

# 免耕法对土壤结构影响的研究\*

刘世平 庄恒扬 陆建飞 沈新平  
陈后庆 黄细喜

(扬州大学农学院, 扬州 225009)

## 摘 要

通过对江苏省5大农区5个点连续免耕两年后土壤容重收缩性能和破碎强度的测定, 结果表明: 免耕能改善土壤结构和土壤排水通气状况。体变率与土壤  $< 0.01\text{mm}$  的物理性粘粒和  $< 0.001\text{mm}$  粘粒含量相关密切; 常耕与免耕破碎强度的差值也与粘粒含量有一定的相关。因此, 对土壤粘粒含量较高的土壤更不能烂耕烂种和过多的水旋水耙。

**关键词** 免耕, 土壤结构, 体变率

作物生长与土壤物理环境有密切关系, 在稻麦两熟地区, 土壤随着淹水、排水和落干的变化相应地发生膨胀、分散、凝聚和收缩<sup>[1]</sup>, 耕作形成的土壤环境是暂时的, 在没有机械扰动的情况下, 土壤物理环境也在自然地向适合或妨碍作物生长的状态发展, 而土壤的结构特性左右着土壤环境的变化趋势和强度<sup>[6]</sup>, 赵诚斋、潘遵谱、严少华等对苏南太湖地区的土壤结构作了较多研究<sup>[2-4]</sup>, 而其它地区的研究较少, 为了给不同土类少免耕的运用提供依据, 我们进行了本研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

土样取自江苏省徐淮农区的沛县、里下河农区的兴化, 丘陵农区的丹阳, 沿海农区的如东和沿江农区的江苏农学院实验农场(以下简称苏农), 供试土壤的基本性状见表1。在连续免耕的第4和第5季稻麦成熟期前后, 分别用  $100\text{cm}^3$  和  $15\text{cm}^3$  两种环刀在免耕区和常耕区的2—10cm土层各取5个原状土样, 同时带回该层土样2kg, 用以制作重塑土。

### 1.2 测定方法

将带回的土样风干后碾碎, 过2mm筛, 加水研磨20分钟, 装入  $100\text{cm}^3$  带底孔并铺有滤纸的环刀内, 让其压实, 即重塑土, 重复5次; 将  $100\text{cm}^3$  环刀的原状土吸水饱和后, 与重塑土一并移入当量孔径测定仪,

\* 本文系国家自然科学基金“农田土壤生态系统耕作调控的模型与机制”(批准号: 49704008)和江苏省“八五”重点攻关内容的一部分。

收稿日期: 1996-01-18; 收到修改稿日期: 1997-03-20

表1 土壤基本性状

Table 1 Some physical and chemical properties of soils used in the experiment

地点	土壤类型	有机质	全氮	颗粒Particle	(%)
Site	Soil type	O.M.(g/kg)	Total N (g/kg)	<0.01mm	<0.001mm
沛县	淤土	16.9	1.26	70.6	28.6
兴化	黏泥土	19.2	0.89	44.7	22.5
丹阳	马肝土	15.9	1.01	42.3	21.6
如东	夹沙土	10.6	0.92	32.2	18.6
苏农	灰潮土	12.1	1.07	20.0	11.5

在 100cm 水柱吸力下平衡后取出, 刮去多出环刀口的土壤, 称重, 烘干后再称重。并用蜡封法测干土体积, 计算 pF2 时的土壤容重和干土容重, 同时可算出 pF2 至烘干土体的收缩率。

将 15cm<sup>3</sup>环刀内的土样风干后用电动强度测定仪测定破碎强度。

### 1.3 计算公式

土壤容重收缩率分别以重塑土收缩率和 pF2 时的收缩率表示:

$$\text{重塑土收缩率}(\%) = \frac{\text{重塑土干容重} - \text{原状土干容重}}{\text{重塑土干容重}} \times 100$$

$$\text{pF2 时的收缩率}(\%) = \frac{\text{烘干容重} - \text{pF2 容重}}{\text{烘干容重}} \times 100$$

$$\text{土体体积变化} \Delta V = \frac{\text{pF2 时的体积} - \text{烘干蜡封测定体积}}{\text{烘干土重}} \times 100$$

(cm<sup>3</sup> / 100g 土)

$$\text{土体失水量} \Delta W = \frac{\text{pF2 时土重} - \text{烘干土重}}{\text{烘干土重}} \times 100$$

(cm<sup>3</sup> / 100g 土)

$$\text{体变率} = \frac{\text{土体体积变化}(\Delta V)}{\text{土体失水量}(\Delta W)}$$

## 2 结果与分析

### 2.1 不同耕法对土壤收缩率的影响

由表 2 可以看出, pF2 时原状土容重麦季免耕大于常耕, 稻季免耕大多小于常耕, 而烘干容重大多又以免耕为小的趋势, 说明免耕土壤的结构孔隙较多, 同时, pF2 时收缩率重塑土总是大于原状土, 而重塑土是结构已破坏的土壤, 可见土壤收缩性能与结构有关, 并有常耕收缩率大于免耕的趋势。重塑土与原状土两者的烘干容重差可反映土壤的结构发育, 我们将其差值与干重塑土容重的比称为土壤容重重塑土收缩率, 从表 2 还可看出, 土壤容重重塑土收缩率除丹阳麦子和兴化水稻外, 其它免耕均大于常耕, 也说明免耕有利于土壤结构的改善。

表2 不同耕作条件下土壤收缩率

Table 2 The shrinkage coefficient of the soils under different tillage conditions

地点 Site	处 理 Treatment	麦季后 After wheat harvest				稻季后 After rice harvest				
		容重 (g/cm <sup>3</sup> ) Bulk density		收缩率 (%) Shrinkage ratio		容重 (g/cm <sup>3</sup> ) Bulk density		收缩率 (%) Shrinkage ratio		
		pF2	烘干土 Dried soil	pF2	重塑土 Disturbed soil	pF2	烘干土 Dried soil	pF2	重塑土 Disturbed soil	
沛县	常耕	原状土	1.24	1.68	26.2	4.00	1.15	1.71	32.7	2.84
		重塑土	1.13	1.75	35.4		1.15	1.76	34.7	
	免耕	原状土	1.25	1.62	22.8	6.90	1.10	1.64	32.9	6.29
		重塑土	1.21	1.74	30.5		1.15	1.75	34.3	
兴化	常耕	原状土	1.23	1.51	18.5	5.63	1.18	1.51	21.8	6.79
		重塑土	1.24	1.60	21.3		1.22	1.62	23.1	
	免耕	原状土	1.30	1.55	16.1	8.28	1.23	1.53	19.6	3.16
		重塑土	1.32	1.69	21.9		1.23	1.58	21.2	
丹阳	常耕	原状土	1.20	1.56	23.1	8.23	1.24	1.56	20.5	3.70
		重塑土	1.30	1.70	23.5		1.24	1.62	23.5	
	免耕	原状土	1.24	1.60	22.5	4.76	1.21	1.52	20.4	7.30
		重塑土	1.28	1.68	23.8		1.25	1.64	23.8	
如东	常耕	原状土	1.33	1.50	12.5	3.85	1.26	1.51	16.6	5.62
		重塑土	1.36	1.56	12.8		1.32	1.60	17.5	
	免耕	原状土	1.35	1.52	12.3	4.40	1.25	1.47	15.0	5.77
		重塑土	1.37	1.59	13.8		1.30	1.56	17.7	
苏农	常耕	原状土	1.29	1.53	15.7	2.55	1.24	1.44	13.9	4.64
		重塑土	1.31	1.57	16.6		1.27	1.51	15.9	
	免耕	原状土	1.32	1.49	11.4	3.25	1.27	1.42	10.6	6.58
		重塑土	1.30	1.54	15.6		1.32	1.52	13.2	

表3 从pF2到烘干土壤体变率

Table 3 The rate of soil volume change from pF2 to dry

地点 Site	处 理 Treatment	麦季后 After wheat harvest			稻季后 After rice harvest		
		体积减少 Soil volume reduction	失水量 Water volume reduction	体变率 Rate of soil volume change	体积减少 Soil volume reduction	失水量 Water volume reduction	体变率 Rate of soil volume change
		(cm <sup>3</sup> /100g土)	(cm <sup>3</sup> /100g土)		(cm <sup>3</sup> /100g土)	(cm <sup>3</sup> /100g土)	
沛县	常耕	21.28	26.17	0.81	27.67	36.25	0.76
	免耕	17.86	25.12	0.71	30.14	41.06	0.73
兴化	常耕	15.36	28.86	0.53	16.72	31.25	0.53
	免耕	12.81	27.82	0.46	16.09	35.18	0.46
丹阳	常耕	20.89	28.43	0.73	16.22	30.76	0.53
	免耕	20.02	29.26	0.68	19.17	33.64	0.57
如东	常耕	10.92	25.94	0.42	12.77	35.39	0.36
	免耕	8.96	26.65	0.34	12.09	34.60	0.35
苏农	常耕	10.72	28.96	0.37	9.04	29.15	0.31
	免耕	8.65	28.56	0.30	8.37	27.59	0.30

## 2.2 不同耕法对土壤体变率的影响

由于土体收缩和土体失水同时进行,用体变率可以反映土壤排水通气状况。由表3可知,麦稻两季体变率免耕都小于常耕(丹阳稻季除外),麦季免耕比常耕小0.05—0.10,说明免耕土体排水时收缩小,每排出 $1\text{cm}^3$ 水,进入土体空气较常耕多0.05—0.10 $\text{cm}^3$ ,高7.3—23.5%,稻季体变率免耕比常耕小0.01—0.07,即每排出 $1\text{cm}^3$ 水,进入土体空气免耕较常耕多0.01—0.07 $\text{cm}^3$ ,高2.8—15.2%。由体变率和物理性粘粒的关系可以看出,体变率与土壤 $<0.01\text{mm}$ 的物理性粘粒和 $<0.001\text{mm}$ 粘粒相关,麦季相关系数分别为 $r = 0.8610^*$ 和 $r = 0.8472^*$  ( $n = 5$ )、稻季相关系数分别为 $r = 0.9771^{**}$ 和 $r = 0.9376^{**}$  ( $n = 5$ )。

## 2.3 不同耕法对土壤破碎强度的影响

破碎强度是将适当处理的土柱平压至破裂时所需的压力,是土壤粘结性的量度,与土壤结构性有关。表4结果表明,不管麦季还是稻季,免耕的破碎强度比常耕均小,稻季比麦季的差值更大,说明免耕比常耕容易疏碎,在稻季进行常耕对土壤结构的影响比麦季更大,使土壤变得僵硬,可能与灌水使土壤粘闭有关。由常耕与免耕破碎强度的差值与粘粒含量关系可看出,差值与土壤 $<0.01\text{mm}$ 物理性粘粒和 $<0.001\text{mm}$ 粘粒有一定的相关,麦季相关系数分别为 $r = 0.5485$ 和 $r = 0.6396$  ( $n = 5$ ),稻季相关系数为 $r = 0.4217$ 和 $r = 0.5264$  ( $n = 5$ ),因此,土壤粘粒含量越高,耕法对破碎强度的影响越大,且稻季的影响大于麦季。

表4 不同耕法土壤的破碎强度(单位:  $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Table 4 Soil crushing strength under different tillage conditions ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

地点 Site	处理 Treatment	麦季后 After wheat harvest		稻季后 After rice harvest	
		破碎强度 Crushing strength	常耕与免耕之差 Difference of crushing strength between CT and NT	破碎强度 Crushing strength	常耕与免耕之差 Difference of crushing strength between CT and NT
沛县	常耕	4.36		12.73	
	CT		1.43		2.09
	免耕 NT	2.93		10.64	
兴化	常耕	4.44		8.91	
	CT		2.28		2.46
	免耕 NT	2.16		6.45	
丹阳	常耕	3.87		8.27	
	CT		1.91		4.18
	免耕 NT	1.96		4.09	
如东	常耕	3.18		5.04	
	CT		0.47		1.09
	免耕 NT	2.71		3.95	
苏衣	常耕	1.80		3.73	
	CT		0.38		0.62
	免耕 NT	1.42		3.11	

### 3 讨 论

1. 赵诚斋认为<sup>[5]</sup>, 重塑土土壤容重收缩率 $>7.5$ 的为好土, $<7.5$ 的为僵土。我们测得的结果没达到这一指标, 可能与土壤有机质含量偏低有关。另外, 我们认为, 收缩率还与粘粒含量有关, 对粘粒含量较低的土壤, 即使有机质含量高, 为好土, 收缩率也很难达到这一指标。

2. 丹阳麦季, 兴化稻季重塑土收缩率常耕大于免耕, 说明免耕两年已使土壤板结, 可以认为该地区连续免耕的时间不能太长, 适时耕翻可能更有利于改善土壤结构。

3. 土壤耕作应以防止结构破坏, 发展土壤结构为中心。一般重壤质以上的土壤都有强烈粘闭的特性, 这是由传统的渍水耙耨耕作法形成的, 在粘粒含量较高的地区, 耕法对体变率和破碎强度影响较大, 更应避免烂耕烂种和过多的水旋水耙。

### 参 考 文 献

1. 赵诚斋, 赵渭生. 水稻土的水理性质与土壤耕作的关系. 土壤学报, 1983, 20(2): 140—152
2. 赵诚斋, 周正度, 董百舒. 苏南地区水稻土的合理耕作的研究. 土壤学报, 1981, 18(3): 223—233
3. 潘遵谱, 许学前, 吴敬民. 免耕法在太湖稻麦轮作地区的应用效果. 江苏农业学报, 1986, 2(4): 1—7
4. 严少华, 黄东迈. 免耕与覆盖施肥对水稻土结构的影响. 江苏农业学报, 1989, 5(3): 20—26
5. 赵诚斋. 土壤结构和它的简易测定法. 土壤, 1980, (3): 107—112
6. Reeve, M. J., Hall, D. G. M. Shrinkage in clayey subsoil contrasting structure, J. Soil Sci., 1978, 29(3): 315—323

## INFLUENCE OF NO-TILLAGE ON SOIL STRUCTURE

Liu Shi-ping      Zhuang Heng-yang      Lu Jian-fei      Shen Xin-ping  
Chen Hou-qing      Huang Xi-xi

(Agricultural College of Yang-zhou University, Yangzhou 225009)

### Summary

In this study, soils with 2-year continuous no-tillage treatment were sampled from 5 experimental sites representing 5 agricultural districts in Jiangsu Province. The shrinking property and crushing strength of these soils were measured. Soil structure and drainage state could be improved by no-tillage. There existed close relationship between soil volume change rate and the content of clay with diameters of both 0.01mm and 0.001mm. The difference of soil crushing strength between conventional tillage and no-tillage was also related to clay content. Therefore, in these agricultural districts or soils with a high clay content, it was more important to pay attention to soil tillage and to choose a suitable tillage method.

**Key words**      No-tillage, Soil structure, Soil volume change rate