

南方水田少(免)耕法研究报告*

邵达三 黄细喜 陶嘉玉
(江苏农学院)

王万源 严家瑞 许健
(江苏省共青团农场)

摘 要

三年来,在黄粘土、砂壤土实行少(免)耕法栽培水稻,均有普遍的增产趋势。

少(免)耕不翻乱土层,保持了土体的原状稳态结构,增强了抗逆外来的不良环境,稳定和协调了土壤肥力,这对促进水稻早发,稳长具有重要意义。

水田渍水耙是造成土壤结构破坏、粘闭,影响根系活力和作物产量的主要原因。因此水田必要的耕作应尽可能采取干耕干耙,以不翻乱土层为原则,同时必须以种植制度为主体,采取不同耕法的有机配合,以建立良性生态循环、用养结合、低耗高效的土壤耕作新体系。

近几年来全国各地都在开展少(免)耕法的研究^[1-3,6],农垦系统已大面积实行少(免)耕生产,并取得了良好效果。我们于1981年起承担了农垦系统南方水稻田少(免)耕法研究课题,目的在于探索南方高温、多雨地区水田少(免)耕的增产、节能效果和影响土壤的生态规律,为国营农场在机械化生产条件下,建立用养结合,低耗高效的土壤耕作新体系提供科学依据。现将三年来的试验研究结果总结如下。

一、试验方法

1981—1983年在江苏省长江北岸的共青团农场设置了免耕(板茬种植)少耕(灭茬旋耕5厘米)和

表1 供试土壤的主要理化性质

Table 1 The main physical and chemical properties of soils used in experiment

土壤 Soil	物理性粘粒 (%) Physical clay <0.01mm	粘粒 (%) Clay <0.001 mm	有机质 (%) O. M.	全氮 (%) Total N	水解性氮 (ppm) Hydroly- zable N	碱解性氮 (ppm) Alkali hydroly- zable N	速效磷 (ppm) Available phosphate	速效钾 (ppm) Available potassium	代换量 (meq/100g) Exchange capacity
黄粘土	83.66	31.99	1.32	0.102	—	87	5.0	51	16.21
砂壤土	9.9	—	1.20	0.052	80.9	—	299.1	254.7	—

* 本文承中国科学院南京土壤所赵诚斋副研究员提出宝贵意见;先后参加本试验的还有庄恒阳、杨建昌;1979届土化专业毕业生李正明;1980届农学专业毕业生许仁良、季林华、陆建明;共青团农场冷长和、羊金生、王一新等同志,在此一并致谢。

表 2 1981—1984年水稻少(免)耕和常规耕作的试验结果
Table 2 Comparison between minimum (or no) tillage and conventional tillage on paddy field (1981—1984)

土壤 Soil	地点 Locality	年份 Years	种植方式 Planting method	耕作方法 Tillage method	每穗数 (万/亩) Ears per mu(10 ⁴)	实粒数(粒/穗) (10 ⁴) Grains per ear	结实率(%) Grain percentage	千粒重 (克) 1000-grain Wt. (g)	产量 (斤/亩) Grain yield	产量差异显著性 Significance
黄泥土 Clayey paddy soil	早直播	81		免耕*	25.61	74.91	80.00	27.20	995.9	a
				少耕**	25.21	78.72	85.05	27.28	1016.0	a
				常规耕***	26.14	63.15	73.70	27.00	819.0	b
			移栽	免耕	21.16	95.80	85.30	26.31	1024.4	a
				少耕	20.12	100.40	82.09	26.31	975.9	a
				常规耕	20.28	91.80	78.63	27.15	953.9	a
	早直播	82		免耕	23.00	60.40	86.30	27.21	688.0	ab
				少耕	22.70	67.30	85.10	26.99	786.1	a
				常规耕	23.00	51.60	78.00	28.66	686.8	b
			移栽	免耕	20.60	81.00	86.00	27.11	856.0	a
				少耕	17.80	83.00	86.50	27.66	746.5	b
				常规耕	20.00	68.70	82.00	28.81	738.4	b

江苏省共青团农场

砂壤土 Sand-loamy paddy soil	早直播	免耕	21.25	92.21	75.25	26.75	1007.9	a	
		少耕	22.00	90.18	80.63	27.31	1035.1	a	
		常规耕	22.41	86.83	66.40	26.98	1036.7	a	
	83	移栽	免耕	22.19	98.96	85.75	25.28	1061.5	a
			少耕	21.26	106.14	88.42	24.73	1066.2	a
			常规耕	20.60	104.00	81.96	25.28	1011.6	a
	82	移栽	免耕	27.07	67.98	90.80	28.86	999.1	a
			少耕	27.02	69.35	90.70	28.97	998.6	a
			常规耕	26.23	72.23	89.80	28.55	997.0	a
	83	移栽	免耕	24.10	121.80	91.80	25.14	1406.2	a
			少耕	23.36	123.86	91.38	25.22	1395.2	a
			常规耕	23.15	119.27	90.19	25.21	1382.2	a
84	移栽	免耕	22.64	90.79	85.16	25.93	1010.9	a	
		少耕	21.36	102.33	85.83	26.95	1101.2	a	
		常规耕	21.47	100.71	84.52	26.97	1113.8	a	

* No tillage; ** Minimum tillage; *** Conventional tillage.

常规耕翻(耕深 14—16 厘米)三种处理的对比试验,每一试区面积 3 亩,分早直播和移栽两种方式。其土壤为发育于长江下游近代冲积物上的灰潮土,又称州马干土(俗称黄粘土),于 1982 年起又在江苏农学院实验农场砂壤土设置了内容相同的小区耕作试验,小区面积 0.3 亩,三次重复,拉丁方排列,这两种土壤的主要理化性质见表 1。

供试水稻品种为 IR661(1982 年为 IR24),早直播采用 24 行播种机,每亩播量 8 斤,行距 25.5 厘米,基本苗 10 万左右,移栽田行株距为 7×4 寸,亩栽基本苗 6.43 万,各试区亩施基肥豆饼 100 斤,尿素 20 斤,磷铵 20 斤,氯化钾 15 斤,免耕区施于表层,其余两种耕法施后进行耕旋,追肥和水浆管理相同。学校试验农场供试水稻品种、施肥方法和培管措施与共青团农场大致相同。此外,还设置了白板田观察区,并取上述两种土壤进行了不同紧实度及不同层次对水稻生育影响的盆栽试验和少(免)耕高产栽培中间试验。

二、试验结果

(一) 水稻产量及经济效益

三年来水稻少(免)耕试验结果如表 2 所示,共青团农场试点,除 1983 年早直播免耕区产量略低外,其余少(免)耕的早直播和移栽区均比常规耕区增产,其中 1981 年早直播的少(免)耕区,1982 年早直播的少耕区和移栽的免耕区都比常规耕区增产并达到统计显著差异。江苏农学院实验农场小区试验除 1984 年免耕区略有减产外,其余的少(免)耕区均具有同样的增产趋势,虽未达到显著差异水平,但亦说明不耕翻耙耖,非但不减产,而且还有增产的积极作用。共青团农场试区水稻生产的经济效益十分明显。从表 3 可看出按三年平均计,早直播免耕每年耗油 1.08 公斤/亩,少耕 1.45 公斤/亩,而常规耕为 2.18 公斤/亩,分别节省油耗 50% 和 33%。移栽免耕为 0.78 公斤/亩,少耕 1.29 公斤/亩,常规耕为 2.08 公斤/亩,分别节省 63% 和 38%。水稻移栽少(免)耕法节能尤为显著。按 1982、1983 年成本较为稳定的两年平均看,免耕每亩 6.65 元,少耕 7.1 元,常规耕为 8.05 元,成本分别减少 17% 和 12%。同时少(免)耕普遍增产,因此实际纯收入远大于成本的降低。如从三年平均看,直播免耕和少耕的纯收入则分别比常规耕增加 25% 和 58%,移

表 3 水稻不同耕法的耗油及成本表

Table 3 The oil consumption and the cost under different tillage methods on paddy field

栽培方法 Planting methods	处理 Treatment	作业遍数 Frequency of mechanical works			耗油(公斤/亩) Fuel consumption (kg/mu)			成本 (元) Cost (yuan)		
		1981 年	1982 年	1983 年	1981 年	1982 年	1983 年	1981 年	1982 年	1983 年
		早直播 Direct seeding	免耕	3	4	3	0.72	1.27	1.26	1.50
	少耕	4	4	6	1.58	1.33	1.45	2.30	6.95	7.25
	常规耕	5	4	6	1.92	2.15	2.47	2.70	7.75	8.35
移栽播 Transplanting	免耕	2	2	1	0.54	1.05	0.75	1.30	6.40	5.80
	少耕	—	4	3	—	1.65	0.93	—	7.60	6.40
	常规耕	3	5	3	1.80	2.26	2.17	3.30	8.30	7.80

注: 1981 年为人工收割; 1982、1983 年为机械收割。

栽免耕和少耕则分别增加 53% 和 33%。

(二) 对土壤物理性质的影响

容重是土壤结构的重要指标。耕作对土壤容重的降低是显著的。耕作后黄粘土耕层 10—14 厘米, 从 1.43 克/厘米³ 降至 1.31 克/厘米³, 砂壤土从 1.35 克/厘米³ 降至 1.08 克/厘米³。其后黄粘土一直到烤田以前容重继续有所降低, 而砂壤土却逐渐增大, 前者是由于土壤粘粒的水化膨胀所致, 而后者是由于砂粒的淀浆板结。分蘖末期的烤田使容重又复增大, 这对粘质黄粘土的影响更为明显, 直至水稻成熟。容重的不断增大是常规耕作的普遍规律。

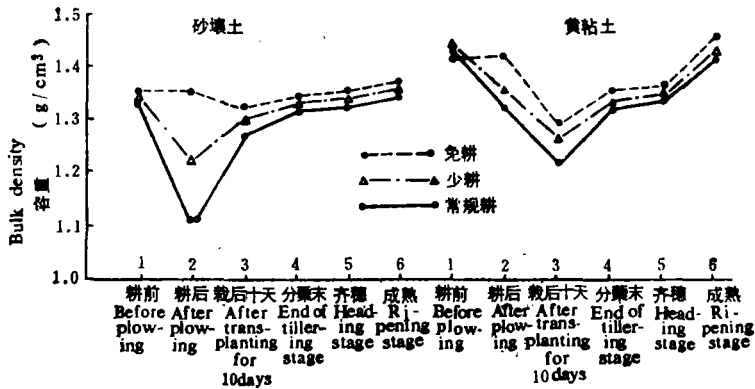


图 1 不同耕法对耕层土壤容重的影响

Fig. 1 The effect of different tillage methods on bulk density of the soil

对于免耕土壤, 由于淹水而使容重降低, 在水稻生长过程中, 耕作区和免耕区容重变化的趋势完全一致。黄粘土在烤田前, 免耕区的容重仅比耕作区高 0.01—0.03 克/厘米³。砂壤土容重在渍水条件下变化较小, 所以容重一直较大, 虽然耕作降低了土壤密度, 但又被淀浆作用而使其很快变大。所以这种土壤耕作区和免耕区容重有较大差异的时间是在耕后十天左右, 少耕区的情况介于常规耕和免耕之间 (图 1)。

土壤紧实度的自调性能也在盆栽试验中得到重现。我们将土壤由人为方法处理成不同紧实度, 灌水移植水稻, 最后土壤容重的自调点均趋向 1.3 克/厘米³ 左右。这同大田容重的变化趋势相一致。盆栽试验中以设计容重 1.4 克/厘米³ (实际为 1.3—1.5 克/厘米³) 的水稻产量最高。可见土壤有自行调节容重的能力。从试验第二年和第三年土壤剖面容重的观察发现, 14—30 厘米处犁底层黄粘土免耕区为 1.36—1.46 克/厘米³, 常耕区为 1.37—1.49 克/厘米³, 砂壤土免耕区为 1.37—1.39 克/厘米³, 常耕区 1.39—1.43 克/厘米³。两种土壤都以常规耕区大于免耕区。显然前者是由于机具对土壤压实所致, 因此, 如果减少或避免机具的压实作用, 土壤有自行降低紧实度的功能。

土壤容重的变化与土壤强度的变化相一致。在耕层范围内, 少(免)耕区土壤穿透阻力始终大于常规耕作区, 这种差异黄粘土比砂壤土尤为显著, 犁底层以下则差异很小, 这说明耕作对于土壤强度有很大的影响 (图 2)。

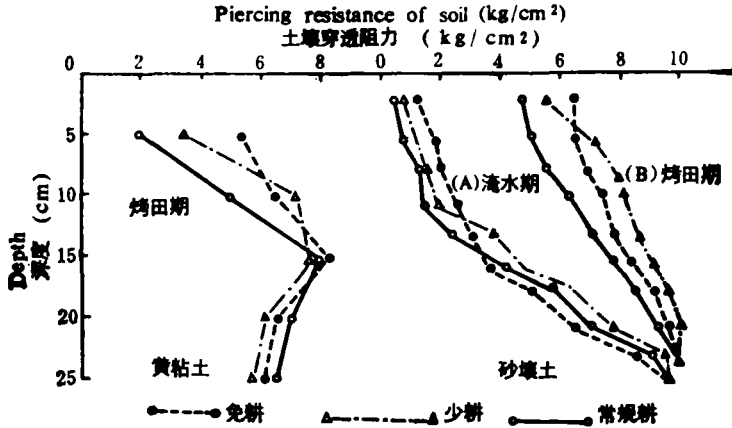


图 2 不同耕法的土壤穿透阻力

Fig. 2 Piercing resistance of soil under different tillage methods

盆栽试验中的土壤穿透阻力与容重的关系以及水分状况对它们之间关系的影响见表

4。

表 4 盆栽条件下土壤穿透阻力与容重的关系及水分状况对两者之间关系的影响

Table 4 The relationship between piercing resistance and bulk density of the soils under different water conditions

土 壤 Soil	处 理 Treatment	不同容重的土壤穿透阻力(kg/cm ²) Piercing resistance of soils with different Bulk density							线性回归方程 Linear regression Equation
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	
黄粘土 Clayey paddy soil	灌水前 Before irrigation	4.00	6.00	14.50	19.50	21.75	24.00	25.50	$y = 38.4821x - 33.5628$ ($r = 0.97^{**}$)
	灌水后 48 小时 After irrigation for 48hr.	1.57	1.70	4.00	5.75	7.25	8.70	9.50	$y = 7.5143x - 4.2733$ ($r = 0.99^{**}$)
	差 值 Difference	2.43	4.30	10.50	13.75	14.50	15.30	16.00	$y = 23.825x - 20.0039$ ($r = 0.93^{**}$)
砂壤土 Sand-loamy soil	灌水前 Befor irrigation	1.00	2.25	12.00	17.25	20.75	23.25	27.50	$y = 46.5179x - 45.6161$ ($r = 0.98^{**}$)
	灌水后 48 小时 After irrigation for 48hr.	1.40	1.57	5.15	5.75	6.05	7.10	8.20	$y = 11.5571x - 9.929$ ($r = 0.96^{**}$)
	差 值 Difference	-0.40	0.68	6.85	11.50	14.70	16.15	19.30	$y = 34.9607x - 35.6232$ ($r = 0.67^*$)

注: 黄粘土灌水前含水量 14.3%, 砂壤土 11.4%。

从表可看出,当含水量一定时,土壤强度随容重的增加而增大,当容重一定时,则强度随含水量的增加而降低。田间测定的结果(图2)也反映出水分状况对强度降低的重大影响。在水稻生长过程中,虽然免耕条件下的土壤容重较大,但土壤强度并没有巨大增加,这是水稻土的一种特有情况。

耕作对于土壤孔隙特性并无显著的改善作用(表5)。少(免)耕区的结构系数¹⁾都较常规耕区高,并且0.25—0.01mm 较大的微团聚体²⁾有增加,而<0.001 mm 粒级含量较少,说明土壤中大部分粘粒参与了较大微团聚体的聚合(图3)。土壤耕作降低了土壤团聚

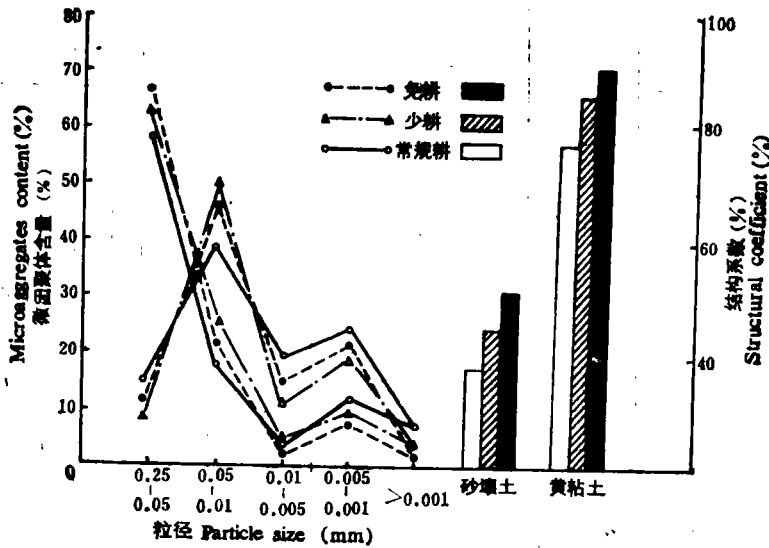


图3 不同耕法下土壤团聚体的变化

Fig. 3 Variation of microaggregate of the soil under different tillage methods

性,因而细度增加。根据两种土壤毛管孔隙的变异系数分析表明(表6)免耕区最小,这说明土体中孔隙分布均一,不论在时间上和空间上都相对稳定。在分蘖期和齐穗期测定的

表7 不同耕作区土壤氧化还原电位(mV)

Table 7 The Eh of the soils in plots under different tillage

处 理 Treatment	砂壤土 Sand-loamy paddy soil						黄粘土 Clayey paddy soil					
	5cm			15cm			5cm			15cm		
	\bar{x}	差异显著性 Significance		\bar{x}	差异显著性 Significance		\bar{x}	差异显著性 Significance		\bar{x}	差异显著性 Significance	
免 耕	303.0	a	A	322.8	a	A	231.6	a	A	296.0	a	A
少 耕	301.5	a	A	313.5	ab	A	168.0	b	A	271.0	a	A
常 规 耕	233.1	b	B	280.4	b	A	125.0	b	A	251.0	a	A

1) 根据“土壤及土质物理性质测定法”一书的 Vageler 公式 $k_c = \frac{(b-a)}{b} \times 100$ 求出, a 为微团聚体分析时的粘粒百分含量, b 为机械分析时粘粒百分含量。
 2) 微团聚体测定采用吸管法。

渗透系数,砂壤土的常规耕区、少耕区和免耕区 K_{10} 分别为 5.87, 8.62 和 10.32 毫米/日(K_{10} 为水温 10°C 时的渗透速度)。土壤的氧化还原电位亦以少(免)耕区高(表 7)。我们在水稻收割后进行土壤剖面形态的观察发现,免耕区土体松散,锈斑多,这也是土壤结构稳定、通透性好的表现。而耕作区土壤含水量较高,土色蓝灰,软绵,即使是砂壤土也有次生潜育化的痕迹。显然,耕作导致了结构破坏,土壤粘闭。

(三) 对土壤养分状况的影响

免耕两年后,表层土壤有机质明显增加,总氮量和速效氮、磷、钾也相应增多¹⁾(图 4),亚耕层的速效性养分中,虽水解氮有所降低,而磷、钾仍有所增加。常规耕区尽管有机质和全氮不减少,而上下层速效养分都普遍降低。

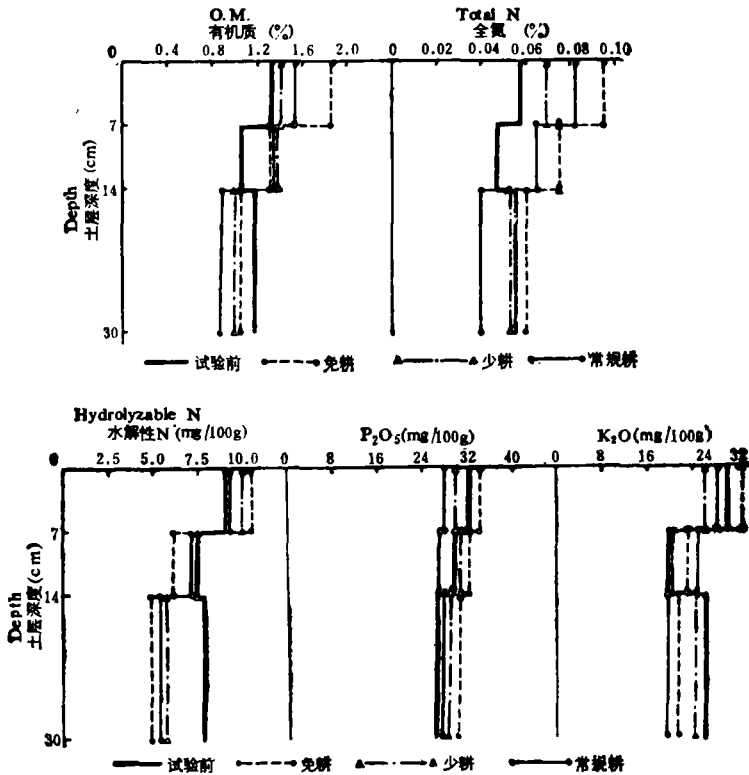


图 4 不同耕法对砂壤土养分分布的影响

Fig. 4 The influence of tillage methods on the distribution of nutrients in sand loamy soil

(四) 对水稻根系生长的影响

三年来田间观察表明,少(免)耕区水稻根粗而且多(表 8),分布较深,颜色白,伤流液的氧化 α -NA 能力都较高,说明根系活力较强,到收获期,大多数根的末端仍保持鲜嫩、

1) 数据由中国科学院南京土壤所测定。

表 8 不同耕作对水稻根系的影响

Table 8 The effect of tillage methods on root system of rice

土壤 Soil	耕作 Tillage method	根数 (条/株) Number of root (per/plant)	根重 (克/株) Wt. of root (g/plant)	根粗 (mm) Diameter of root	白根率 (%) Percentage of white colour root	含水量 (%) Water content	放射角度 (度) Divergence angle of root	伤流量 (毫克/茎· 小时) Bleeding mg/tiller.hr.	氧化 α -NA (毫克/小时·克鲜重) Oxidation of α -NA μ g/hr. (fresh Wt.)	
砂壤土 Sand-loamy paddy soil	免耕	176.3	0.99	0.82	44.6	92.3	140.4	64.1	42.1	62.7
	少耕	137.2	0.92	0.85	45.3	92.1	136.0	61.9	45.4	60.4
	常规耕	134.2	0.77	0.79	38.2	91.5	120.2	54.6	40.2	53.8
黄粘土 Clayey paddy soil	免耕	136.2	0.82	0.83	21.4	89.4	—	71.0	61.5	65.6
	少耕	142.5	0.70	0.80	20.9	89.3	—	71.6	57.7	51.6
	常规耕	97.0	0.57	0.75	14.6	86.8	—	60.5	57.3	57.8

色白。而常规耕区恰相反。从上下层根量的分布看, 少(免)耕区下层根量占总根量的比率大于常规耕区(表9)。同时根的放射度也较大。于分蘖期测定, 免耕区根的固土能力和拔起植株被带上的土都显著大于常规根区(表10)。

表9 不同耕法与水稻根系分布深度的关系(克/穴)

Table 9 The relationship between tillage method and the distribution depth of the rice roots in soil

土 壤 Soil	耕 法 Tillage method	0—7cm			7—14cm			14—30cm		
		鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.	(%)	鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.	(%)	鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.	(%)
砂壤土 Sand-loamy soil	免 耕	17.80	1.28	65.0	4.56	0.46	23.35	2.42	0.23	11.62
	少 耕	14.22	1.15	62.84	4.45	0.48	26.23	2.10	0.20	10.92
	常规耕	11.85	1.00	64.94	3.22	0.40	25.97	1.35	0.13	8.44
黄粘土 Clayey paddy Soil	免 耕	8.92	1.15	70.13	2.89	0.36	27.96	0.96	0.13	7.92
	少 耕	8.61	0.92	66.19	2.91	0.38	21.34	0.83	0.09	6.47
	常规耕	5.54	0.72	63.7	2.46	0.35	30.97	0.44	0.06	5.31

表10 不同耕法与根系抓土能力(斤/穴)

Table 10 The intensity of pulling-resistance of root under different tillage methods (jin/cluster)

耕 法 Tillage method	抓 土 力 Intensity of pulling-resistance			拔起带泥重 Weight of soil kept on plant roots when pulled out		
	\bar{x} Mean	显著性 Significance		\bar{x} Mean	显著性 Significance	
免 耕	6.45	a	A	0.47	a	A
少 耕	5.3	b	A	0.16	b	B
常规耕	5.2	b	A	0.14	b	B

注: 栽插后12天用弹簧秤在田间直接测定。表中数据为30穴的平均值。

(五) 对植株生长的影响

免耕条件下比较肥沃的表土仍保持在耕作层上面, 水稻栽插深度浅而一致。常规耕区上层的肥土, 因耕翻而上下对换, 打乱了土壤纵向肥力垂直分布规律。同时栽插深度很难控制, 深浅不一, 所以少(免)耕比常规耕区有明显的早发特点。分蘖期水稻生长状况的调查表明(表11)少(免)耕区的植株优于常规耕区。从两种土壤不同耕作区的茎蘖动态来看(图5), 分蘖前期少(免)耕区的茎蘖数高于常规耕区, 而至分蘖末期, 由于常规耕区的旺发势头大, 茎蘖数超过少(免)耕区。黄粘土常规耕, 少耕和免耕区的有效穗分别为20.6, 21.3和22.2万/亩, 成穗率分别为46.8, 64.8和65.8%。少(免)耕区都比常规耕区成穗率高。砂壤土也有同样趋势。常规耕区形成大群体, 弱个体的群体结构, 而少(免)耕区群体适中, 株型紧凑, 形成小群体, 壮个体的构型。病丛率、病株率和病情指数均低于常规耕区(表12)。在分蘖期、抽穗期和成熟期的干物质积累测定结果, 免耕区比常规耕区分别提高18.7%, 19.5%和11.6%。这与群体、株型、叶片的空间配置有关, 特别是倒4倒5

表 11 分蘖期不同耕区的植株性状

Table 11 Characteristic of rice plants at tillering stage under different tillage methods

土壤 Soil	耕法 Tillage method	插深 (cm) Transpla- nting depth	单株分蘖 (No./plant)	株高 (cm) Height of plant	茎粗 (cm) Diameter of stem	绿叶面积 (cm ² /per plant) Area of green leaves	叶面积指数 LAI	地上部 (g/per plant) Aerial parts		地下部 (g/per plant) Under-ground parts	
								鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.	鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.
黄粘土 Clayey paddy soil	免耕	1.07	2.5	32.9	0.32	85.9	0.85	2.92	0.61	0.34	0.036
	少耕	2.10	2.2	39.9	0.28	90.1	0.73	3.94	0.80	0.42	0.051
	常规耕	4.50	1.7	33.2	0.26	64.0	0.57	2.23	0.46	0.28	0.029
砂壤土 Sand-loamy paddy soil	免耕	2.2	4.7	58.1	0.41	—	—	5.12	0.89	0.88	0.115
	少耕	2.7	3.7	55.2	0.28	—	—	4.65	0.81	0.67	0.100
	常规耕	4.0	3.2	50.4	0.32	—	—	4.05	0.75	0.66	0.085

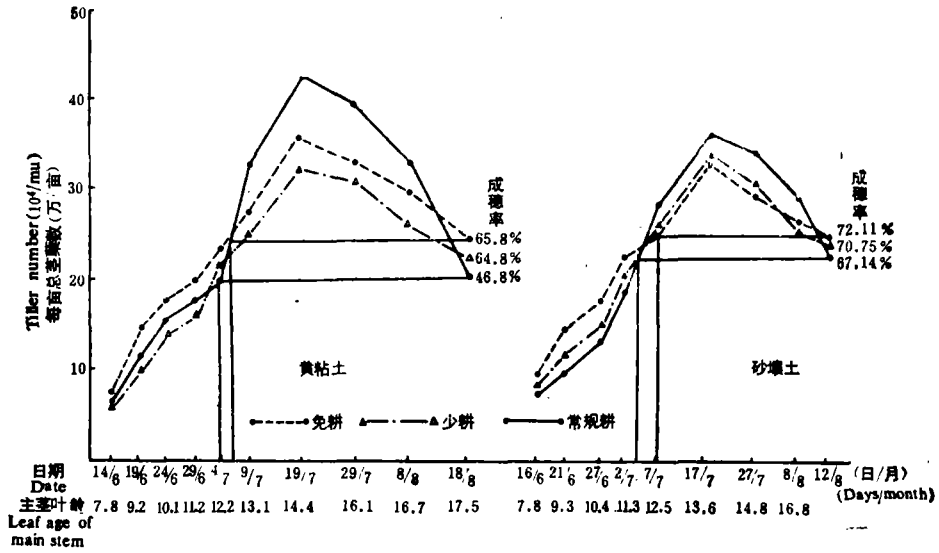


图5 水稻不同耕法的茎蘖动态(1983)

Fig. 5 Fluctuation of tiller number of rice under different tillage methods

叶的长度关系更大，与凌启鸿教授等研究指出倒4倒5两叶的总长度和结实率之间呈显著的负相关 ($r = -0.3044$) 的结论是一致的。

表12 不同耕法对水稻纹枯病发病率的影响

Table 12 The effect of tillage methods on sheath blight incidence of rice

耕法 Tillage method	砂壤土 Sand-loamv paddy soil			黄粘土 Clayey paddy soil		
	病丛率(%) Infected clusters	病株率(%) Infected plants	病情指数 Disease index	病丛率(%) Infected clusters	病株率(%) Infected plants	病情指数 Disease index
免耕	16.7	0.69	0.9	21.7	7.7	1.5
少耕	13.3	3.99	1.3	25.0	5.46	1.2
常规耕	23.3	5.18	2.2	38.3	18.2	5.3

少(免)耕区土壤表层杂草种籽富集，水稻生长前期，灭草任务加重。尤其是第二年免耕区稗草、辣蓼、千金子十分严重，更要加紧灭草，但到了第三年除稗草外，其它两种杂草已很少发现。

三、讨 论

试验结果表明，耕作所创造的土壤疏松状态是短暂的，在没有机械扰动的情况下，由于胶体的膨胀或收缩，作物根系及小动物的作用，土壤的物理环境也在自然地发生变化，并不断地与环境处于动态平衡，不论水稻、小麦或棉花既能适应少(免)耕条件下的土壤自然变化状态，同时还能利用自身的力量积极改造环境，从而达到更理想的生长条件，这是少(免)耕法所以能获得较高产量的重要原因所在。

1982 和 1983 年不同容重的盆栽试验,均以容重 1.3—1.4 克/厘米³之间的产量最高,这与大田免耕区的容重相一致,表明免耕条件下的土壤紧实度有利于水稻生长和高产的形成。Ghildyal 的试验指出^[3],土壤适度压实能提高水稻产量,这也与我们的试验结果相一致,因为水稻 80% 的根系集中在最上面的 7.5 厘米土层中,当容重增加时,单位土壤容积的养分含量也相应增加,这有利于根系对养分的吸收。同时,土壤适当紧实,也有利于养分扩散移动,而在渍水条件下,土壤的机械强度仍然不大。土壤自然状况的紧实度正在作物需要的范围内,故不必加以人为的扰动,否则有害而无益。

少(免)耕保持了土壤的自然结构,使土壤孔隙和前茬作物根系的网络不受破坏,构成了上下连通的体系,这对改善水田的通气性,协调水气矛盾都具有重要作用。同时这些自然孔隙体系在时间和空间上都具有相对的稳定性,这对抵抗外来不良条件和稳定土壤肥力,也有重要意义。娄成后^[4]的研究也得出同样看法。而传统耕作要求把有机肥翻埋到下层,然后上水搅拌耙耩,这既破坏了土壤结构,也使氧化还原电位降低,这种耕作法与土壤自然肥力的发展有矛盾,Prihar^[5]引用 Sur 的研究结果指出,耕翻可使土壤结构的稳定性降低,并导致发生不利的孔隙分布。自然土壤上下层的结构、孔隙、微生物群落及养分分布都大致呈垂直扇形,即上面大下面小的分布,这种分布状况与作物生长的要求是一致的,而传统耕作却破坏了这种规律。水田渍水耩耙对结构的破坏更为强烈,必要的耕作以采用干耕干耙为宜,当然,丘陵地区的梯田或砂质土壤为了防止水分渗漏,则又当别论。

少(免)耕条件下的水稻根系粗壮而活力强的原因可能与土壤 Eh 值较高、有较好的通气性,根系放射角度大,分布范围广,扎根深等有关。穿过犁底层的根量(14—30 厘米)占总根量之比远超过常规耕作,所以在这种耕作条件下,作物根系能改善犁底层的土壤结构。并且由于根系吸收面的扩大,使下层土壤的养分得到利用,这对作物高产十分有利。我们通过根量测定,下层根量与产量有着密切的相关性,1982 和 1983 年 r 值分别为 0.9152**, 0.9471**, 都呈极显著的正相关。日本东京大学川田^[7]对水稻根系的研究结果表明,亩产千斤以下的田块,上层根与产量呈显著的正相关, $r = 0.831$, 而千斤以上的田块上层根与产量相关性很低 $r = 0.313$, 说明要夺取千斤以上的产量,必须增加纵伸根量,从根系分布比例看,少(免)耕对水稻高产有其有利的一面。

少(免)耕区土壤肥力上高下低的特点与水稻对养分的供求相一致,这样的肥力分布能使水稻前期早发,中期稳长,群体适中,株型紧凑,为水稻高产带来三个有利:第一,水稻 95% 以上的干物质来自光合作用,少(免)耕水稻有利早发,前期有较多的叶面积截取光能;中期稳长,叶片挺立有利于层次用光;后期由于根系活力强,延长了上部叶片的生机,从而提高了光能利用率,有利于提高干物质的积累。第二,由于少(免)耕区通透性好,田间湿度低,植株的 C/N 比较协调,有利于增强抗病能力。第三,在少(免)耕试验中,不论黄粘土或砂壤土,不论旱直播或移栽,三年来都表现出少(免)耕有利于提高结实率。

参 考 文 献

- [1] 侯光炯, 1982: 自然免耕理论在水稻和小麦生产上的运用。四川农业科技, 第 4 期, 5 期。
- [2] 吴世忠等, 1980: 稻麦免耕栽培的体会。江苏农业科学, 第 4 期。

- [3] 赵诚斋等, 1981: 苏南地区水稻土的合理耕作的研究。土壤学报, 第 18 卷 3 期, 223—233 页。
- [4] 娄成后, 1979: 现代农业的免耕法。11—19 页, 农业出版社。
- [5] 凌启鸿等, 1982: IR₂ 大面积高产栽培技术途径——兼论小群体、壮个体栽培模式。江苏农业科学, 第 9 期。
- [6] 潘遵谱等, 1983: 灭茬免耕法在太湖地区多熟制水稻土上的利用。江苏农业科学, 第 10 期。
- [7] 川田信一郎, 1982: イネの根。农山渔村文化协会, 128—131 页。
- [8] Ptihar. S. S., 1982: Management of physical environment of soil for increasing crop production. Trans of the 12-th. Inter Cong. of Soil Sci., No5. pp. 3—24.
- [9] Ghildyal. B. P., 1978: Effects of compaction and puddling on soil physical properties and rice growth. Soils & Rice. pp. 318—336.

STUDY OF MINIMUM AND NO TILLAGE ON PADDY SOILS IN SOUTH CHINA

Shao Dasan, Huang Xixi, Tao Giayu
(Jiangsu Agricultural college)

Wang Wanyuan, Yan Jiarui, Xu Jian
(Communist Youth League Farm)

Summary

Experiments of minimum and no tillage on clayey and sand loamy paddy soils were conducted in the farms north of the Yangtze River in Jiangsu from 1981 to 1984. Results of the experiments showed that the rice on the two soils under conditions of minimum and no tillage tended to be increased in yield, as compared with the soils under condition of conventional tillage; the loosenes of the soils could not be kept so long after tillage, while appropriate compactness of the soils was conducive to migration and diffusion of nutrients and their absorption by crop roots in soil; minimum and no tillage was favorable for maintenance of stable structures in soil, resistance of the crops against the harmful condition and coordination of the factors affecting the soil fertility.

Plowing, harrowing and leveling of paddy soil under submerged condition always bring about the deterioration of the structure and puddling of the soil, therefore, it is suggest that tillage should be carried out on the soil under dry condition without turnover of the subsoil, and it is necessary to adopt different tillage methods in combination with the cropping system for establishment of good ecological cycling in soil and reasonable soil tillage system of low energy consumption and high efficiency.