

烤田作用的初步研究*

程云生 趙国驊

(中国科学院土壤研究所)

我国农民长期以来对水稻的灌溉技术十分重视。烤田就是农民群众争取水稻高产的一项重要措施,并积累了极其丰富的实际经验。“沈氏农书”中对烤田已有很多记载^[1],如“立秋边,或藪干,或耘干,必要田干裂縫方好”,以说明烤田的时期;古人云:“六月不干田,无米莫怨天”,说明烤田的重要意义;“惟此一干,则根脉深远,苗干蒼老,結莠成实”,说明烤田的作用;“干在立秋前,便多干几日不妨;干在立秋后,才裂縫便要車水”,说明烤田的程度。

全国农业劳动模范陈永康同志认为水浆管理要看土、看苗灵活掌握。在水稻幼穗分化前特别重视烤田,这次烤田能促进根系向下札深,使稻株长得“清秀老健”,有利于壮秆、大穗,而不易倒伏。烤田的原则是:肥田、土烂、苗旺要重烤;瘦田、土硬、易板結的漏水田只能輕烤或不烤^[2,3,4,5]。

烤田已有很多经验,但在作用和实质方面还缺少研究。一般多从植物生理、植物营养和土壤养分供应来进行研究^[3,6,7,8,16],从土壤环境方面来研究的资料很少^[9]。

水稻栽培中的水浆管理包括水层灌溉、烤田和干干湿湿三种。实际上这是灌水和排水(烤田)相互交替的过程。过去的研究^[6,11,16,20]指出,水层与烤田对水稻生长发育各个阶段的作用是不相同的。灌水可促进水稻的生长发育,有利于体内物质的积累;而排水烤田对水稻地上部的生长起着暂时抑制的作用,对地下部根系则起促进的作用。从土壤方面来说,灌水和排水有调节土壤肥力因素的作用。在水稻的任何生育时期烤田对于土壤肥力因素的作用都是一样的,只有程度的不同。据群众经验,水稻拔节一分化期的烤田比较重要;因此,本文挑选水稻生长中期的烤田为研究的对象。

試驗处理和方法

本試驗是1962年与中国农业科学院江苏分院植物生理生化系协作在该院孝陵卫灌溉試驗大型水泥池中进行。試驗土壤为下蜀系黄土母质所发育的水稻土(馬肝土),质地为粗粉质中壤土,肥力水平中等。土壤耕层的主要理化性质列于表1。

表1 試驗田耕层土壤基本性质

机械组成%(毫米)				质地名称	比重	浸水容重	pH	有机质(%)	全氮(%)	代换量(毫克当量/100克土)
細砂 0.25—0.05	粗粉 0.05—0.01	粘粒 <0.001	物理性粘粒 <0.01							
2.8	53.5	20.1	43.7	粗粉质中壤土	2.67	0.67	6.0	1.58	0.095	14.99

* 本文系总结陈永康经验工作的一部分。文内部分资料承中国农业科学院江苏分院汪宗立和我所朱兆良、张精一等同志在未发表前允许应用。本文曾经熊毅教授审阅指正。作者在此一併致謝。

試驗处理为长期水层(对照)和水稻生长中期排水烤田二种。試驗小区面积 0.1 亩。試驗期間关闭水泥池底部活塞以防水分滲漏,灌溉水源是自来水,小区重复三次。

供試品种为晚稻老来青,6月6日移栽,密度 5×6 寸,每穴5株。植株于6月12日开始返青,7月2日分蘖停止,7月20日拔节,8月3日幼穗分化,9月6日抽穗,10月上旬受颶风暴雨袭击发生严重倒伏,11月5日收获。

水浆管理是在烤田前后均保持3—6厘米的水层,7月14—20日所有处理小区均排水輕烤田6天,以后烤田处理小区在8月14日开始排水烤田8天,于8月22日复水。原来希望达到重烤的目的,因烤田期間一方面由于曾經多次降雨(17/VIII, 18/VIII, 21/VIII和22/VIII分別降雨为12.4, 2, 5.8和28毫米),另一方面由于水稻正值幼穗分化期,不宜重烤,所以这次烤田的程度比一般情况較輕,田面未見裂隙,但不陷脚可留有足迹。

試驗期間观测的項目及其相应的方法如下:

1. 土壤含水量: 定期分层钻取土样,用烘箱法測定。耕层土壤四次重复,下层土壤三次重复。
2. 土壤温度: 用曲管式酒精地温計定点装置于土壤一定的深度,烤田期間分別于近地层气温每日最低的5时和最高的15时观测温度各一次。
3. 土壤强度: 用环刀分层采取原状土样或直接在田間以瑞典錐形强度仪測定,以单位截面的阻力(克/厘米²)表示之^[17],重复測定12—20次。
4. 土壤氧化还原电位: 用我所附属工厂試制的两用仪以铂电极和甘汞电极直接在田間測定,重复30—50次。
5. 土壤空气組成: 在有水层的情况下,土壤空气的采集是在田間固定一采样区(面积约2平方米),用漏斗倒置在水层下土层上,并与采取和貯存的气体吸量管相連通,以灌溉水充滿使其中不具有任何气泡,而通过漏斗采取土壤空气导入气体吸量管,其容积約为130毫升。在无水层的情况下,則是用簡易取气钻打入土层中吸取土壤空气样本^[10]。三次重复。然后将貯有土壤空气的气体吸量管携至室内,用改装的奥氏气体分析仪(主要是改制了量气管部分,使其精确度对CO₂是0.01%,对O₂是0.05%)以25% NaOH溶液吸收CO₂和5.8%焦性沒石子酸碱性溶液吸收O₂来測定土壤空气中CO₂和O₂的容积百分含量^[22]。甲烷是用国产檢定沼气光学干涉仪測定的。
6. 水中溶解氧: 采用一般通用的碘量法^[18]。

試 驗 結 果

(一) 烤田对土壤水、热状况的影响

种植水稻的土壤,长期处于漬水条件下,其土壤水分状况与旱作土壤有所不同。土壤水分运行大多以自由态水向下滲透、旁流以及蒸发与蒸騰,排水落干田面可排去过多的水分,更多更快地調节土壤的空气及其他肥力因素以利水稻生长的需要^[3,4,6,7]。

但是,由烤田所引起的土壤脫水程度和土壤物理、化学、生物特性变化的研究資料还很少。过去工作^[9]曾指出排水烤田只能影响到40—50厘米土层以上的土壤水分,以下各层几乎没有影响。本文观测結果也有类似的情况(表2)。从表2中可以看出,排水后土壤耕层(0—20厘米)含水量的变化是比較显著的,向下每加深5厘米土层的含水量变化

表 2 烤田对土壤含水量的影响(%) (1962)

处理 深度 (厘米)	对 照			烤 田											
	13/ VIII	22/ VIII	8/IX	13/ VIII	16/ VIII	17/ VIII	18/ VIII	20/ VIII	21/ VIII	22/ VIII	24/ VIII	25/ VIII	27/ VIII	30/ VIII	8/IX
0—5	53.7	55.3	51.5	54.3	52.1	45.0	56.4	50.9	46.7	39.9	56.9	54.1	50.7	53.3	49.7
5—10	47.9	52.2	46.3	42.7	38.5	37.8	41.4	40.6	37.5	36.6	43.1	42.5	42.6	47.4	42.9
10—15	42.2	42.7	38.0	37.2	32.4	35.9	35.4	36.8	36.4	33.4	39.3	36.5	37.7	36.8	36.8
15—20	31.1	34.0	31.0	30.5	29.6	29.5	31.0	29.4	30.5	25.4	31.7	27.1	29.3	30.8	31.3
20—30	未	28.3	未	未	27.8			未		27.9	未	26.7	26.8	27.1	未
30—40	测	25.3	测	测	27.1			测		27.4	测	24.8	25.9	27.9	测
40—50	定	31.8	定	定	28.0			定		28.2	定	27.3	27.8	27.5	定
50—60	定	28.9	定	定	30.2			定		27.9	定	28.4	28.5	28.9	定

幅度是递减的。20 厘米以下的含水量变化是极不显著的；这和对照处理总的趋势是一致的。

这次烤田虽然持续了 8 天，但土壤含水量的降低仅有百分之十几，这是由于烤田期间多次降雨的结果。所以，复水前(22/VIII)土壤仍然保持着相当高的含水量(35% 以上)，烤田措施没有达到预期的目的，对土壤性质的改变也不够剧烈，对水稻生长的影响也不十分显著。但烤田对土壤性质的变化还是可以看出来。

土壤脱水直接影响土壤温度的变化，因为水层具有一定的保温和调节温度的作用，脱水之后，土壤与大气接触可受气温变化的影响；并且降低土壤的比热(水的比热最大等于 1)。这种情况明显地反映在昼夜温差的变幅上，土壤脱水后的水热状况与具有水层的条件完全不同。虽然烤田处理与对照中土壤温度变化的趋势是一致的，但烤田土壤的昼夜温差超过对照约 1 倍左右，尤以耕层更为显著(图 1)。土壤昼夜温差的变化不但影响土壤中养分的转化，对水稻体内物质的积累也起着一定的作用^[4]。

(二) 烤田对土壤软硬程度的影响

由于排水烤田引起土壤脱水，可使土壤逐渐沉实，并收缩变紧，其结果是使土壤从软变为板硬，不利于土壤养分的释放，阻碍水稻根系的吸收作用，从而对水稻产生了暂时的抑制作用，使根系向土层深处下扎，这对水稻灌浆速度、籽实饱满以及防止早期倒伏有着一定的作用^[4,9]。

由土壤容重的结果(表 3)可以看出，土壤脱水可使土壤耕层(5—15 厘米)容重增大，反之则减小。这样的结果与我们过去的工作^[4]和 Haines^[23]的研究是一致的。但这只反

表 3 烤田对土壤容重的影响(克/厘米³) (1962)

处理 深度 (厘米)	对 照			烤 田											
	13/ VIII	22/ VIII	8/IX	13/ VIII	16/ VIII	17/ VIII	20/ VIII	21/ VIII	22/ VIII	24/ VIII	25/ VIII	27/ VIII	30/ VIII	8/IX	
0—5	1.04	0.97	1.03	1.05	1.04	1.09	0.94	0.97	1.04	1.03	1.02	1.05	1.02	1.07	
5—10	1.13	1.04	1.11	1.16	1.26	1.23	1.20	1.20	1.11	1.21	1.18	1.26	1.14	1.16	
10—15	1.18	1.23	1.31	1.23	1.38	1.25	1.25	1.28	1.34	1.29	1.32	1.32	1.33	1.31	
15—20	1.47	1.42	1.46	1.47	1.46	1.45	1.43	1.45	1.56	1.44	1.56	1.48	1.47	1.45	

映出土壤固、液、气三相变化的情况,还不能说明土粒相互粘合及根系交織使得土壤变紧

而对外界所产生的力。为此,我們用土壤强度仪以测定土壤单位截面上所能承受的力(表4),可以清楚地看到:由于土壤脱水使土壤变紧的程度,反映在土壤强度上是比反映在土壤容重上更为清楚些(参见表3)。结果表明,土壤强度是随着水稻生长而增加,特别是烤田处理对土壤强度的增高,更为明显,烤田在复水前(22/VIII)的土壤强度比对照高出4倍以上。复水后虽可降低土壤强度,但仍比对照处理为高。土壤强度增高可使水稻根系有一个牢固的扎根基础。这在水稻生长后期是相当重要的,不仅可使水稻茎秆粗壮,有利于物质的积累和运转,还可以防止过早倒伏而影响籽粒灌浆和饱满^[4]。

(三) 烤田对土壤空气状况的影响

烤田既对土壤软硬程度发生深刻的影响,必然会反映在土壤三相比例的分配上。从土壤三相容积比中可以看出(表5),土壤脱水后土壤气相容积的改善情况,由烤田前(13/VIII)土壤气相的容积只有5%,到复水前(22/VIII)可增至11%以上。同时,复水后土壤气体含量的减低也很快,其容量稍低于烤田前的水平,而与对照相近。

烤田不仅增加土壤空气的容量,还改善土壤空气的组成。从表6可以看出,氧气含量随烤田程度的加剧而增高。这是由于土壤空气与大气进行强烈交换的结果;其他途径如水稻根系和低等植物(藻类)泌氧的可能性通过与对照处理相比较,可以清楚地看到是

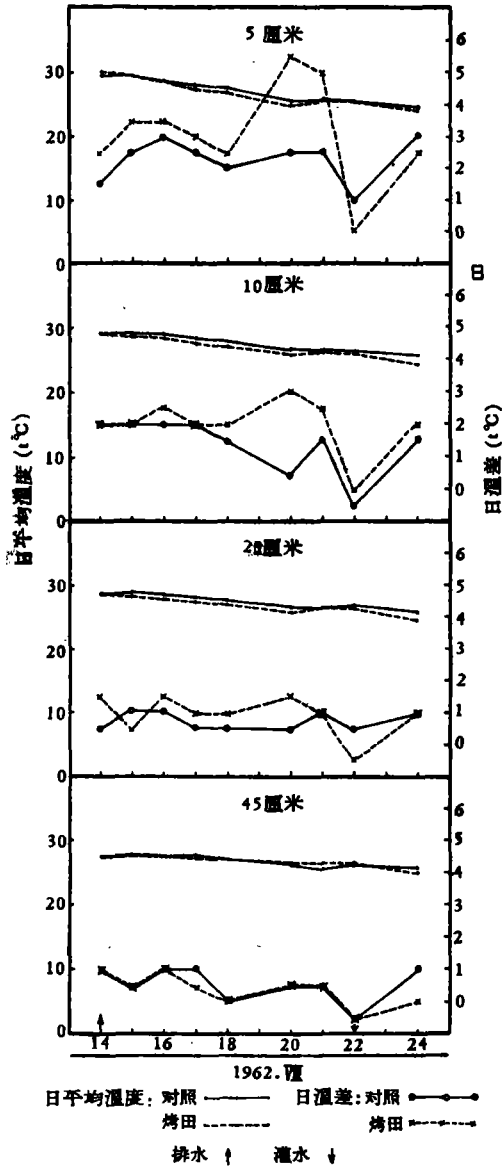


图1 烤田对土壤温度的影响

表4 烤田对土壤强度的影响(克/厘米²)(1962)

处 理 深度 (厘米)	对 照			烤 田							
	13/VIII	22/VIII	8/IX	13/VIII	16/VIII	20/VIII	22/VIII	24/VIII	25/VIII	27/VIII	8/IX
0—5	55	66	125	55	65	225	305	113	119	112	167
5—10	118	110	160	120	183	442	405	164	153	272	227
10—15	313	—	373	343	388	—	819	—	—	363	293
15—20	684	—	695	684	—	1300	1917	—	991	1042	815

表 5 烤田对土壤耕层(0—20 厘米)三相容积比的影响(%) (1962)

处 理	对 照			烤 田										
	13/ VIII	22/ VIII	8/IX	13/ VIII	16/ VIII	17/ VIII	20/ VIII	21/ VIII	22/ VIII	24/ VIII	25/ VIII	27/ VIII	30/ VIII	8/IX
固 相	44.8	43.4	45.7	45.7	47.8	46.8	44.7	45.4	47.0	46.3	47.3	47.5	46.2	46.5
液 相	51.4	51.9	49.9	49.3	47.7	45.8	46.2	45.5	41.6	51.8	48.9	49.8	50.6	49.1
气 相	3.8	4.7	4.4	5.0	4.5	7.4	9.1	9.1	11.4	1.9	3.8	2.7	3.2	4.4

表 6 烤田对土壤空气组成的影响(容积%) (1962)

处 理	组 成	13/VIII	16/VIII	20/VIII	24/VIII	25/VIII	27/VIII	30/VIII	8/IX
对 照	O ₂	5.80	4.95	4.60	4.60	3.90	4.05	3.95	4.45
	CO ₂	8.77	8.93	7.95	5.70	8.20	7.10	8.72	5.95
	CH ₄	8.48	13.80	14.50	21.00	18.80	16.80	4.50	—
烤 田	O ₂	5.05	17.90	13.30	8.55	8.10	8.80	8.05	7.75
	CO ₂	8.65	12.10	6.01	4.17	8.50	6.70	7.87	7.45
	CH ₄	—	—	0.65	1.70	4.10	—	3.27	—

很小的。同时,烤田处理所增加的氧气在复水以后仍可维持在 8% 左右,这对土壤氧化还原条件及水稻根系所处的环境是有一定影响的^[1]。另外,烤田对 CH₄ 的发生还起着一定的抑制作用,在一定程度上会改善水稻根系所处的不良环境。

当土壤脱水以后,土壤直接与大气接触,由于土壤中空气状况的改善而反映出氧化还原电位的急速升高(图 2)。复水前烤田处理的电位高达 500 毫伏以上,而对照却几乎没有改变,复水后电位又迅速下降,但较对照还是要高。这说明植稻土壤的氧化还原电位变化的主要原因之一就是土壤中空气组成的改变。

土壤空气中 CO₂ 含量的变化忽高忽低,无明显的规律性。土壤空气中的二氧化碳主要来自土壤中的生物活动和植株根系的生命活动,它是有机物质分解和生物呼吸作用的最終产物之一。如土壤中积累大量的二氧化碳,将使植株根系活力减弱,以至最后失去生命活力。所以烤田改善土壤的通气可以更新植株生长的土壤环境。

烤田既然引起土壤空气的组成发生变化就不能不引起土壤液相溶解气体的变化。表 7 的结果指出,烤田中渗漏水中所溶解的氧都比对照处理的多。烤田时渗漏水中溶解的氧气从 8 月 14 日的 0.65 毫克/升(25℃)上升到 8 月 22 日的 1.69 毫克/升(24℃),增加了将近 2 倍。复水后仍然保持着相当高的水平,比对照仍高出很多。如果将其含量换算

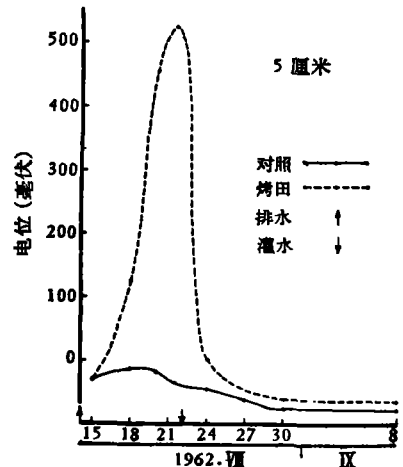


图 2 烤田对土壤氧化还原电位的影响

表 7 烤田对土壤潜漏水中溶解氧含量的影响(1962)

处理	项 目	14/ VIII	16/ VIII	18/ VIII	20/ VIII	22/ VIII	24/ VIII	25/ VIII	27/ VIII	30/ VIII	8/IX	田面水 25/ VIII	灌溉水 27/ VIII
对照	含量(毫克/升)	0.59	0.58	0.55	0.78	0.78	0.77	0.87	0.91	0.72	1.09	1.39	6.48
	温度(°C)	26.0	27.0	27.0	25.0	25.0	24.5	24.5	23.5	23.5	22.5	23.0	25.0
	饱和度(%)	7.0	7.0	6.6	9.0	9.0	8.9	10.0	10.3	8.2	12.1	15.6	75.2
烤田	含量(毫克/升)	0.65	0.54	0.56	0.83	1.69	1.73	1.86	1.67	1.63	1.64	2.85	
	温度(°C)	25.0	29.0	28.0	25.0	24.0	24.0	23.5	23.5	22.5	22.5	22.5	
	饱和度(%)	7.5	6.7	6.8	9.5	19.3	19.7	21.2	18.9	18.5	18.3	32.0	

成相对饱和度(亦称标准含量百分数)则更为明显。这就是说,烤田所引起的这些变化将会持续相当长的时期,可能有利于水稻的生长发育。

上述条件对土壤中氮素的转化也起着一定的作用。根据朱兆良的研究结果,土壤中

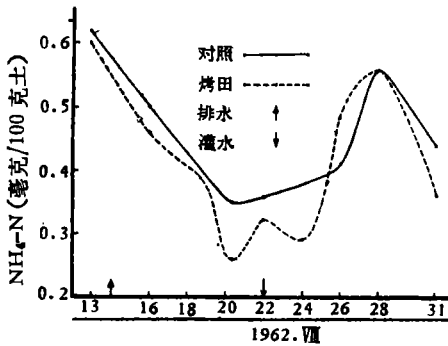


图 3 烤田对土壤耕层 NH_4^+-N 的影响
(朱兆良、张精一)

对水稻吸收利用最有效的氨态氮的含量是随着烤田而减低,复水后又有逐渐上升的趋势(图 3)。这种情况可能与土壤中微生物的分解活动及本身细胞的形成有关。因此,我们认为烤田对于土壤中有效氮素可以暂时抑制,而复水后又可将其重新调动。

(四) 烤田对水稻生长发育的影响

根据水稻拔节—分化期的烤田研究结果,烤田对水稻生长是可以起一定的抑制作用,特别是地上部分。从植株干重的结果中(表 8)可以看出,烤田处理的单株干重是小于对照的,并且其增长速度亦小于对照。从植株伤流量的测定结果(图 4)可以看到,烤田对水稻根系活力有一定的抑制作用,而复水后又大大提高根系的活力。从水稻主茎单位长度干重的测定结果(图 5)同样证明水稻这个时期的烤田对其壮稈是有利的。

表 8 烤田对植株干重的影响(克/株)(1962)

处 理	13/VIII		22/VIII		6/IX	
对 照	5.65	100	7.75	137	7.40	131
烤 田	8.82	100	9.21	109	9.70	110

(朱兆良、张精一)

讨 论

(一) 土壤软硬度指标的确定及其意义

植稻土壤需要由软烂逐渐变为板硬,这是我国农民在生产实践中所积累的经验。陈永康同志在培育水稻高产时能因土灵活掌握这一变化过程^[4,12]。水稻生育的各个时期对

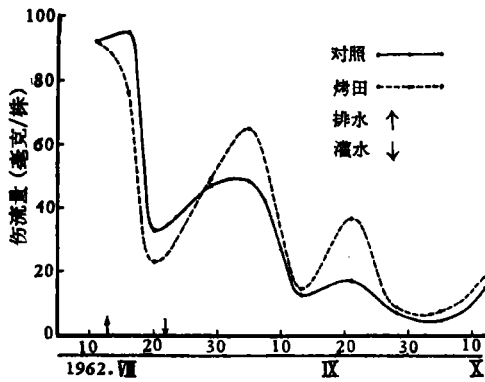


图 4 烤田对水稻伤流量的影响 (汪宗立)

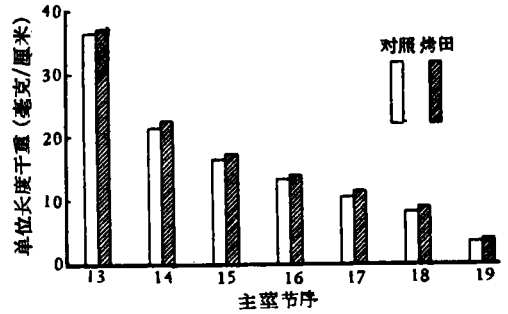


图 5 烤田对水稻主茎各节单位长度干重的影响 (汪宗立)

土壤条件的要求是不一样的；水稻生长前期要求土壤软烂，后期则要板硬，这样才有利于水稻形成高产。

植稻土壤的烂、软、板、硬是土壤肥力的一种综合表现。过去曾比较研究软烂和板硬的土壤性质^[4,5,12]，结果认为土壤软烂时，土粒间的距离较大，固相容积百分比比较低，土壤容重较低；土壤比热变化对土壤日温差影响较大；土壤软烂有利于有机质的矿化和氮素的释放以及微生物的活动等。以上诸性质在土壤板硬时则相反。土壤软烂和板硬反映出土壤机械、物理、化学和生物性状的变化，这些变化又受到耕耙、耘耩或水浆管理等措施的影响。所以，探求水田土壤软烂和板硬的指标是具有重要意义的。

水田经过烤田可由软烂状态变为板硬，过去多从容重方面来研究^[4,5,12,15]，事实上仅土壤容重变化是难以全面反映土壤软烂和板硬特性的。水田土壤经过脱水后土壤变为沉实，干后收缩，使土粒粘合，形成比较稳定的垒结和结构。另外，植株根系的穿插和密集可使土粒粘结和土块压碎。这些性质是很难用容重来说明的。为此，我们除研究土壤的容重外，又测定了土壤的强度。

土壤容重与强度之间存在着一定的关系(图 6)，土壤强度愈大，容重愈大。有时土壤容重变化不大而强度仍有显著的分别。所以，在研究土壤软烂和板硬时，除容重外，土壤强度的测定很有意义。特别是土壤受植物根系活动的影响，土壤强度也可以反映出来。但是，影响土壤强度的土壤因素很多，尚需作进一步研究。

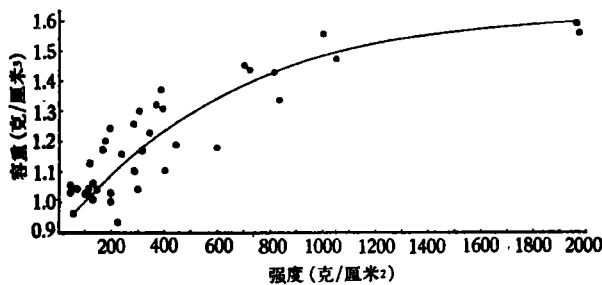


图 6 土壤容重与强度的关系(1962)

(二) 烤田作用的实质问题

烤田是培育水稻高产技术的一个重要措施,但必须因土制宜。所以,首先要研究烤田对土壤性质引起了那些变化,这些变化对水稻生长发育又有什么作用。许多学者,特别是植物生理学家,从水稻的需水规律来看待烤田的作用。一般认为^[7,16],水稻在生长中期的耗水量最大,此期若使水稻缺水,必然会导致减产。但是,也有人认为,在这个时期排水烤田,虽可使土壤脱水,但还不会抑制水稻对水分的需要,更不会造成水稻亏缺水分^[8]。从水稻营养的角度出发,烤田主要是在于控制土壤中有有效养分,特别是氮素的释放。许多工作^[7,9,13,21]以及我们的工作都证明:烤田对土壤中有有效氮素的供应确有先抑制、后促进的作用。事实上,一般烤田绝不会使土壤含水量降低到足以使土壤中生物活动受到较大抑制的程度。研究证明^[4]:微生物区系的改变并不明显,而纤维分解菌和芽孢杆菌的数量有显著的增长。这样的微生物情况有利于促进土壤中有有效氮素的供应。由于烤田时期土壤中经矿化所产生的有效氮素,首先要满足微生物本身的营养,以构成其自身的细胞。所以,烤田对土壤中有有效养分的供应,特别是对氮素,起到抑制作用,但在复水后可表现促进作用。土壤中有有效养分的供应问题不仅受微生物的影响,而且与土壤的水、热和空气条件也有关系。烤田处理如何引起土壤物理、化学、生物特性的改变,正是我们应当研究的问题。

烤田措施如何调节水田土壤中氧化还原状况的问题,已有很多研究结果^[9,11,20,21]。总的意见认为水稻土长期渍水,特别是排水不畅的土壤,其表层几毫米以下的耕层,长期处于强烈的还原条件下,产生很多不利于水稻生长发育的低价氧化物(Fe^{++} , Mn^{++})、丁酸、 H_2 、 CO_2 、 H_2S 及 CH_4 等有毒物质,它们会恶化水稻生长的土壤环境,以致水稻根系发育不良,缺乏生命活力而减产或死亡。所以,适时烤田可以更新土壤环境,有利于水稻的生长发育。但是,对于烤田所起的作用,却有不同的看法。有人认为是改善土壤的透水性,以便不断地更新土壤环境,国内外都有专门进行种植水稻适当渗漏量的研究^[14]。此外,有人从水稻需氧方面进行研究,如日本的东条健二、佐藤庚^[19]等人认为,水稻本身需要氧气不断供应;水稻生长中期(拔节—孕穗)需要氧气达到最高峰。因此,排水可调节土壤的通气性,以满足水稻需氧的要求。印度尼西亚的 Alberda^[24]认为,水稻的通气组织,在拔节以后就受到相当大的阻碍,不易供给根系所需的氧;可是这个时期正是水稻生命活动最盛时期,不能缺少氧气的供应。以上这些说法都是从某一个方面来看,是不够全面的;但水稻生长中期烤田有很大的作用是肯定的。

综上所述,烤田可改善土壤的通透性,因而使土壤的物理、化学、生物特性也相应地改变,这对水稻的生长发育都是很重要的。因此,进一步探求植稻土壤的空气容量及组成(特别是氧气状况)对土壤性质的影响以及这些土壤性质对水稻生长发育的作用,就显得十分重要了。

摘 要

植稻土壤排水烤田后迅速降低土壤含水量,而以 0—20 厘米耕层中变化较大,表土 0—5 厘米的含水量由烤田前(13/VIII)的 54.3% 降低到复水前(22/VIII)的 39.9%;耕层以下的变化不明显,20—30 厘米土层的含水量在 8 月 13 日和 8 月 22 日相应为 27.8% 和 27.9%,接近于对照(28.3%)。

土壤含水量的降低使土壤逐渐由軟烂变为板硬。植稻土壤含水量降低可致土壤容重增大,如含水量增加則减小。

初步試用瑞典錐形强度仪測定土壤烂、軟、板、硬的結果尙属滿意。这个資料不仅可以說明土壤的紧实程度,还可以反映土壤顆粒的相互粘和和植株根系交織的应力。

初步摸索采集植稻土壤中空气試样的方法,并对烤田影响土壤空气容量和組成的变化积累了一些資料。烤田可以提高土壤三相比中的气相容积比,耕层土壤可以从5%增加到11%以上。空气組成中氧气的含量随着烤田程度的加深而从5%左右增加到13%以上;复水半月以后仍含有8%左右,比对照的4%左右高出約1倍。CO₂的含量变化不明显,忽高忽低。烤田末期的CH₄含量减少得很多,只有0.65%,而对照高达14.5%;复水后仍然比对照为低。8月25日和30日烤田的CH₄含量为4.1%与3.27%,对照处理为18.8%与4.5%。

滲漏水中溶解氧的含量随着烤田程度的加深而增加,8月4日滲漏水中溶解氧为0.65毫克/升,8月22日增加到1.69毫克/升;对照則維持在0.6—0.8毫克/升。如以灌溉水中6.48毫克/升的氧減去滲漏水中的含量,很明显地說明烤田对溶解氧的消耗量比对照为低。

烤田不仅可以升高土壤中氧化还原电位,还可以降低土壤中的有效氮素(氨态氮),但在复水后二者都呈相反的方向变化。

土壤温度的变化虽小,但可以提高土壤的日温差,烤田比对照高出一倍多,耕层以下变化不明显。

烤田时水稻根系活力降低,但复水后反而加强。水稻伤流量由逐渐降低而后升高,并一直維持着比对照高。烤田可使水稻主茎各节单位长度和干重增大。

烤田可以改善土壤的通透性,而导致其他物理、化学、生物特性的变化。深入研究烤田所引起各种性质的改变并分別其主次关系,是揭发烤田作用的重要工作。

参 考 文 献

- [1] 张履祥輯补,陈恆力編著:补农书研究。中华书局,第223—224頁,1958年。
- [2] 陈永康水稻丰产經驗选編。1960。南京农学院,第9—23,40,49—51頁。
- [3] 中国农业科学院江苏分院:陈永康水稻丰产經驗研究报告汇编。第1—10,61—76頁,1961年。
- [4] 陈家坊、程云生、刘芷宇:陈永康的水稻高产措施和理論的初步总结。土壤,1961年第8期,第6—16頁。
- [5] 万传斌、程云生:1962。陈永康同志看土耕耙,施肥和管理水浆經驗的分析。江苏农学报,3,第36—41頁。
- [6] 崔繼林、汪宗立:从生理和生态需水特性論水稻的合理灌溉技术。华东农业科学通訊,1960年第1期,第21—27頁。
- [7] 毛礼钟:从植物生理观点来看水稻晒田。植物生理通訊,1958年第5期,第30—32頁。
- [8] 王万里等:单季晚稻拔节期烤田的生理意义。1960年上海市科学技术論文选集,农业部分,上海科学技术出版社,第16—31頁,1962年。
- [9] 中国科学院土壤研究所常熟工作组:1959。水分管理对土壤性状的影响及其意义。土壤学报,7:3—4,第203—216頁。
- [10] 程云生、И. П. 格列欽:1960。土壤氧气状况及其对生草灰化土性质的影响。土壤学报,8:1,第42頁。
- [11] 中国科学院农业丰产研究丛书編輯委员会編:水稻丰产的土壤环境。科学出版社,第六及十二章,第166—168,176—177,182—185,399—409頁,1961年。
- [12] 程云生:陈永康水稻高产經驗中看土耕耙技术的初步研究。土壤通报,1962年第4期,第53—56頁。
- [13] 陈家坊:陈永康水稻高产經驗中“以水調肥”論点的初步分析。土壤通报,1962年第4期,第1—6頁。
- [14] 楊国治、陈家坊:1961。水稻土的滲漏性能对土壤环境更新的影响及其意义。土壤学报,9:1—2,第65—70頁。

- [15] 曹升賢:水稻土軟硬度的指标及其应用。土壤, 1961年第9期,第7—12頁。
- [16] П. С. 耶雷琴: 水稻灌溉的生理基础。科学出版社,第89—92, 118, 139—144頁, 1956年。
- [17] E. Г. 恰彼夫斯基著:土质学和土力学实验室工作实习指导。地质出版社,第76—77頁, 1958年。
- [18] O. A. 阿列金著: 大陆水的化学分析。地质出版社,第39—47頁, 1957年。
- [19] 佐佐木乔主編: 稻作綜合研究。农业出版社,第三章,第74—76頁, 1959年。
- [20] E. N. 彭拉姆帕魯馬: 渍水土壤的化学与水稻生长的关系。科学出版社,第5—6, 50頁, 1959年。
- [21] 三井进午: 水稻无机营养施肥和土壤改良。上海科学技术出版社,第46—48頁, 1959年。
- [22] Вадювина, А. Ф., З. А. Корчагина: 1961. Методы определения физических свойств почв и грунтов. Москва, гл. IV. стр. 150.
- [23] Haines, W. B.: 1923. The volume-changes associated with variations of water in soil. J. Agric. Sci., V. XIII, part 3. p. 296—310.
- [24] Alberda, T. H.: 1953. Growth and root development of Lowland rice and relation to oxygen supply, Plant and Soil, Vol. 5, No. 1. p. 1—26.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ВРЕМЕННОГО СБРОСА ВОДЫ НА РИСОВЫХ ПОЛЯХ

Чэн Юнь-шэн и Чжо Го-хуа
(Почвенный институт АН КНР)

(Резюме)

В полевых опытах рассмотрено влияние временного сброса воды на свойства рисовых почв с точки зрения агротехнических приемов с целью получения высоких урожаев риса. После сброса воды при вегетации риса вызывалось сильное уменьшение количества влаги в почвах, особенно в пахотных горизонтах, а в подпахотных горизонтах количество её приблизительно к контролю. В соответствии с этим объёмный вес почвы увеличивается и почва постепенно уплотняется, что можно установить способом погружения конуса Ребиндера (пластомер) в почву на разную глубину. Этот показатель не только показывает какое уплотнение почвы, но и силу слипания её частиц между собой, причём последняя из них имеет большое значение для развития корневых систем риса.

После сброса воды порция газовой фазы в пахотных горизонтах почвы увеличивалась в 2 раза и более (от 5% до 11%), а количество O_2 в почвенном воздухе также с 5% увеличивалось до 13%. После затопления полей водой количество O_2 в почвенном воздухе снова снизилось и поддерживается около 8%, а в контроле—около 4%. Содержание CH_4 в почвенном воздухе после сброса воды сильно снизилось по сравнению с контролем (0.65 против 14.5%). Количество растворенного кислорода в фильтрационной воде увеличивалось во время сброса воды, а в контроле он колеблется незначительно. После сброса воды расход растворенного кислорода был гораздо меньше, чем в контроле. При этом ОВП почвы повышался, а количество аммиачного азота её уменьшалось, но при последующем затоплении они обратно изменяются.

Изменение почвенной температуры хотя незначительно, но сброс воды усиливает также и суточное колебание температуры в пахотных горизонтах почвы, в которых температура повысилась в 2 раза больше, чем в контроле, а ниже них температура осталась почти не изменено.

Все вышеуказанные изменения свойств почвы усиливали физиологическую активность корневых систем риса, под воздействием которых главные стебли риса получили хорошее развитие и по сравнению с контролем они стали значительно крепче.

Таким образом, роль временного сброса воды на рисовых полях заключается в регулировании и улучшении аэрации и водопроницаемости почв, тем самым создает для роста и развития риса удовлетворительные физические, химические и биологические условия почв, в целях получения высоких урожаев. Следовательно, углубленное изучение этого вопроса и установление ведущей роли временного сброса воды и отношения её с остальными свойствами почв даёт возможность вскрыть сущность данного вопроса, что имеет не только теоретическое, но и практическое значение.