

水稻土的渗漏性能对土壤环境更新的影响及其意义*

楊国治 陈家坊
(中国科学院土壤研究所)

丰产經驗总结^[1,2]表明,我国农民对稻田灌溉水渗漏的快慢是十分重视的。因为它对土壤肥力、水稻的生长发育和灌水施肥等田间管理措施都有很大的影响。因此农民群众在土壤的命名或分类上,也常以土壤的渗漏性能作为依据。例如全国劳动模范,陈永康同志,把低洼的渗漏性能差的田称为天井田,并且认为这种田的水浆管理不便,水稻易生黑根,难以达到高产;渗漏适中者称为爽水田,这种田灌排方便,易于获得高产;而漏水田则水分渗漏太快,易脱水脱肥,也难以取得高产。各地农民也有类似的反映。因此在评价土壤时常把适当的渗漏性能作为丰产水稻土的特征之一^[3]。1959年中国科学院土壤研究所在江苏常熟进行的稻田灌溉技术的研究,也初步证明了稻田土壤的渗漏特性对水稻的土壤环境有一定的影响^[1]。内山修男等工作也有同样的结果^[4,5]。为了进一步明确渗漏的作用,中国科学院土壤研究所在1960年与中国农业科学院江苏分院、江苏省水利厅等单位协作,在这方面进行试验研究。本文根据这方面的材料,对水稻土的渗漏性能在土壤环境更新上的作用,作一初步讨论。

一、试验设计与方法

试验是在中国农业科学院江苏分院大型水泥池(0.1亩)中进行的。供试土壤是下蜀系黄土性物质发育的水稻土,群众称为黄马干土,一般农化性状如表1所示。

表1 试验田耕层土壤的农化性状

pH	有机质 (%)	全氮 (%)	水解氮 (%)	代换量 (毫克当量/100克土)	速效磷 (毫克/100克土)	速效钾 (毫克/100克土)
6.0	1.58	0.095	0.011	14.99	10.80	10.9

供试品种是中稻黄壳早,密度 3×5 (寸),5月19日栽秧,6月8日开始分蘖,7月7日幼穗分化,8月5日抽穗,9月20日收割。

试验处理如下:

- 快速渗漏(以下简称“快”)平均每日为22.6毫米。
- 中速渗漏(以下简称“中”)平均每日为13.0毫米。
- 不渗漏(以下简称“不”)。

试验重复一次,水分管理中除幼穗分化和抽穗时各烤田一次外,其余时间皆用自来水

* 本文是根据我所农业丰产总结组的资料写成的,其中也引用了协作单位的部分有关观测资料。

进行水层灌溉。在收割前 10 天左右落干。渗漏速度是通过水泥池底部的水龙头来控制的。

在水稻生长期間,土壤工作方面观测的项目与方法如下:

(1) 水中溶解氧:用微铂电极还原法测定,以氯化银电极为参比电极。

(2) 水中溶解的二氧化碳,氧化还原电位和电导等的测定方法与我們过去工作^[1]所用的相同。

(3) 氮、钙、镁等养分分析是采用一般常用的化学分析方法,钾是用火焰比色计测定。此外,协作单位还在生理和水文等方面作了一些观测。

二、試驗結果

(一) 渗漏速度与稻田耗水量的关系

在試驗过程中,对各处理的用水情况进行了記載,結果列于表 2。

表 2 渗漏試驗的用水情况

处 理	渗 漏 速 度 (平均每日毫米数)	累 計 耗 水 量 (毫米)	累 計 渗 漏 量 (毫米)	累 計 灌 水 次 数
快	22.6	2,304	1,854	53
中	13.0	1,339	893	42
不	0.0	702	0	21

由表 2 可見,稻田总耗水量的順序是:“快”>“中”>“不”,即随着渗漏量的增大而增加,同时灌水次数也随之增多。在自然条件下,稻田的总耗水量决定于水稻的叶面蒸騰、株間的水面蒸发和渗漏量。前二者是由气象、水稻品种和栽插密度等条件所决定,因此在品种密度相同情况下,叶面蒸騰和株間蒸发的微域变异可以認为是不大的。与此相反,渗漏量則可以因田块不同而异,微域变化很大。根据四川省水利厅土壤調查队的材料^[6],某田块渗漏量的大小主要取决于該田块的土壤本身渗透性的大小和它所处的地勢或地下水位高低等因素,一季水稻的渗漏量可以变化在 100—2,000 毫米之間。稻田渗漏量太大时不仅用水不經濟,也会为水稻的生长发育带来一些不利的因素;反之,渗漏太小也会对水稻产生一些不良的影响。

(二) 渗漏速度对土壤氧化还原电位的影响

系統的观测結果表明,不同渗漏速度的处理对耕层土壤的氧化还原电位也有一定的影响。如表 3 所示,在水稻的整个生长期內快速渗漏处理的土壤氧化还原电位一直是較高的,而不渗漏的处理为最低,中速渗漏处理的則居于二者之間。表明土壤的氧化还原电位与渗漏速度有正相关的趋势。其原因可能有两个,一个是渗漏速度快的用水量,从灌溉水中带入耕层的氧也較多。另一个是渗漏量大时有利于耕层中还原物質的稀释和排出。这两点都能促使土壤氧化还原电位上升,因而造成“快”的电位一直較其他两个处理为高。从这两点来看,在沒有渗漏或渗漏微弱的情况下的水稻土,由于耕层土壤中氧的来源較少,不能相应地补充氧的消耗而使氧气含量貧乏,以及还原性物質的較多的积累,而引起了土壤的氧化还原电位的降低,是不难理解的。

表3 耕层土壤的氧化还原电位(毫伏)

日期	快速滲漏	中速滲漏	不滲漏
6月14日	64	69	32
6月23日	82	77	65
7月2日	41	43	39
7月7日	78	57	44
7月10日	45	67	22
7月15日	63	79	61
(烤田后复水第二天)			
7月28日	48	51	46
8月12日	47	—	30
8月17日	42	23	19
9月1日	193	182	192

(三) 滲漏速度对滲漏水化学组成的影响

从表4可以看出,当灌溉水通过土层之后,其化学性质发生了很大的变化,如氧化还原电位和溶解氧含量都大大地降低,而养分和二氧化碳的含量则显著地增多。显然,这种变化是受到了土壤化学性质的影响,或者也可以说滲漏水的化学性质在一定程度上反映

表4 滲漏水和灌溉水的化学组成

采样日期	处理	电导率 25°C (1×10^{-6} 欧姆/厘米)	氧化还原 电位 (毫伏)	溶解氧 (1×10^{-3} 毫克/毫 米 ³)	pH	二氧化碳 (毫克/ 升)	养分(毫克/升)				
							全N	K ₂ O	Ca	Mg	
滲 漏 水	24/VI	快	31.9	205	—	6.80	23.7	1.50	3.8	45.8	9.1
		中	36.9	150	—	6.70	27.2	1.79	4.2	48.5	11.1
		不	41.5	115	—	6.65	34.7	1.89	4.7	55.0	11.7
	5/VII	快	29.0	310	135.1	7.00	15.5	4.43	2.7	48.4	16.3
		中	32.0	270	131.1	6.90	20.0	4.22	2.5	46.0	15.2
		不	32.7	230	—	6.70	26.2	4.55	2.9	49.4	—
	27/VII	快	35.7	290	75.2	—	—	—	2.5	48.8	14.0
		中	41.3	270	60.1	—	—	0.58	2.7	54.1	16.8
		不	46.2	160	56.2	—	—	0.60	3.2	61.5	15.6
5/VIII	快	31.1	—	—	—	—	—	2.3	43.2	14.0	
	中	50.2	—	—	—	—	—	3.2	68.1	20.8	
	不	40.7	—	—	—	—	—	3.2	53.8	16.7	
16/VIII	快	34.2	240	—	—	37.8	—	2.8	—	—	
	中	39.3	200	—	—	—	—	—	—	—	
	不	52.4	160	—	—	50.3	—	3.6	—	—	
26/VIII	快	49.7	225	—	—	25.9	—	3.2	—	—	
	中	47.7	220	—	—	22.9	—	2.8	—	—	
	不	62.9	190	—	—	—	—	3.4	—	—	
灌 溉 水	16/VI	22.4	420	—	—	—	—	—	—	—	
	23/VI	18.4	370	—	7.10	6.27	0.27	2.7	23.9	4.83	
	5/VII	23.1	320	215.5	—	—	—	—	—	—	

了耕层土壤的化学环境,这可以从渗漏水与耕层土壤的氧化还原电位都与渗漏速度呈正相关这一点得到证明。

表 4 的结果还表明:在土壤相同的条件下,渗漏水的化学性质还受到渗漏速度的制约。

1. 渗漏水的氧化还原电位和与其相关的溶解氧含量都因渗漏速度的减少而降低。这表明当渗漏速度小时,耕层土壤中还原性物质积累较多,而溶解氧的含量则较少。

2. 渗漏水中的二氧化碳含量随渗漏速度的增大而减少。这表明当渗漏速度较大时,耕层土壤中的二氧化碳含量也较低。渗漏水的 pH 值较灌溉水为低,这可能是两个因素引起的,一是溶解的二氧化碳量增多了,另一是溶有耕层中有机质嫌气分解的产物,如丁酸、酪酸等简单的有机酸类。但它们在渗漏水中的含量都受到渗漏速度的影响。因此渗漏水中的 pH 值也因渗漏速度的减小而降低。这些都反映了渗漏速度慢不利于耕层中有害物质的排除。

3. 渗漏水中的养分含量,虽然随着渗漏速度的增大而减少,但对照表 2 所示渗漏量的结果来看,则土层中养分的总流失量还是渗漏速度快的要多一些。

(四) 渗漏速度对水稻生长发育的影响

从上述的分析结果来看,不同的渗漏速度对水稻的土壤化学环境产生了不同的影响,从而也就反映在水稻的生长发育上。表 5 所列的结果表明这种影响还是相当显著的。

表 5 不同渗漏速度对水稻生长发育的影响

处理	伤流量 (毫克/株/小时)	五穴植株的养分含量(毫克)				株高(厘米)		单株干重(克)		总粒数/穗	实粒数/穗	千粒重* (克)
		8月3日		8月22日		6月21日	7月1日	6月28日	8月1日			
		氮	磷	氮	钾							
快	201	1,051	1,070	525	2,016	63.0	96.8	0.611	3.762	105.8	97.8	26.60
中	254	1,145	1,270	719	2,572	60.2	96.7	0.932	4.953	111.3	100.9	25.79
不	137	1,026	1,221	598	2,107	59.6	91.9	0.512	3.677	90.5	84.1	26.68

* 试验过程中,为了使产量少受影响,“快”和“不”两个处理均在灌浆期追施硫酸,合每亩 5 斤。因此在千粒重上均较“中”处理为高。

从表 5 中伤流量的结果来看,以不渗漏的处理为最低。在采集植株样本时,也几乎每次都可以清楚地看出不渗漏的水稻黑根也是最多的。这说明不渗漏情况下的土壤环境,由于氧气含量的逐渐降低,还原性物质的逐渐积累,对水稻根系的生命活动产生了一定的不良影响。

为了进一步证明渗漏性能对水稻根系的影响,我们曾把三种渗漏处理的渗漏水拿来作水稻幼苗的水培试验。如表 6 所示,两次试验结果都表明,不渗漏处理的渗漏水对幼苗的影响主要表现在对根系生长的抑制。

由于不渗漏处理的水稻根系活动能力的削弱也抑制了它对养分的吸收,因而植株的养分含量、株高和干重(表 5),也以不渗漏处理的为最差,其每穗总粒数与实粒数也最低。

表 5 结果还表明,快速渗漏的根系活动能力虽然没有受到抑制,但是养分流失较多,所以与中速渗漏的相比,无论是植株养分含量或单株干重,及其总粒数与实粒数都低于中速渗漏。

表 6 滲漏水水培試驗

处 理	幼苗重 (50 株, 克)			滲漏水电导率 (1×10^{-8} 欧姆/厘米)	滲漏水的氧化 还原电位 (毫伏)
	总 干 重	叶、鞘总干重	根总干重		
第 一 次					
快	0.327	0.230	0.097	30.0	260
中	0.378	0.241	0.137	27.5	280
不	0.336	0.239	0.097	43.5	190
蒸餾水	0.390	0.261	0.135		
灌溉水	0.361	0.248	0.113		
第 二 次					
快	0.320	0.220	0.101	30.0	260
中	0.274	0.154	0.120	27.5	280
不	0.295	0.206	0.089	43.5	190
蒸餾水	0.322	0.223	0.099		

三、討 論

前人的工作^[7,8]指出,淹水土壤的环境特点,一方面是易于保証水稻的氨态氮、磷、鉄、硅等的营养和稳定的温湿环境,为水稻的生长发育提供許多有利的因素。另一方面,也为水稻的生长带来一些不利的条件,如当土壤淹水并插秧之后,在微生物和根系活动下,耕层土壤中的氧气大量减少,甚至消失殆尽,同时还积累了較多的二氧化碳、丁酸、硫化氢等,引起了根域土壤环境的恶化;与此同时,由于水稻根系对养分吸收的結果,也在根域形成了养分的相对貧瘠区;这样,就从两方面抑制了水稻根系的生命活动。因此,在栽培水稻时,就要求在一定时期中更新土壤的环境。在这方面,除了人为措施以外,土壤所具有的滲漏特性,也起了一定的作用。由于土壤具有滲漏性能,就可能使灌溉水往下滲漏而更新土壤环境。其具体作用可分以下几个方面:

- (1) 通过灌溉水向土层中的滲漏,补充了氧气和养分等;
- (2) 使以追肥形式施在土表上的养分带入土层;
- (3) 促进养分在土层中的移动,有利于根域养分相对貧瘠区的縮小或消灭;
- (4) 使根系活动层中生命活动产物等毒害性物质得到稀释和排出;
- (5) 当然,耕层中的养分也受到稀释,并且还排出了一部分水分和养分。

由于土壤具有滲漏性能而引起灌溉水的下渗所带来上述的五个作用,其中前四个是有益于水稻生长发育的,后一个作用是“漏水又漏肥”,是不利于水稻生长发育的。根据研究結果,上述有利和不利的两个方面的相对大小,是受滲漏速度所制約的。如土壤不具滲漏性能或滲漏性能微弱,或虽有滲漏性能而因地下水过高甚至与灌溉水相接,那么就会象不滲漏处理的試驗一样,虽然可以使水稻减少养分的流失,但起不到环境更新作用,終究不利于水稻的生长发育。反之,当滲漏速度增大到一定程度时,滲漏的有利因素就退居次要地位,其不利因素——漏水失肥則轉为主导者。如同本試驗处理“快速滲漏”一样,虽然根系活动能力不低,但因养分流失太多,从而引起供应不足,結果也造成水稻生长不良。可見滲漏速度过慢或太快都不利于水稻的正常生长发育。根据江苏省水利厅1957—1959

年不同地区 26 个灌溉試驗站的結果，滲漏速度以每昼夜平均 9—15 毫米者的水稻产量为最高。这与苏南一带农民的实践经验是完全一致的。我們試驗中較为适宜的滲漏速度（“中” = 13.0 毫米）也恰好落在这个范围之内。适宜滲漏速度之所以有一个变幅，可能与土壤有机质含量等条件有关。有机质含量高者淹水后对环境更新的要求看来更为迫切一些，因此滲漏速度也以大一点为宜。所以在生产实践中对滲漏速度太大的田块羣众多通过多耕、多耙、增施粘性泥肥等措施，加以調节，以改善土壤质地及其滲漏性能，降低水肥漏失量。对低洼地区的水田因地下水水位过高而引起滲漏速度不适者，則多改善水利設施，降低地下水水位，适当增大灌溉水的滲漏速度，以利于耕层土壤中毒害物质的排除。

此外，为了适当的弥补由于滲漏过快和太慢所带来的不良影响，农民羣众还創造了一套相应的水分管理技术。如漏水田不宜烤田，天井田要多次烤田或采用干干湿湿灌溉法等，看来主要是通过灵活地运用水层和烤田等措施来調节或更新土壤环境，力爭水稻高产。

摘 要

1. 試驗結果表明，水稻的土壤环境宜常予更新，否則由于耕层土壤中氧气的缺少和有害物质的积累，对水稻产生不良的影响。在实践中除了一些人为措施以更新土壤环境外，土壤所具有的滲漏性能，在土壤环境更新中也起一定的作用。

2. 由于土壤具有滲漏性能，这样就引起了灌溉水向土层中的滲漏，从而帶入了氧气和养分，促进了土层中养分的分配和移动，也稀释和排出了耕层土壤中的养分和有害物质，对土壤环境起着更新的作用。在这些作用中可分有利的和不利的两个方面，这两个方面的相对大小和轉化，受到滲漏速度的制約。

3. 滲漏速度过慢和过快都对水稻生长产生不利的影響。滲漏速度过快虽有利于毒害物质的排除、氧气的輸入等，但用水不經濟，养分流失过多，反而易于引起水稻生长后期的脱肥。反之，滲漏速度过慢虽可减少水分和养分的流失，但由于毒害物质不能得到排除，也抑制了根系的活动，削弱了地上部分的生长。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院土壤研究所常熟工作组：水分管理对土壤性状的影响及其意义。土壤学报，1959，第7卷第3—4期。
- [2] 曹升寰：南方水田土壤的几种主要水分类型及其与土壤性质和肥力的关系。土壤通报 1959，第6期。
- [3] 中国科学院土壤研究所农业丰产总结组：水稻丰产的土壤环境及其調节。土壤学报，1960，第8卷第2期。
- [4] 内山修男等：水田の滲透性の意义に、コハて(1,2,3) 日本土壤肥科学杂志，第27卷。
- [5] 崎不二夫：水田的适当滲漏量。土壤肥料，中华人民共和国农业部印 1958年3月。
- [6] 四川省水利厅：水稻需水量的訪問方法及需水量图的繪制。土壤通訊，1958年第二期。
- [7] 大杉繁監修：土壤化学，第六編水田土壤の化学。养賢堂，1952年。
- [8] F. N. 彭拉姆帕魯馬著：漬水土壤化学与水稻生长的关系。科学出版社，1959年6月。

ON THE SIGNIFICANCE OF CONSTANT RENEWAL OF SOIL CONDITION AS AFFECTED BY THE PERMEABILITY OF PADDY SOIL

G. Z. YOUNG AND C. F. CHEN

(ABSTRACT)

Present paper deal with the results of lysimeter studies on soil conditions under varying rates of water percolation. Effect of soil permeability, as governed by rate of percolation, on redox potential of soils, composition and properties of drained water in relation to rice growth has been investigated. Obtained results reveals following facts.

1. Translocation of nutrients in soil profile is accompanied by the movement of percolating water under irrigation and drainage system. The content of oxygen in irrigation water results an elevation of soil redox potential, and gives benifical effect to rice growth.

2. Accumulation of toxic substances under reduced condition of paddy soils definitely restricts root development of rice plant. The constant percolation system of paddy field, however, has hastening the removal of these toxic substances.

3. Excessive drainage of irrigation water induces loss of soil nutrients. It is surely also a poor practice in regard to the economical use of irrigation water.

Present investigation gives the evidence that a poorly drained condition induces the accumulation of toxic substances in paddy soils, while excessive drainage, on the other hand, deprives soil nutrients through leaching, both of which result decreases of the yield of rice plant. An adquate system of percolation, with average rate of 13 mm. of water per 24 hrs. or 893 mm. throughout the growing period of rice plant, has been proved enable to give high yield of rice under present experimental condition.