 6): 316~ 323
15. 周祖澄, 王洪玉, 金振玉, 等. 吉林省旱地土壤速效氮测定方法的研究. 土壤通报, 1981, (6): 23~ 26
16. Gasser J K R, Kalambasa S J. Soil nitrogen IX. The effects of leys and organic matter manures on the available N in clay and sand soils. J. Soil Sci., 1976, 27: 237~ 249
17. Ryan J A, Sims J L, Peaslee D E. Laboratory methods for estimating plant available nitrogen in soil. Agron. J., 1971, 63: 48~ 51
18. 莫会东. 农业试验统计(第二版). 上海: 上海科学技术出版社, 1984. 356~ 358
19. 李生秀. 提高旱地土壤氮肥利用效率的途径和对策. 土壤学报, 2002, 39(增刊): 56~ 76

## SIGNIFICANCE OF SOIL ORGANIC MATTER, TOTAL N AND MINERALIZABLE NITROGEN IN REFLECTING SOIL N SUPPLYING CAPACITY

Li Ju-mei Wang Zhao-hui Li Sheng-xiu

(*College of Natural Resources and Environmental Science, Northwestern Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China*)

### Summary

Twenty five surface soil samples taken from different sites and 36 soil samples from 6 soils, each consisting of 6 layers, were used to study the relations of the mineralizable N to the organic matter and total N. The mineralizable N was estimated by an aerobic incubation. The results showed that the mineralized N was very well correlated with the organic matter and total N for all the soils. However, the ratios of mineralized N to the organic matter or to the total N were remarkably different, and the mineralized N was more correlated with the ratios. These results strongly demonstrated that the amounts of the mineralized N were dependant on both the contents and the potentially mineralizable proportions of the total N and organic matter, and that the contents of the total N or organic matter were unable to provide the information on the proportion made available to plants. Field experiments were conducted using 15 soils containing low accumulated nitrate N in soil profile, and the results revealed that the mineralizable N had good correlation with either wheat yield or N uptake. However, the organic matter or total N was not so as the mineralizable N, though the total N had a high correlation coefficient with wheat yield in case without P addition. The result further confirmed that determination of mineralizable N had its significance, and could not be replaced by determination of organic matter or total N.

**Key words** Mineralizable N, Organic matter, Total N