

水稻土晒干措施的增产效果及其与土壤性质的关系*

沈梓培 黄东迈 白綱义 段秀泰

(中国农业科学院江苏分院)

干耕晒垡是水稻土耕作的一项重要措施,为我国农民在水田耕作上的重要经验。其效果与土壤性质、栽培制度及耕作方法有关^[1]。为了进一步明确干耕晒垡对不同水稻土的增产作用,同时探讨这种措施与土壤性质的关系,作者等在研究华东水稻土肥力问题中,曾选择华东地区五种主要水稻土类型进行试验。

一、供试土壤的类型和性质

试验是采取耕作层土样进行的,性质如下:

[I] 分布在丘陵地区,由红壤生成的水稻土,耕作层为浅黄灰色,含锈纹的中壤。(标本采自安徽郎溪、十字铺)。

[II] 分布在太湖湖泊地区,由潜育土生成的水稻土,耕作层为棕灰色,多锈纹的轻粘土。(标本采自江苏无锡、望亭)

[III] 分布在长江冲积三角洲,由草甸土生成的水稻土,耕作层为浅棕灰色,微含锈纹的中壤。(标本采自上海华漕)

[IV] 分布在丘陵地区,由黄褐色土壤生成的水稻土,耕作层为灰棕色,含锈纹及少量微小铁锰结核的重壤。(标本采自江苏、南京、孝陵卫)

[V] 分布于里下河湖泊洼地,由沼泽土生成的水稻土,耕作层为暗青灰色,极少锈斑的中壤。(标本采自江苏兴化县)

五种土壤的一般理化性质如表1。(见第125页)

二、试验设计和方法

试验通过盆栽进行,分干、湿两个处理,土壤标本于种稻前采取,用油布袋密封运回,因此,湿处理的土壤水分即为当地干耕晒垡前的土壤自然含水量。干处理系所采湿土,经过风干,其水分都在5%以下。(见表2)

各处理均不施基追肥,重复4次,每盆用土量折合烘干土7.5公斤。为了研究磷钾肥与沼泽型水稻土干晒措施的关系,第V号土另增一施磷钾肥处理,每盆施过磷酸钙及氯化钾各2.5克,灌水前搅拌均匀,比较其干湿效果。

* 本篇报告中,有关测定有中国农业科学院刘怀旭同志参加进行。

表 1 5 种水稻土类型的一般理化性质

代 号		I	II	III	IV	V
分 析 项 目	土 壤	由红壤发育的水稻土	由潜育土发育的水稻土	由草甸土发育的水稻土	由黄褐土发育的水稻土	由沼泽土发育的水稻土
		pH	KCl	湿土 4.15 干土 3.85	5.90 5.30	6.35 6.20
	H ₂ O	湿土 5.40 干土 4.95	7.00 6.40	7.75 7.40	7.35 7.25	7.65 7.55
有机质	%	1.48	1.97	1.43	1.22	2.19
氮 (N)	%	0.088	0.126	0.100	0.086	0.142
C/N	%	9.7	9.0	8.3	8.2	8.9
钾 (K ₂ O)	%	1.31	1.94	2.47	1.78	2.09
磷 (P ₂ O ₅)	%	0.058	0.154	0.162	0.143	0.118
硅 (SiO ₂)	%	86.27	71.85	72.75	76.93	71.21
铝 (Al ₂ O ₃)	%	7.46	16.18	14.11	12.92	13.75
铁 (Fe ₂ O ₃)	%	2.88	5.81	5.01	4.16	5.18
锰 (MnO)	%	0.129	0.775	0.098	0.098	0.650
钙 (CaO)	%	0.24	0.095	1.10	0.64	0.088
交换性阳离子总量	M. E./100 克土	9.75	23.85	14.45	18.60	20.95
物理性粘粒 (<0.01 mm.)	%	42.36	62.65	45.00	48.44	44.90
容重		1.23	1.25	1.18	1.26	1.20
空隙	%	52.40	53.90	54.10	55.30	55.00
膨胀度	(每 100 cc.)	6.80	15.70	10.80	13.40	20.70

供试品种为胜利秈稻,每盆栽秧苗 3 丛,每丛 2 株,于 6 月 4 日插秧,9 月 17 日收获。水稻生长过程中进行各项生育记载与测产,并测定植株与籽实的氮素吸收总量。

为了探索干燥处理对不同土壤的性质影响,曾辅以室内试验,其方法为用上述供试土壤,分干、湿、湿土加有机肥(加 1.5% 新鲜红三叶草)三种处理,灌水后放于恒温 30°C 中,分期分批测定土壤氧化还原电位值、酸度、氨态氮素及亚铁离子的含量。其中电位测定按通用法,酸度按玻璃电极法,亚铁按通用法^[1]进行。干土作用中氨态氮的测定是取土 40 克,置 250 毫升三角瓶中,加水 120 毫升,置于 30°C 恒温箱中,测定时再加 2.5 NKCl 80 毫升浸提(实际浸提浓度为 1 N),蒸馏法定氮^[2]。

表 2 各类水稻土试验前的含水量(水分 %)

土壤类型	湿处理	干处理
由红壤发育的水稻土	24.89	1.6
由潜育土发育的水稻土	30.89	5.0
由草甸土发育的水稻土	27.83	5.3
由黄褐土发育的水稻土	29.58	3.1
由沼泽土发育的水稻土	27.71	4.2

三、试验结果

各种类型的水稻土,经过干燥处理以后,对水稻的生长发育与产量都有良好的影响。

(一) 土壤干燥对水稻生育与产量的影响

- 从表 3 结果说明:

表 3 各类水稻土干燥后对水稻的增产效果

代 号	I		II		III		IV		V		Vp.K.		
	由红壤发育的水稻土		由潜育土发育的水稻土		由草甸土发育的水稻土		由黄褐土发育的水稻土		由沼泽土发育的水稻土		同 左 (加施磷钾肥)		
	未干燥	干燥	未干燥	干燥	未干燥	干燥	未干燥	干燥	未干燥	干燥	未干燥	干燥	
植 株 高 度	厘 米	108.50	102.50	111.70	124.50	106.20	116.00	106.00	115.50	112.00	122.30	114.60	128.00
	%	100.00	94.47	100.00	111.45	100.00	109.22	100.00	108.96	100.00	109.19	100.00	111.69
总 分 蘖 数	个/盆	17.25	22.00	22.50	31.30	14.50	18.00	15.66	23.50	17.00	29.00	13.50	33.00
	%	100.00	127.53	100.00	139.11	100.00	124.13	100.00	150.06	100.00	170.58	100.00	244.44
穗 数	个/盆	16.25	20.00	18.00	25.00	13.00	16.50	13.00	23.50	14.00	22.50	13.00	25.50
	%	100.00	123.07	100.00	138.88	100.00	126.92	100.00	180.76	100.00	160.71	100.00	196.15
单 穗 平 均 重	克	1.43	1.38	1.82	2.01	1.41	1.70	1.70	1.84	1.64	1.86	1.62	1.79
	%	100.00	96.50	100.00	110.44	100.00	120.56	100.00	108.23	100.00	113.41	100.00	121.60
茎 秆 产 量	克/盆	16.57	21.24	23.69	38.71	12.81	24.14	15.09	32.10	17.98	32.93	15.73	39.86
	%	100.00	128.20	100.00	163.30	100.00	188.00	100.00	212.90	100.00	183.20	100.00	254.29
籽 实 产 量	克/盆	21.61	25.75	30.71	48.99	16.48	26.48	20.93	41.18	21.15	39.91	20.01	46.94
	%	100.00	119.15	100.00	159.52	100.00	160.67	100.00	196.75	100.00	188.69	100.00	234.58
茎秆氮素吸收量	毫克/盆	66	80	94	150	61	96	60	118	75	131	69	164
	%	100.00	121.21	100.00	159.57	100.00	157.37	100.00	183.33	100.00	174.66	100.00	238.00
籽实氮素吸收量	毫克/盆	252	353	340	548	201	299	226	436	245	518	226	539
	%	100.00	140.07	100.00	158.82	100.00	145.00	100.00	195.45	100.00	212.50	100.00	240.90

1. 5种不同类型水稻土, 经过干燥以后, 对水稻的植株生长、分蘖数、有效穗数与产量、植株茎秆与籽实的氮素吸收量, 都显著增加。

2. 由沼泽土发育的水稻土, 结合施用磷、钾肥料, 干燥处理的效果特别显著, 产量增加达1倍以上。

3. 就5种水稻土的干土效果互相比, 如以未经干燥处理的茎秆和籽实产量代表土壤的相对肥力(II号土最高54克/盆, 其次为V39克/盆, I38克/盆, IV36克/盆, 最低为III29克/盆), 而与经过干燥处理的作比较(II号土最高88克/盆, 其次为V73克/盆, IV73克/盆, 再次为III51克/盆, I47克/盆), 则可看出原来肥力较高的水稻土, 如II, 经干燥处理, 产量仍有提高(茎秆籽实均增加大于60%)。原来肥力较低的土壤, 如III, 经干燥处理后, 产量也显著提高(茎秆增加大于80%, 籽实增加大于60%); 原来肥力中等的, 如V、IV, 同样增加产量(茎秆籽实分别增产大于80%及100%左右)。只有红壤发育的I号土原来肥力中等, 但经干燥处理的产量落于最后(茎秆增产小于30%, 籽实增产小于20%), 在无肥栽培中的干土效果最差。如与表1, 5种水稻土的理化性质对照, I号土的特征是有机质中等而酸性甚强, 交换性阳离子总量甚低, 磷、钾含量最少。由此可见,

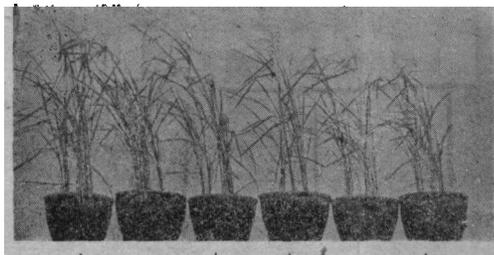
水稻土的干土作用虽与土壤有机质的含量有关,但从实际增产效果来看,是比较复杂的问题,与土壤酸硷反应、交换性阳离子状况及其他矿质营养元素的含量,均有关系。



干燥 未干燥
紅壤发育的水稻土(I)



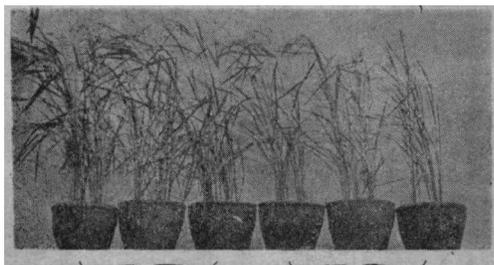
干燥 未干燥
潛育土发育的水稻土(II)



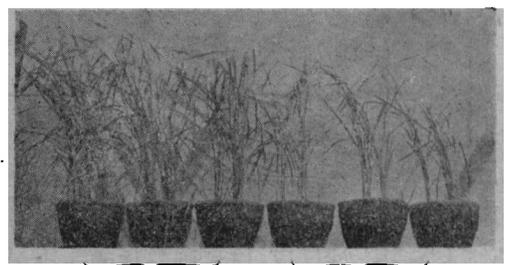
干燥 未干燥
草甸土发育的水稻土(III)



干燥 未干燥
黃褐土发育的水稻土(IV)



干燥 未干燥
不施磷、鉀肥
沼澤土发育的水稻土(V)



干燥 未干燥
施磷、鉀肥

(二) 土壤干燥时对各种水稻土中铵态氮的影响

对不同类型水稻土经过干燥,灌水以后,土壤中铵态氮素的变化表现了不同的消长过程。(见图1)

从以上结果初步看来,干燥处理后,清水期间 NH_4^+-N 的增长情况与水稻土的类型和性质有关。虽然干土作用对 NH_4^+-N 的生成有随土壤中有有机质含量的增多而增加的趋势,但并非完全一致(表1,图1)。特别是土壤酸硷反应的不同,似对 NH_4^+-N 的变化有一定关系。紅壤发育的水稻土,表现了与其他各种土壤不同的增长情况。此外,加施磷、鉀肥料,对 NH_4^+-N 的生成没有显著的影响。

(三) 干土措施对水稻土性质的影响

5种不同类型的水稻土风干灌水以后,在恆温 30°C 条件下,分期测定土壤的氧化还

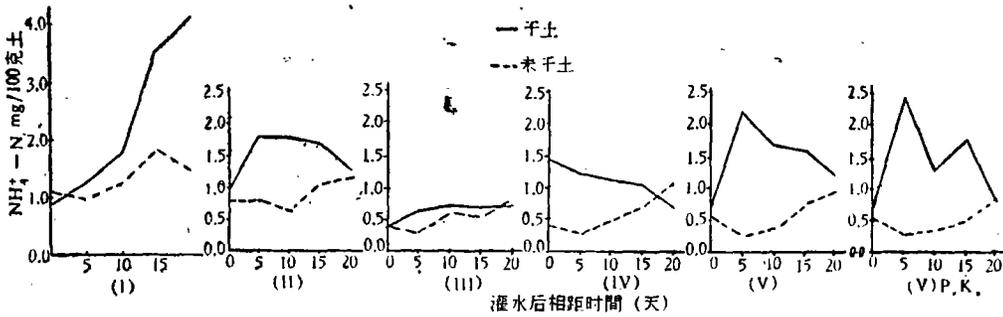


图1 各类水稻土渍水期间 NH_4^+-N 的变化(30°C)

原电位、酸度及亚铁的变化。

1. 氧化还原位势: 风干水稻土灌水后, 在较长时间內其氧化还原电位值都比未风干的土壤低, 一般在灌水后 10 天至半月期间, 土壤 Eh 值迅速降落, 其后随着渍水时间的加长逐渐回升。其渍水期间电位变化幅度较大, 和加施有机肥料的湿润土壤比较几乎是十分一致的。对于未风干的土壤, 除了发育于红壤母质的水稻土外, 其余 4 种水稻土在渍水期间的 Eh 值一般变化幅度甚小, 土壤中氧化还原物质保持了一定程度的平衡状态。发育于黄褐土、红壤、草甸土上的水稻土, 在灌水期间, 干、湿两种处理的 Eh 值彼此相差一般为 100—150 毫伏, 而发育于潜育土、沼泽土上的水稻土相差较大, 一般在 150—200 毫伏之间。

2. pH 值: 在上述测定氧化还原电位的同时, 用玻璃电极法测定了土壤的 pH 值, 结果说明 5 种水稻土不论风干与否灌水后土壤 pH 值都有增高趋势。其增高幅度似与土壤渍水前最初的酸度有关, 酸性愈强的土壤灌水后 pH 值增高也愈大(1—2 pH)。微硷性的土壤, 灌水后 pH 值虽有增高, 但幅度小(0.5 pH 左右), 除了发育于红壤的水稻土在初灌后半月內 pH 值仍有增高趋势外, 其余 4 种水稻土仅在灌水后的 3—4 天内 pH 值迅速增高, 其后又呈下降趋势, 大约在灌水半月以后, 各种土壤的 pH 值都比较稳定。在经过长期渍水的情况下, 弱硷性水稻土的 pH 值较低于最初的 pH 值, 一般接近中性; 而酸性水稻土的 pH 值显著高于最初的 pH 值, 酸性愈强, pH 值增高也愈大, 因此使原来弱酸性的土壤呈中性反应, 原来强酸性的土壤呈微酸性反应。试验结果表明, 干湿两种处理对弱硷性水稻土在渍水期间的 pH 值变化一般无显著影响; 而酸性水稻土则有明显的不同, 酸性愈强, 干湿間 pH 值的差异愈大, 特别是红壤母质发育的水稻土, 干燥处理的 pH 值显著增高, 近似于加施有机肥料后的 pH 值变化情况; 对湿润的酸性水稻土灌水后的 pH 值则无显著变化。在施用有机肥的情况下弱硷性水稻土的 pH 值在 1—2 天内迅速降低, 其后又回升, 其长期渍水后的 pH 值接近于最初的 pH 值, 酸性水稻土的 pH 值在灌水后并无降落现象, 其长期渍水后的 pH 值比最初 pH 值显著增高。

3. 亚铁: 对于 5 类水稻土在渍水期间土壤中亚铁的变化连续进行了为时一个月的测定, 结果一致说明, 凡经过干燥的土壤灌水后土壤中亚铁的含量在整个渍水期间有显著的增加。未经干燥的湿润土, 亚铁的含量在前期很少, 其后虽有所增加但含量仍然很低。在加施有机肥料的情况下, 渍水期间各类土壤中亚铁的含量一般很高, 其中由红壤和草甸土发育的水稻土其亚铁含量近似于干燥处理的变化情况; 而一般有机质含量较高或潜育性强的水稻土, 其亚铁的绝对含量又高于其他土壤, 但如果土壤未经干燥或不施任何有机肥

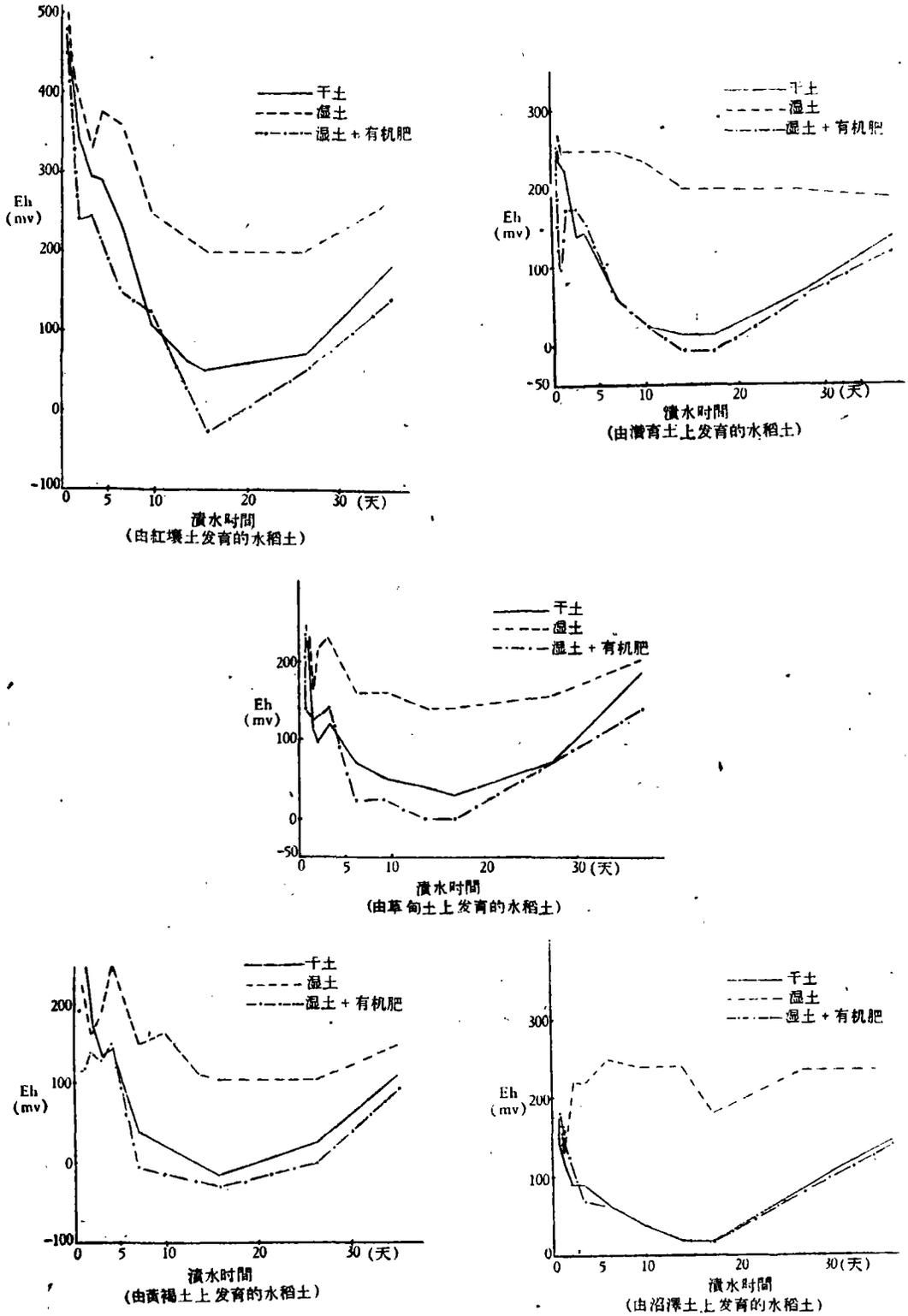


图2 各类水稻土渍水期间土壤氧化还原电位的变化(30℃)

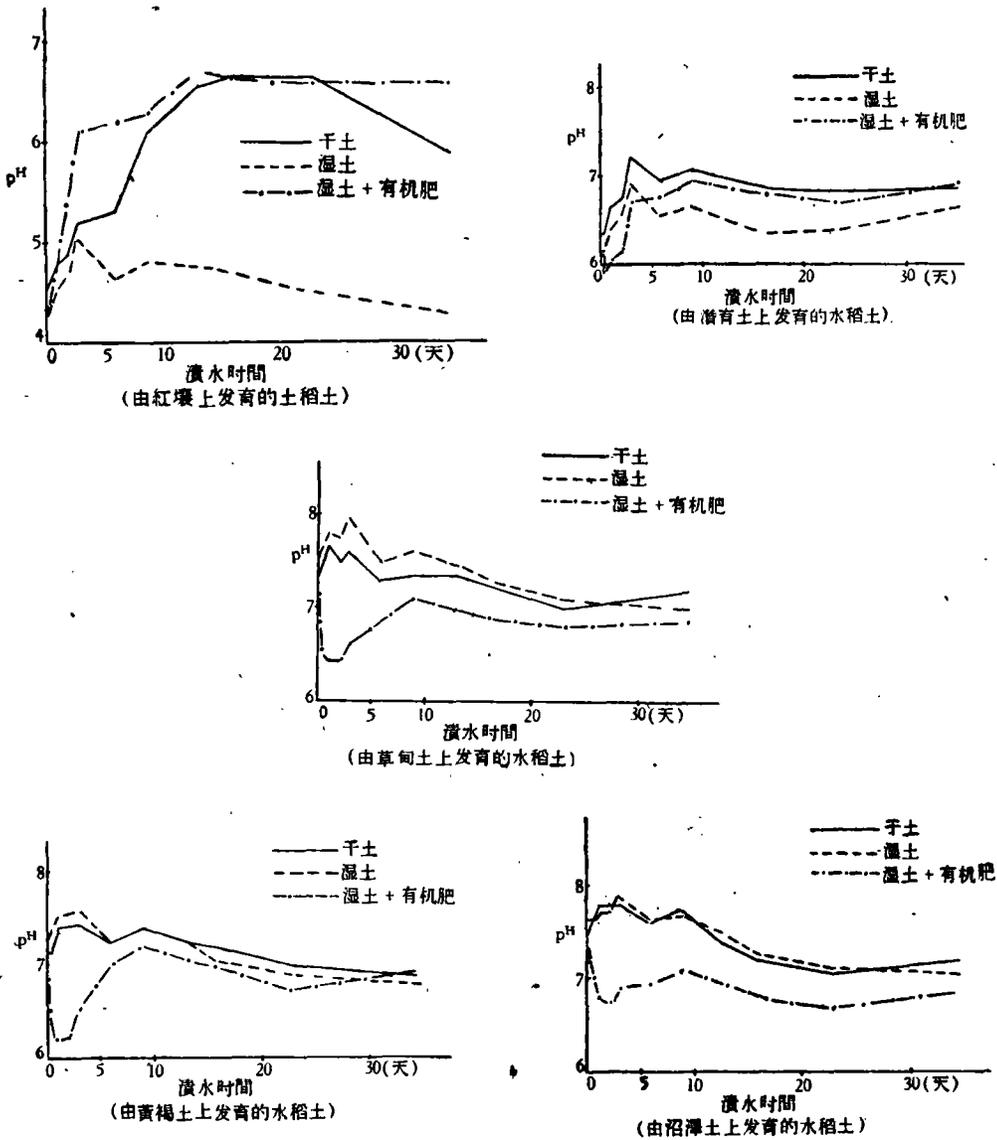


图3 各类水稻土灌水期间土壤 pH 值的变化 (30°C)

料,土壤中原有有机质含量与潜育性状对灌水期间亚铁的形成似无明显的作用,结果同样表明 5 类水稻土中亚铁的增长与前述土壤中氧化还原电位的变化过程是十分相关的。

四、討 論

关于干土作用的效果,许多国家的土壤工作者已进行了不少研究,特别是苏联 A. N. Lebedjantzev^[4] 1942 年有系统的研究报告,研究结果一致肯定干燥土壤对提高肥力有良好的作用,特别对水稻土效果更为明显。但对这种作用的机制目前还没有完全阐明,而就不同土壤进行比较研究的也还不多。从本文报告的试验结果看来,水稻土干土作用的增产效果虽非常显著, NH_4^+-N 的生成对干土作用的增产效果有显著影响,但发生这种效

果的有关因素,是比较复杂的。虽然干土作用与有机质的矿化有很大关系,但不同类型水稻土的干土效果,并不与有机质的含量完全一致。这个原因一方面可能由于所含有机质的成分不同,同时从本试验的结果看来,土壤酸硷反应、交换性阳离子的性状和其他矿质营养元素的含量均有关系。

从本试验的结果看来,干土作用的效果与土壤中所含磷、钾养料的多少似有一定关系。

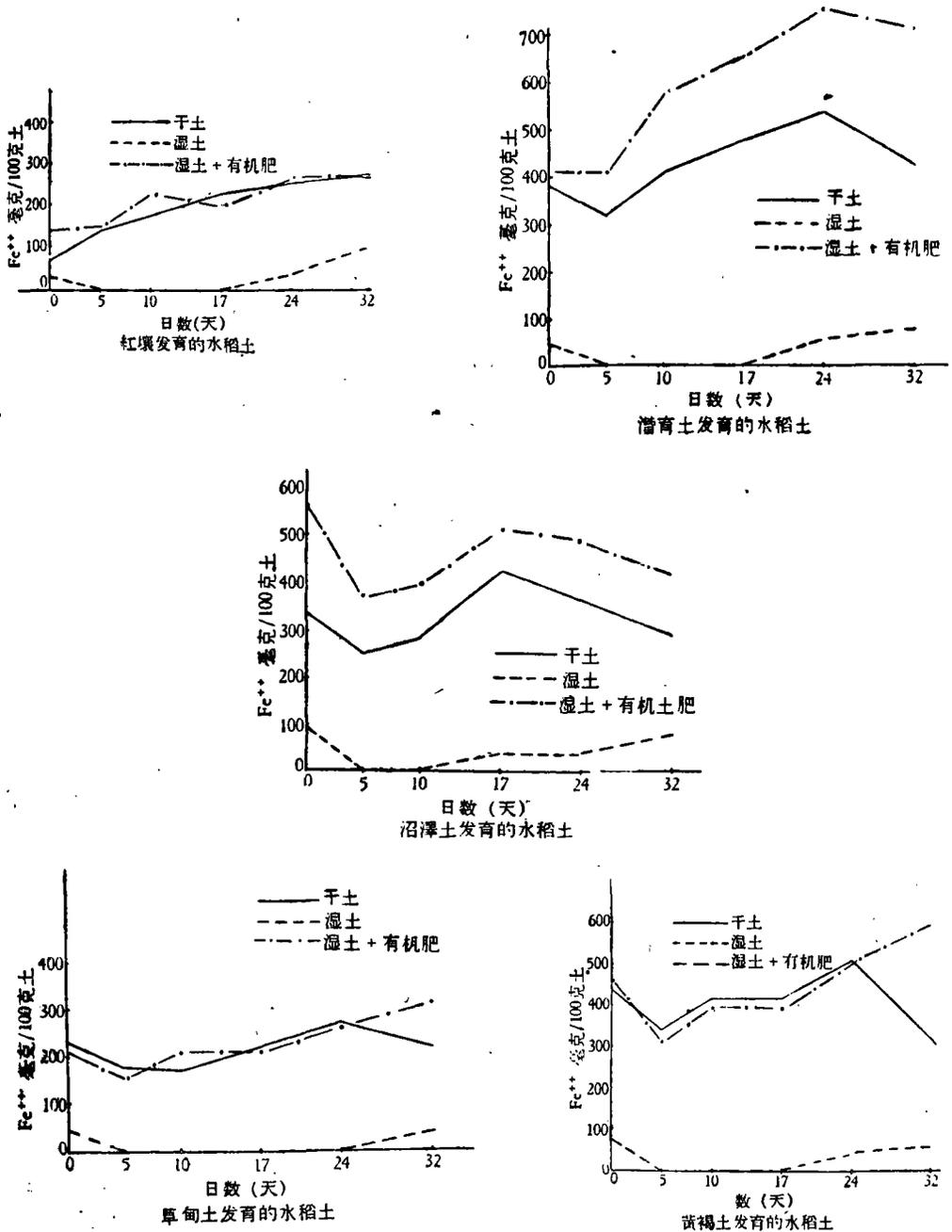


图4 各类水稻土渍水期间亚铁的变化(30℃)

发育于湖泊洼地由沼泽土生成的水稻土,施用磷、钾肥料可以显著的提高干土作用的增产效果。而磷、钾缺乏的由红壤发育的水稻土虽有机质的含量不少,经干燥处理后 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的增加也很明显,但干土作用的增产效果却不显著。关于土壤磷素是否充足与干土效果有关这个事实,苏联弗兰采松教授(B. A. Францесон)^[3]在黑钙土上研究的结果,也是如此。见于本试验结果在施用足够磷、钾肥料的条件下,干土作用中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 并无特殊的增多现象(如图1),但水稻茎秆与籽实对氮素的吸收显著提高(如表3),说明干土效果的主要作用虽然在于充分发挥了土壤中氮素的肥效,但需结合磷、钾的营养,才能获得实际增产的效果。

本文试验的结果,土壤经过干燥以后,灌水的初期是土壤中生物化学作用最为旺盛的一个时期,土壤中铵态氮素、氧化还原电位、酸度、亚铁离子都起显著变化,以后渐趋稳定,土壤的有关肥力的性质也逐渐向着与当时土壤条件相适应的新的状态平衡。稻田土壤的耕作方法中,干湿交替是水稻栽培过程中的重要措施,水稻生长期必须几次排水干田,然后灌溉。我国农民这种很早就有的经验,正说明了上述论点的意义。关于土壤干燥以后,灌水前期生物化学作用最为旺盛,国外的土壤学家如 I. L. Stevenson^[5]、H. F. Birch^[6] 等的研究,也说明同样的问题。

干土作用对土壤 pH 值的变化,在肥力上很有意义。渍水土壤的 pH 值主要是受土壤最初的 pH 值和渍水时间所决定的。酸性愈强的土壤灌水后 pH 值的增高愈为显著, Karunkar 和 Daniel^[7] 的研究中也同样指出了这一现象。但是在酸性水稻土中,最初的土壤干湿状态与有机质的含量是影响渍水后酸度变化的重要因素,最初的酸性愈强,这种影响也愈大。在硷性水稻土中,初灌以后 pH 值虽有所增高,但长期渍水后的 pH 值似有低于最初 pH 值的趋势,有机质含量虽在初灌前期影响硷性水稻土的 pH 值变化,但对长期渍水后的 pH 值并无明显的作用,而最初的土壤干湿状态对硷性水稻土灌水后的 pH 值变化亦无显著影响。

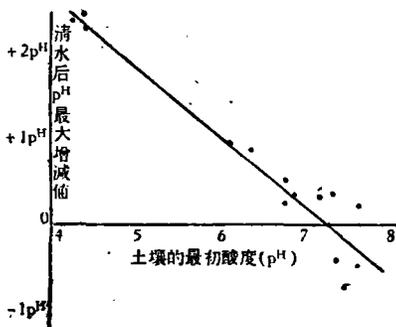


图5 土壤最初 pH 值对渍水后 pH 值变化的影响

灌水期间,土壤 pH 值的变化虽然是一种可逆的过程,但是这种变化与某些水稻土肥力的发挥有密切的关系,正如图1所示,发育于红壤母质上的水稻土,虽然有机质含量不高,但其干土作用中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的增加十分显著,有理由相信,灌水后土壤 pH 值的增高,可以促进土壤有机质的分解、提高土壤中铵态氮的含量。为了进一步证实这个问题,曾以不同 pH 值的缓冲液进行了干土效果的测定。(见图6)

以上结果说明土壤 pH 值的提高,对促进干土效果的作用十分明显。当然另一方面, pH 值也在很大程度上受到有机质分解的影响。红壤发育的酸性水稻土,由于土壤干燥促进灌水后 pH 值的增高,使有机质的分解获得有利条件,从图1和图3比较,可以看出 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的增长曲线和 pH 值的提高曲线一致,表现与其他几种土壤不同的情况。虽然红壤发育的水稻土 pH 值的增高并未超过其他几种土壤,而 $\text{NH}_4\text{-N}$ 发生特多的原因尚待进一步研究,但土壤种类性质不同, pH 影响有机质矿化的作用程度当也有所不同。至于这种作用在

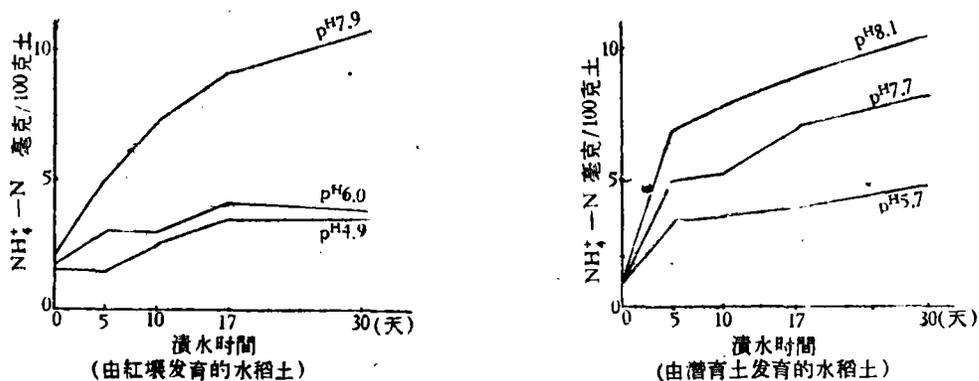


图6 渍水期间土壤 pH 值变化与 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的增长关系(30°C)

盆栽试验的产量上并无良好表现，当系受到本试验所用的红壤发育的水稻土其他肥力因素较差的限制。

五、提 要

本文对华东地区 5 种不同类型水稻土干土作用的增产效果进行了研究。凡经过干燥处理的水稻土，对水稻的植株高度、有效分蘖数以及单穗重量一般都有良好影响，因此水稻产量均有增加趋势、特别是配施磷、钾肥料，增产尤为显著。

从本文试验的结果看来，虽然干土作用与有机质的矿化有很大关系，但土壤 pH 值、交换性阳离子及其他矿质营养元素均有影响。磷、钾的关系尤为密切。

土壤的干干湿湿是稻田耕作上的一个重要问题。本文讨论了干湿过程对渍水期间各类水稻土的铵态氮素、氧化还原电位、酸度、亚铁离子的影响，指出稻田初灌以后的前期是土壤中生物化学作用最为旺盛的一个时期，而稻田耕作上的干干湿湿，是影响土壤中氧化还原平衡体系的一项有力措施。在水稻栽培期间，这种平衡体系的破坏与建立是促进水稻土有机物的矿化和发挥稻田潜在地力的必要过程。

本篇着重讨论了渍水土壤酸度变化的规律及其影响，同时指出土壤酸度变化与发挥水稻土潜在地力的关系。

参 考 文 献

- [1] 黄东迈、张柏森：1957。水稻田干耕及湿耕对土壤中氮素转化及水稻产量的影响。土壤学报 5(3)：223—233。
- [2] 中国农业科学院华东农业研究所编：1958。土壤肥料分析法。
- [3] В. А. Францесон, Н. П. Исаенко, С. П. Горбунова: 1957. Сохранение и повышение плодородия почвы при освоении целинных земель. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, Москва.
- [4] A. N. Lebedjantzev, : 1924. Drying of soil as one of the natural factors in maintaining soil fertility. *Soil Sci.* 18: 419—447.
- [5] I. L. Stevenson: 1956. Some observations on the microbial activity in remoistened air-dried soils. *Plant & Soil* 8(2): 170—182.
- [6] H. F. Birch: 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and Nitrogen availability. *Plant & Soil* 10(1): 9—31.

- [7] P. D. Karunkar and F. L. Daniel: 1950. Preliminary studies on pH fluctuations in rice soils during the growth of rice plants. *Ind. J. Agri. Sci.* 20: 173—184.
- [8] 黄东迈, 李錫涇: 1955. 水稻生长期間土壤中銨态氮素及亞鉄的变化土壤学报 3(2): 83—89.
- [9] Mitsui: (日)1956. *Inorganic Nutrition, Fertilization and Soil Amelioration for Lowland Rice*, Tokyo.
- [10] F. N. 彭拉姆帕魯馬(錫兰)著(刘志光等譯): 1959. 漬水土壤的化学与水稻生长的关系. 科学出版社.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕННОГО ПРОСЫХАНИЯ РИСОВОЙ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ РИСА И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СВОЙСТВА ПОЧВ

Шэн Чжи-пэй и др.

(Резюме)

Данная работа посвящена исследованию по влиянию временного просыхания почв на повышение урожайности на пяти разных типах рисовых почв восточных Китая. Временное просыхание рисовых почв оказывает положительное влияние на высоту растения, эффективное кушение и вес колосьев, что приводит к повышению урожайности риса. Это особенно заметно при совместном внесении фосфор-калийных удобрений.

Из результата данного исследования видно хотя временное просыхание в значительной степени связано с минерализацией органических веществ, но оно особенно тесно связано со значением рН почв, обменными катионами, и другими минеральными питательными элементами, особенно с фосфором и калием.

Временное просыхание и затопление почв является одним из важных вопросов в обработке рисовых почв. В данной работе обследован процесс влияния временного просыхания и затопления на амониачный азот, окислительно-восстановительный потенциал кислотность и восстановленный ион железа в период затопления на разных рисовых почвах. Было показано, что в начале затопления рисовых полей наблюдается период самого энергичного Биохимических процессов чередования временного просыхания и затопления рисовых полей при обработке является одним из эффективным приемом, влияющем на систему окислительно-восстановительного балансирования. В процессе вичитации риса нарушение и снова создание такой системы балансирования является необходимым процессом, содействующем минерализации органических веществ и влияющем на потенциальное плодородие рисовых полей.

В данной статье обсуждена закономерность изменения кислотности затопленных почв и их влияние. Вместе с тем, показана связь изменения кислотности почвы с выявлением потенциального плодородия почв.