

# 保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响

孙利军<sup>1,2</sup>, 张仁陟<sup>1</sup>, 黄高宝<sup>3</sup>

(1. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 皖南医学院药理学系, 安徽 芜湖 240002;

3. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在5种保护性耕作法与传统耕作法连续4a的田间对比试验研究的基础上,对比分析了不同耕作措施对黄土高原旱地表层土壤理化性状的影响,结果表明:免耕秸秆覆盖与其它处理相比,具有降低表层土壤容重、增加土壤总孔隙度、提高土壤饱和导水率、提高土壤有机质的作用,可作为保水保肥、改良土壤的耕作措施,在黄土旱地大力推广。

**关键词:** 保护性耕作; 土壤容重; 土壤孔隙度; 土壤饱和导水率; 土壤有机质

**中图分类号:** S 152.4   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0207-05

土壤在农业生产中具有非常重要的作用,土壤是植物生活条件的供给者,植物通过根系从土壤中吸收养分和水分,而植物之所以能立足于自然界中,则是由于其根系伸展在土壤之中,因此,人们经常采取各种有效措施来创造和调节土壤条件,以满足植物生长的需求。而在各种措施中,耕作措施对土壤的影响最大,本实验研究了几种保护性耕作措施对黄土高原旱地地表土壤理化状况的影响,旨在探讨哪一种保护性耕作方式更能够改良该区土壤,从而起到保水保肥的作用,促进该区农业的持续发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试区概况

试验设在黄土高原半干旱丘陵沟壑区的定西县李家堡乡麻子川村。试区属中温带半干旱区,平均

海拔2 000 m,年均太阳辐射592.9 kJ/cm<sup>2</sup>,日照时数2476.6 h,年均气温6.4℃,≥0℃积温2933.5℃,≥10℃积温2 239.1℃;无霜期140 d。多年平均降水390.9 mm,年蒸发量1 531 mm,干燥度2.53,80%保证率的降水量为365 mm,变异系数为24.3%,为典型的雨养农业区。土壤为典型的黄绵土,土质绵软,土层深厚,质地均匀,贮水性能良好;0~200 cm土壤容重平均为1.17 g/cm<sup>3</sup>,凋萎含水率7.3%,饱和含水率21.9%。

### 1.2 试验设计

为了加快实验进程,采取双序列轮作,即小麦→豌豆(W/P)和豌豆→小麦(P/W)序列,其中各序列分别设6个处理,4次重复,小区面积4 m×20 m,随机区组排列。具体处理方式见表1。

表1 试验处理描述

Table 1 Treatments description

代码Code	处理Treat ment	操作方法 Operation
T	传统耕作不覆盖	作物收获后至冻结前三耕两耧,前作收获后八月份进行第一次耕作,八月底和九月份分别进行第二、三次耕作,耕深依次为20 cm、10 cm和5 cm。九月份第三次耕作后耧一次,十月份冻结前再耧一次。
NT	免耕不覆盖	整个试验期免耕,不覆盖任何材料。
TS	传统耕作结合秸秆还田	耕作方式同T,在第一次耕作的同时将作物秸秆翻入,秸秆用量平均每年为3 000 kg/hm <sup>2</sup> 。
NTS	免耕秸秆覆盖	整个试验期免耕。从前作收获后至第二年整个生育期地面覆盖作物秸秆,秸秆用量平均每年为3 000 kg/hm <sup>2</sup> 。
TP	传统耕作结合地膜覆盖	耕作方式同T,最后一次耧地后,采取垄背覆盖地膜,垄背用土取于垄沟,来年用膜侧播种机在垄间播种。
NTP	免耕结合地膜覆盖	整个试验期免耕,覆盖及播种的方式同TP

收稿日期:2007-04-27

基金项目:中澳合作项目 ACI AR“提高甘肃黄土高原西部雨养农业系统生产力及其可持续性的研究”(LWR 2/1999/094)

作者简介:孙利军(1979-),男,硕士,现在皖南医学院药理学系工作。E-mail slj1226@tom.com。

通讯作者:张仁陟,男,教授,博士生导师。E-mail zhangrz@gsau.edu.cn。

### 1.3 试验材料

春小麦品种为定西 35, 豌豆为绿农 1 号; 播种期春小麦为 2004 年 3 月中旬, 豌豆为同年 3 月下旬。收获期豌豆为 2004 年 7 月中旬, 春小麦为同年 8 月中旬。

### 1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤容重: 环刀法<sup>[1]</sup>。作物收获后(2005 年 8 月)对土壤表层 0~5cm 的容重进行测定, 每个处理设 12 次重复。

1.4.2 土壤孔隙度: 吸力盘法。在作物收获后(2005 年 8 月), 用环刀采取土壤 0~5cm 土样, 在室温 20℃ 条件下, 将土样底面处理平整后放在张力盘上, 在土样充分吸水后, 给土样以 -10cm 的张力并平衡 24h 后称重, 给土样以 -50cm 的张力并平衡 24h 后称重, 然后再给土样以 -100cm 的张力并平衡 24h 后称重。最后在 105℃ 下将土样烘干至恒重, 采用公式: 孔隙度 (%) = (1 - 容重/密度) × 100, 计算土壤的通气孔隙。

1.4.3 土壤饱和导水率: 圆盘渗透仪法<sup>[2]</sup>。作物收获后(2005 年 8 月)对土壤表层 0~5cm 进行测定, 圆盘渗透仪为澳大利亚悉尼生产。

1.4.4 土壤含水量: 烘干法。测定土壤饱和导水率的前后分别测定土壤表层 0~5cm 的土壤含水量。

1.4.5 土壤有机质: 吸湿热法<sup>[3]</sup>。在作物收获后(2005 年 8 月), 对土壤表层 0~5cm 与 5~10cm 两个层次土壤进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对土壤容重的影响

容重是土壤的重要物理性质, 它是衡量土壤坚实程度的一个指标。土壤容重增大, 会影响到土壤水肥气热条件的变化与作物根系在土壤中的穿插, 进而对作物的生长造成影响。实行保护性耕作后是否会引发表层土壤容重的增加, 这是普遍关心的问题<sup>[4]</sup>。分别测定不同耕作方式下的 0~5cm 土壤容重, 见表 2。

表 2 不同处理的土壤容重(g/cm<sup>3</sup>)(0~5cm)

Table 2 Soil bulk density of different treatments (0~5cm)

轮作 Rotation	处理 Treatments					
	T	NT	TS	NTS	TP	NTP
小麦/豌豆 Wheat /pea	1.235Aa	1.209Aab	1.181Ab	1.173Ab	1.187Aab	1.238Aa
豌豆/小麦 Pea /wheat	1.209Aa	1.212Aa	1.207Aa	1.204Aa	1.212Aa	1.247Aa

注: 在同一行, 大写字母代表统计检验 1% 水平差异显著, 小写字母代表统计检验 5% 水平差异显著。

Note: On the same line, capital letters stand for significance of 1%, lowercase letters stand for significance of 5%.

由表 2 可知, 在作物收获后, 小麦/豌豆序列下 NTP、T 处理的容重显著高于 TS、NTS, NTS 处理土壤容重最小, NTP 处理土壤容重最大。对于豌豆/小麦序列下, 各个处理容重差异不大, 与其它处理相比, NTS 处理土壤容重最小, NTP 处理土壤容重最大。在作物收获后, 两个不同的轮作序列下, NTS 处理土壤容重最小, NTP 土壤容重最大。

### 2.2 不同处理对土壤孔隙度的影响

孔隙是土壤物理性质的重要组成部分, 它关系着土壤水、气热的流通和贮存以及对植物的供应是否充分和协调<sup>[5]</sup>。表层土壤孔隙的分布及其连续性还决定着土壤的水力学特性, 进而影响如入渗、贮存和排水等物理过程, 而且表层土壤中的大孔隙通常是植物根系穿插和水分以及空气运动的主要通道。实行保护性耕作措施是否对表层土壤孔隙有影响, 分别测定不同耕作方式下的 0~5cm 土壤孔隙, 具体分析如下, 见表 3。

总孔隙度最高, NTS 次之, 这是由于秸秆的作用增加了土壤表层的总孔隙度。当量孔径 > 300 μm 的孔度, 在小麦/豌豆这一序列, 处理 NTP 最高, 以处理 TS 最低, 且差异达到显著; 在豌豆/小麦这一轮作序列, 各处理差异不显著, 但以处理 T 最高, TP 次之。在小麦/豌豆这一序列, 当量孔径在 300~60 μm、60~30 μm, 各处理差异不显著; 当量孔径 < 30 μm, 处理 TS 最高, NTP 最小; 当量孔径 > 30 μm, 各处理差异不显著, 以 NTP 最高, TS 最小。在豌豆/小麦这一轮作序列, 当量孔径在 300~60 μm, 处理 T 最高, NTP 最小, 且差异显著。当量孔径在 60~30 μm、< 30 μm、> 30 μm, 各处理差异不显著。除了处理 NTP, 当量孔径 > 30 μm 时, 其它几个处理豌豆/小麦轮作序列总是高于小麦/豌豆序列; 除了处理 NTP, 当量孔径 < 30 μm 时, 其它几个处理豌豆/小麦轮作序列总是低于小麦/豌豆序列。这说明不同的轮作次序对表层土壤孔性分布的影响较为一致, 即豌豆/小麦轮作序列与小麦/豌豆序列相比, 提

由表 3 所知, 不论是那一个轮作序列, 处理 TS

高当量孔径 >30 μm 的孔性分布,降低当量孔径 <30 μm 的孔性分布。耕作措施 TS、NTS 可以提高土壤总孔隙度,而对于土壤孔隙的分布,不同的耕作措

施对土壤孔性孔径分布的影响不一,还需要进一步的研究。

表 3 不同处理下土壤的孔隙(0~5cm)  
Table 3 Soil porosity on different treatments(0~5cm)

轮作 Rotation	处理 Treatment	总孔隙度 (%)	>300 μm (%)	300~60 μm (%)	60~30 μm (%)	<30 μm (%)	>30 μm (%)
小麦/豌豆 Wheat /pea	T	54.78 <sub>ab</sub>	21.59 <sub>ab</sub>	2.45 <sub>5a</sub>	0.81 <sub>4a</sub>	29.91 <sub>2ab</sub>	24.86 <sub>8a</sub>
	NT	54.50 <sub>8a</sub>	23.07 <sub>7ab</sub>	2.64 <sub>8a</sub>	0.93 <sub>8a</sub>	27.84 <sub>5ab</sub>	26.66 <sub>3a</sub>
	TS	57.72 <sub>8a</sub>	20.77 <sub>9b</sub>	2.69 <sub>9a</sub>	1.15 <sub>8a</sub>	33.10 <sub>4a</sub>	24.62 <sub>7a</sub>
	NTS	55.75 <sub>5a</sub>	21.89 <sub>7ab</sub>	3.08 <sub>2a</sub>	1.58 <sub>7a</sub>	29.18 <sub>9ab</sub>	26.56 <sub>6a</sub>
	TP	53.71 <sub>0a</sub>	24.13 <sub>5ab</sub>	3.05 <sub>5a</sub>	1.03 <sub>0a</sub>	25.49 <sub>0ab</sub>	28.22 <sub>0a</sub>
	NTP	51.66 <sub>3a</sub>	24.82 <sub>8a</sub>	3.02 <sub>7a</sub>	1.58 <sub>2a</sub>	22.22 <sub>0b</sub>	29.43 <sub>7a</sub>
豌豆/小麦 pea /wheat	T	55.15 <sub>7ab</sub>	25.01 <sub>4a</sub>	4.16 <sub>8a</sub>	1.51 <sub>3a</sub>	24.46 <sub>5a</sub>	30.69 <sub>2a</sub>
	NT	55.40 <sub>3ab</sub>	24.70 <sub>7a</sub>	3.21 <sub>8ab</sub>	1.64 <sub>6a</sub>	25.83 <sub>2a</sub>	29.57 <sub>1a</sub>
	TS	57.51 <sub>9a</sub>	22.37 <sub>8a</sub>	3.19 <sub>7ab</sub>	1.12 <sub>3a</sub>	30.82 <sub>1a</sub>	26.69 <sub>8a</sub>
	NTS	55.50 <sub>5ab</sub>	23.18 <sub>0a</sub>	3.17 <sub>4ab</sub>	1.23 <sub>6a</sub>	27.91 <sub>5a</sub>	27.59 <sub>0a</sub>
	TP	54.01 <sub>1b</sub>	24.77 <sub>0a</sub>	4.13 <sub>2ab</sub>	1.27 <sub>4a</sub>	23.83 <sub>5a</sub>	30.17 <sub>6a</sub>
	NTP	54.79 <sub>8ab</sub>	23.32 <sub>2a</sub>	2.16 <sub>3b</sub>	2.34 <sub>1a</sub>	26.97 <sub>2a</sub>	27.82 <sub>6a</sub>

注:在同一列,小写字母代表统计检验 P<5%水平差异显著。Note : on the same alley , the lower case letter stand for significance of P<5%.

### 2.3 不同处理对土壤饱和和导水率的影响

土壤入渗是指水分进入土壤形成土壤水的过程,它是降水、地面水、土壤水和地下水相互转化过程中的一个重要环节。土壤渗透性是描述土壤入渗快慢的极为重要的土壤物理特征参数之一<sup>[9]</sup>。土壤渗透性越好,地表径流就会越少,土壤流失量就相

应减少。土壤的饱和和导水率是土壤渗透性研究中重要的物理参数之一,土壤的饱和和导水率越大,土壤的渗透性越好。在作物收获后,测定了不同轮作次序下不同处理(0~5cm)的土壤饱和和导水率,即水分的稳定入渗率,见图1、图2。

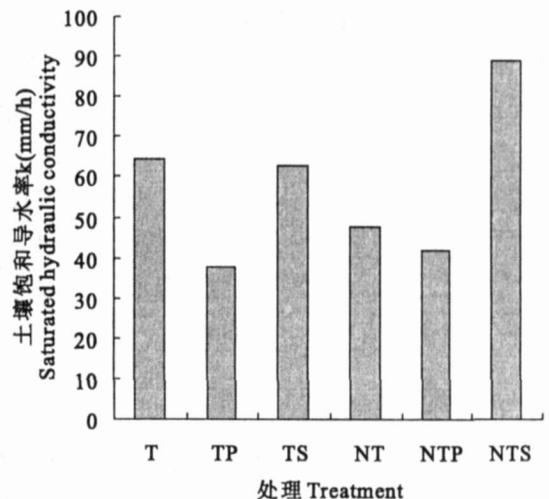
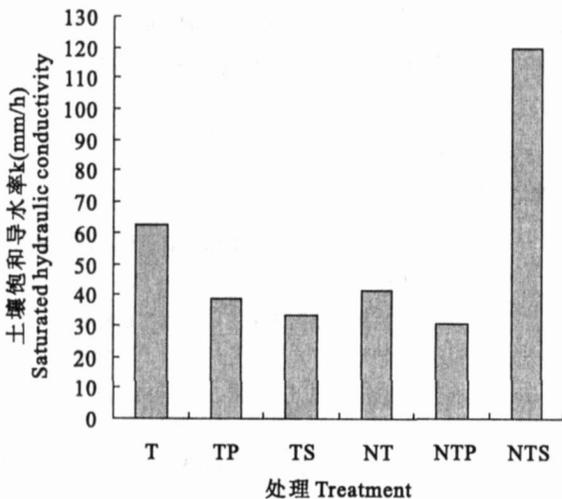


图 1 不同处理(W/P)土壤饱和和导水率(0~5cm)

Fig. 1 Soil saturated hydraulic conductivity

图 2 不同处理(P/W)土壤饱和和导水率(0~5cm)

Fig. 2 Soil saturated hydraulic conductivity

由图1、图2可知,不论是那一个轮作次序,NTS处理饱和和导水率显著高于其它各个处理,这一结论与2004年所得出的结论相一致<sup>[7]</sup>。在小麦/豌豆轮作次序,NTS处理饱和和导水率达到120 mm/h,

是T处理的2倍,而TS处理饱和和导水率较低,NTP处理则最低。对于豌豆/小麦轮作次序,NTS处理饱和和导水率为90 mm/h,在几个处理中最高,T与TS次之,TP最低。

## 2.4 不同处理对土壤有机质的影响

土壤有机质(Soil Organic Matter, SOM)是指存在于土壤中的所有含碳的有机物质,它包括土壤中的各种动、植物残体,微生物体及其分解和合成的各种有机物质。土壤有机质是土壤的重要组成部分,在土壤肥力、环境保护、农业可持续发展等方面均起

着极其重要的作用。土壤有机质是最重要的土壤肥力成分,其水平是评价土壤肥力水平的重要指标。有研究表明,土壤有机碳含量与土壤肥力高低成正相关<sup>[9]</sup>。在作物收获后,测定几种耕作措施下土壤表层 0~5cm 与 5~10cm 两个层次的土壤有机质,见表 4。

表 4 不同处理的有机质含量(%)

Table 4 The total organic matter of different treatments(%)

轮作 Rotation	层次 Depth	处理 Treatments					
		T	NT	TS	NTS	TP	NTP
小麦/豌豆 Wheat/pea	0~5cm	1.393 <sup>De</sup>	1.519 <sup>Cb</sup>	1.542 <sup>BCb</sup>	1.708 <sup>Aa</sup>	1.533 <sup>Cb</sup>	1.658 <sup>ABa</sup>
	5~10cm	1.481 <sup>BCbc</sup>	1.507 <sup>Bb</sup>	1.600 <sup>ABb</sup>	1.763 <sup>Aa</sup>	1.417 <sup>Cc</sup>	1.466 <sup>BCc</sup>
豌豆/小麦 Pea/wheat	0~5cm	1.385 <sup>Cc</sup>	1.524 <sup>Bb</sup>	1.454 <sup>BCc</sup>	1.807 <sup>Aa</sup>	1.542 <sup>Bb</sup>	1.520 <sup>Bbc</sup>
	5~10cm	1.524 <sup>ABabc</sup>	1.535 <sup>ABab</sup>	1.568 <sup>Aa</sup>	1.581 <sup>Aa</sup>	1.430 <sup>Bbc</sup>	1.432 <sup>Bb</sup>

注:在同一行,大写字母代表统计检验 1% 水平差异显著,小写字母代表统计检验 5% 水平差异显著。

Note: On the same line, Capital letter stand for significance of 1%, lowercase letter stand for significance of 5%.

由表 4 可知,在两个轮作序列两个土壤层次上,NTS 处理的有机质含量最高。对于小麦/豌豆序列,在 0~5cm,NTS、NTP 处理有机质含量显著高于其它几个处理( $P < 0.01$ ),NTS 处理与有机质含量最小的 T 处理相比,高出 0.3%。在 5~10cm,NTS、TS 有机质含量高,其中 NTS 处理有机质含量与 T、NT、TP、NTP 处理差异极显著( $P < 0.01$ )。对于豌豆/小麦序列,在 0~5cm,NTS 处理与其它几个处理有机质含量相比,差异达到极显著水平,比有机质含量最小的 T 处理,高出 0.32%。在 5~10cm,有机质含量最小的是 NTP,NTS 含量最高,各个处理间有机质含量差异不大。另外,NTS、NTP、NT 处理的有机碳含量显著高于 TS、TP、T 处理( $P < 0.05$ ),表明免耕避免了对土壤的扰动,从而降低了土壤有机质的矿化作用。而在各处理中,NTS 的有机质含量最高,一方面是由于免耕减小了土壤有机质的矿化,另一方面每年大量的秸秆还田,这些秸秆进一步转化成有机质,从而增加了有机质的含量。

## 3 结论

1) 不同耕作措施对土壤容重的影响是不同的,对于处理 NTS,由于其表面覆盖的作物秸秆,秸秆的腐烂,增加了土壤表层的腐殖质的含量,其相对于传统耕作 T,具有减小土壤容重的作用。

2) 不同的轮作次序对表层土壤孔性分布的影响较为一致,即豌豆/小麦轮作序列与小麦/豌豆序列相比,有提高当量孔径  $> 30 \mu\text{m}$  的孔性分布,降低当量孔径  $< 30 \mu\text{m}$  的孔性分布的作用。耕作措施

TS、NTS 可以提高土壤总孔隙度,而对于土壤孔隙的分布,不同的耕作措施对土壤孔性孔径分布的影响不一,还需要进一步的研究。

3) 不论是那一个轮作次序,处理 NTS 饱和导水率显著高于其它处理。NTS 饱和导水率高,说明其比其它处理具有更好的渗透性能,有助于减小地表径流,为土壤贮蓄较多的水分,供作物的生长需要。

4) 有机质作为土壤肥力的重要指标,有机质含量越高,反应土壤的肥力越好。对于处理 NTS,不论是那一个轮作次序,它的表层有机质含量在几个处理中都是最高的,说明处理 NTS 能够提高土壤的肥力。

## 参考文献:

- [1] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978. 11—13.
- [2] 邹朝望. 利用圆盘渗透仪测定土壤水力参数模型[J]. 中国水利水电, 2004, (6): 16—17.
- [3] 南京农业大学. 土壤农化分析(第二版)[M]. 北京: 农业出版社, 1998.
- [4] 刘晚荷, 山 仑, 邓西平. 植物对土壤紧实度的反应[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(3): 254—260.
- [5] 林成谷. 土壤学(北方本)[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [6] 许 迪, Schmid R, Mer moud A. 夏玉米耕作方式对耕层土壤特性时间变异性的影响[J]. 水土保持学报, 2000, 14(1): 67—71.
- [7] 罗珠珠. 保护性耕作对黄土高原旱地土壤渗透性能的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学农学院, 2005.
- [8] 逢 蕾. 旱地免耕覆盖对土壤有机质的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学农学院, 2004.

## Effects of the conservation tillage on the physicochemical characteristics of soil surface in the semi arid areas of the Loess plateau

SUN Li jun<sup>1,2</sup>, ZHANG Ren zhi<sup>1</sup>, HUANG Gao bao<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Department of Pharmacy, Wan 'nan Medical College, Wuhu, Anhui 240001, China;

3. Agronomy Faculty, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract** : Basing on the research of conservation tillage experiment in the semi arid areas of the Loess plateau from 2001 to 2005, different tillage methods influent to the physical and chemical characters of the soil surface were compared and evaluated. Results showed that the treatment NTS can decrease the soil bulk density, increase the soil porosity and the soil saturated hydraulic conductivity, and enhance the soil organic matter. The NTS has the best effect for holding capacity of water and fertilizer, can create a comfortable condition for the crops.

**Key words** : conservation tillage ; soil bulk density ; soil porosity ; soil saturated hydraulic conductivity ; soil organic matter

(上接第 182 页)

## Three kinds of ammonium nitrogen fertilizer on nitrification and model analysis

ZHANG Guo zhen<sup>1,2</sup>, LI Shi qing<sup>1,3\*</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Yangling Vocational & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. State Key Laboratory of

Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract** : Fresh Cal-Ustic Isohumasols is used for indoor fostering in this experiment. In the same fatty soil condition, study is made on the influence of different kinds of nitrogen fertilizer to the nitrification of pH and Nmin. And kinetic model of nitrification is established. The results of the experiment and imitation show that: ① The velocity of the loss of ammonium nitrogen and the accumulation of nitric nitrogen is like a parabolic flight. The rate of the ammonium nitrogen loss is higher than the accumulation of nitric nitrogen. The original rate of the ammonium nitrogen loss is also higher than the accumulation of nitric nitrogen. ② The loss of ammonium nitrogen and the accumulation of nitric nitrogen of the ammonium chloride remain in a low rate of in the first stage (about one week). They rise as high as the rate of ammonium sulfate after the first stage. The chloride can restrain the loss of ammonium nitrogen. ③ The constant volume of maximal rate of the nitric nitrogen accumulation [5.8~8.8 mg/(kg·d)] has nothing to do with the type of fertilizer, while the constant maximal rate of the loss of ammonium nitrogen is possibly affected by the fertilizer's characters and the soil's bio characters.

**Key words** : anion ; rate of nitrification ; model of nitrification