

# 石灰性紫色土渍水氧化还原 状况的研究\*

徐建忠 唐时嘉

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 610041)

## 摘 要

本文通过模拟培育试验,研究了石灰性紫色土渍水状态下氧化还原特征。结果表明,石灰性紫色土与普通紫色土、不饱和紫色土相比,不易向强还原状况发育,这与其富含碳酸钙和低量的活性铁有关;不同种类有机物料对其还原程度的影响是不同的;表征土壤氧化还原过程的强度因素 Eh 和数量因素还原性物质含量有很好的相关性,并与水稻的生长状况相一致。当土壤 Eh 小于  $-100\text{mV}$ , 还原物总量大于  $3.63\text{cmol}^{(+)}/\text{kg}$  时,土壤极易发育为强还原状况,并危害水稻的生长。

**关键词** 石灰性紫色土,渍水,氧化还原电位,还原性物质,水稻生长

在四川盆地这一典型的红层丘陵性盆地中,由于具有冬暖夏热的亚热带气候,光照、热量、水份都适于水稻栽种,因此大量分布着紫色母质形成的水稻土。其中由石灰性紫色母质形成的水稻土,虽水耕植稻历史悠久<sup>1)</sup>,但土壤的发育程度较弱,长年渍水(夏季种稻,冬季灌水休闲)的田块,土壤剖面潜育特征并不明显<sup>1)</sup>。而对这类水稻土,过去研究甚少。为此,本研究采用发育于石灰性紫色母质的石灰性紫色土,进行渍水种稻的模拟培育试验,探索石灰性紫色土淹水种稻后土壤的氧化还原特征以及对水稻生长发育的影响。

## 一、材料和方法

### (一) 试验材料

1. 供试土壤为侏罗纪遂宁组(J<sub>2s</sub>)泥岩母质发育的石灰性紫色土底土(采自四川省资阳县)。
2. 供试对照土壤: (1)侏罗系沙溪庙组(J<sub>2s</sub>)厚泥岩、薄砂岩发育的普通紫色土底土<sup>1)</sup>(采自四川省内江市中区)。(2)白垩系夹关组(K<sub>1j</sub>)砂页岩发育的不饱和紫色土底土<sup>2)</sup>(采自四川省乐山市中区)。三种土壤的基本性质见表 1。
3. 供试有机物料: (1)箭石豌豆; (2)稻草; (3)葫豆茎叶。三者均为干粉状,基本性质见表 2。
4. 供试碳酸钙: 分析纯,北京红星化工厂生产。

### (二) 培育方法

\* 国家自然科学基金资助课题。

1) 田心元, 1986: 四川梯田。全国梯田学术讨论会论文汇编。

表 1 供试土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of the tested soils

土壤类型 Soil type	pH(H <sub>2</sub> O)	有机质 O. M. (g/kg)	全铁 Total Fe Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g/kg)	游离铁 Free Fe Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g/kg)	活性铁 Active Fe Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g/kg)	<0.02mm 颗粒量 Physical clay(%)	碳酸钙 CaCO <sub>3</sub> (%)	Active Fe Free Fe (%)
石灰性紫色土	7.88	18.2	67.60	21.00	0.70	60.88	4.86	3.33
普通紫色土	7.24	6.5	61.40	12.70	0.60	54.25	0	4.72
不饱紫色土	4.00	7.2	56.70	16.30	2.80	26.34	0	17.18

表 2 供试有机物料基本性质

Table 2 Basic properties of the tested organic materials

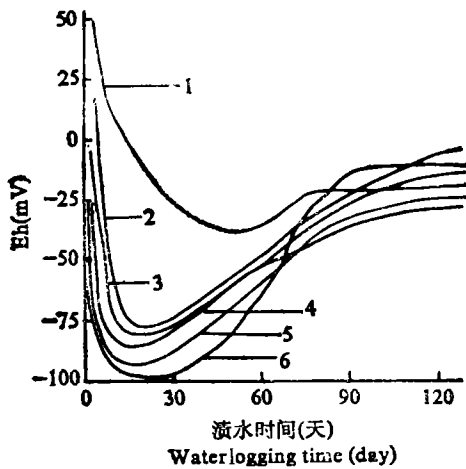
种类 Type	有机碳 Organic C (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	C/N	全钙 Total Ca (g/kg)	全镁 Total Mg (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	全铁 Total Fe (g/kg)	全锰 Total Mn (g/kg)
箭舌豌豆	396.9	24.2	16.40	34.2	8.1	12.4	1.2	0.7
稻草	370.2	12.4	29.85	4.2	2.3	25.2	0.4	1.2
胡豆茎叶	392.9	44.2	8.89	32.7	8.8	11.5	0.8	1.7

称取上述过 5mm 筛孔的风干土 500g, 按表 3 的处理方案, 加入不同种类, 不同数量的有机物料和碳酸钙, 拌匀, 装入自制的高型塑料杯中(无渗漏处理), 用黑纸包裹培养杯, 然后淹水培育。每处理重复 3 次。培育时间 6 个月(4—9 月); 培育试验期间, 水份始终保持土壤饱和含水量, 以模拟田间的囊水条件。

淹水 1 个月后, 把已长出绿色胚芽的水稻小苗移栽于培育杯中(每杯 6 株)。在整个培育过程中, 定期测定土壤的氧化还原电位(Eh)和 pH 值, 观察水稻的生长状况。培育 5 个月后, 对培育土壤进行还原物质的分析。

### (三) 测试方法

土壤 Eh 和 pH 值的测定采用 DMP-2 型袖诊式数字 mV/pH 计(中国科学院南京土壤所工厂生产); 测定土壤的 Eh 和 pH 值。土壤还原性物质的分析, 见《土壤农业化学常规分析方法》一书<sup>[3]</sup>。



1 石灰性紫色土 (CK); 2 石灰性紫色土 +10g 箭豌豆; 3 石灰性紫色土 +20g 箭豌豆; 4 石灰性紫色土 +30g 箭豌豆; 5 石灰性紫色土 +40g 箭豌豆; 6 石灰性紫色土 +50g 箭豌豆

图 1 石灰性紫色土加箭舌豌豆淹水后土壤 Eh 的动态变化

Fig. 1 Dynamic changes in the soil Eh of treatments 7—11 after waterlogging

## 二、结果与讨论

### (一) 石灰性紫色土淹水氧化还原电位和 pH 变化过程及特征

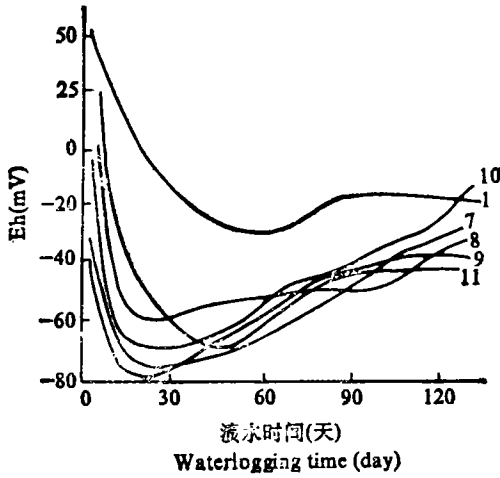
1. 石灰性紫色土各处理, 淹水后 Eh 都有明显的下降, 达到最低值后又有所上升, 最后趋于稳定(图 1, 2, 3)。其中未加

表 3 培育试验处理方案

Table 3 Scheme of treatments in the incubation experiment

处理编号 Treatment No.	土壤类型 Soil Type	添加有机物种类 Type of organic materials added	数 量 Amount (g)	添加碳酸钙数量 Amount of CaCO <sub>3</sub> added (g)
1(CK)	石灰性紫色土	箭石豌豆	0	未加
2			10	
3			20	
4			30	
5			40	
6			50	
7	石灰性紫色土	稻 草	10	未加
8			20	
9			30	
10			40	
11			50	
12	石灰性紫色土	胡豆茎叶	10	未加
13			20	
14			30	
15			40	
16			50	
17(CK)	普通紫色土 (对照)	箭舌豌豆	0	未加
18			5	
19			10	
20			20	
21			30	
22			40	
23(CK)	不饱和紫色土 (对照)	箭舌豌豆	0	未加
24			5	
25			10	
26			20	
27			30	
28			40	
29	普通紫色土	箭舌豌豆	30	10
30			30	20
31			30	30
32			30	40
33			30	50

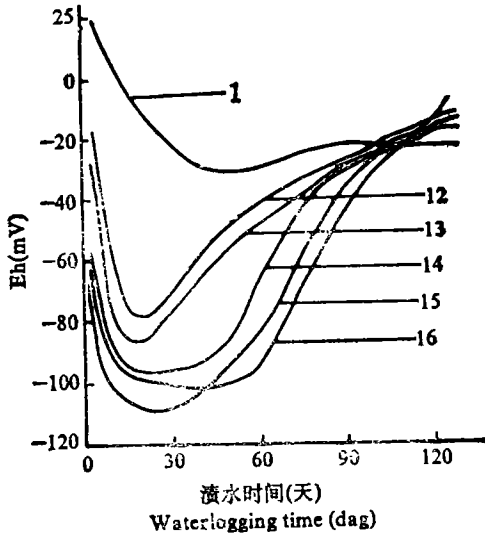
有机物料的对照处理, Eh下降缓慢, 50 天才达到最低值 $-35\text{mV}$ , 之后上升为 $-20\text{mV}$ 。添加有机物料的处理则明显不同, 并随有机物料的添加数量和种类的不同有一定的差异。例如, 添加箭石豌豆的处理(2, 3, 4, 5, 6号)15天内Eh迅速下降, 达到最低值 $-76$ — $-100\text{mV}$ , 之后逐渐上升, 75 天左右接近对照处理, 趋于稳定; 不同处理间随箭舌豌豆添加量的增多Eh变化趋大, 但差异较小, 变化曲线呈束状分布(图1)。添加稻草的处理与添加箭舌豌豆的处理基本相似, Eh变化差异也不大, 曲线呈束状分布, 只是最低值较高, 为 $-60$ — $-77\text{mV}$ ,



1 石灰性紫色土(CK); 7 石灰性紫色土+10g 稻草; 8 石灰性紫色土+20g 稻草; 9 石灰性紫色土+30g 稻草; 10 石灰性紫色土+40g 稻草; 11 石灰性紫色土+50g 稻草

图2 石灰性紫色土加稻草渍水后土壤 Eh 的动态变化

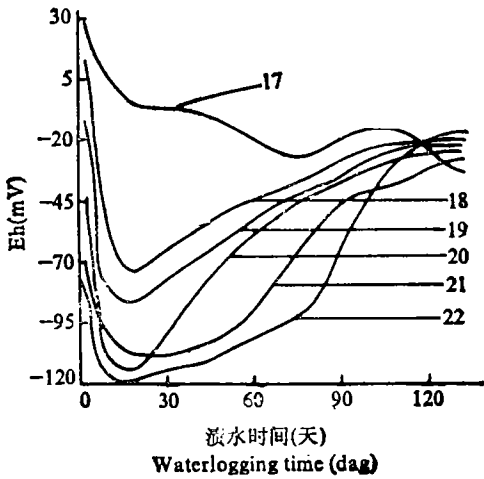
Fig. 2 Dynamic changes in the soil Eh of treatment 7—11 after waterlogging



1 石灰性紫色土(CK); 12 石灰性紫色土+10g 胡豆茎叶; 13 石灰性紫色土+20g 胡豆茎叶; 14 石灰性紫色土+30g 胡豆茎叶; 15 石灰性紫色土+40g 胡豆茎叶; 16 石灰性紫色土+50g 胡豆茎叶

图3 石灰性紫色土加胡豆茎叶渍水后土壤 Eh 的动态变化

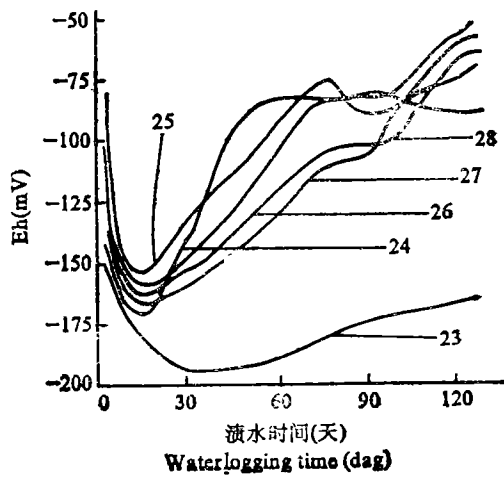
Fig. 3 Dynamic changes in the soil Eh of treatments 12—16 after waterlogging



17 普通紫色土 (CK); 18 普通紫色土 + 5g 箭豌豆; 19 普通紫色土+10g 箭豌豆; 20 普通紫色土+20g 箭豌豆; 21 普通紫色土+30g 箭豌豆; 22 普通紫色土+40g 箭豌豆

图4 普通紫色土加箭舌豌豆渍水后土壤 Eh 的动态变化

Fig. 4 Dynamic changes in the soil Eh of treatments 17—22 after waterlogging



23 不饱和紫色土 (CK); 24 不饱和紫色土+5g 箭豌豆; 25 不饱和紫色土+10g 箭豌豆; 26 不饱和紫色土+20g 箭豌豆; 27 不饱和紫色土+30g 箭豌豆; 28 不饱和紫色土+40g 箭豌豆

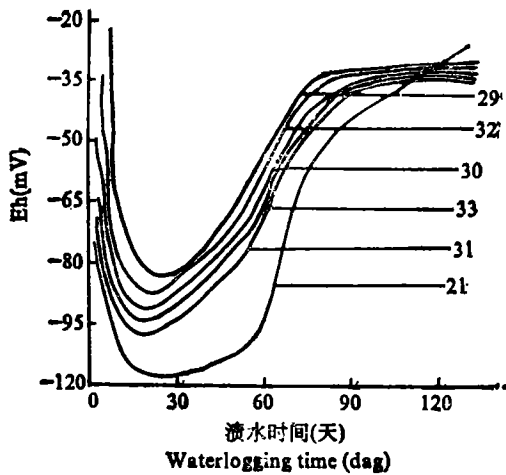
图5 不饱和紫色土加箭舌豌豆渍水后土壤 Eh 的动态变化

Fig. 5 Dynamic changes in the soil Eh of treatments 23—28 after waterlogging

120 天左右才接近对照(图 2)。添加葫豆茎叶的不同处理间 Eh 变化较大, 曲线不如前二者规整, 各处理间的间距较大, 并且渍水 100 天 Eh 接近对照; 其中添加 30、40、50g 的处理最低值都小于 -100mV(图 3)。由此可见, 葫豆茎叶对石灰性紫色土渍水后 Eh 的影响程度最大, 稻草的影响时间最长。其原因可能与葫豆茎叶 C/N 值 < 箭石豌豆 C/N 值 < 稻草 C/N 值有关(表 2)。有机物料 C/N 值愈小, 愈易分解, 分解速度快, 作用时间短, C/N 值愈大, 分解愈缓慢, 作用时间则长。这说明有机物料是控制水稻土淹水还原程度的因素之一。

作为对照的普通紫色土, 渍水后 Eh 的变化表现出与石灰性紫色土有大体相似的过程(图 4)。只是添加箭石豌豆 20g 以上处理的(20, 21, 22 号), Eh 值明显低于石灰性紫色土, 但其变化曲线的形态却与石灰性紫色土添加葫豆茎叶的处理极为相似(图 3)。说明石灰性紫色土只有添加易分解的葫豆茎叶等有机物料, 才能可能达到中性紫色土添加相对较难分解的箭石豌豆的还原程度。

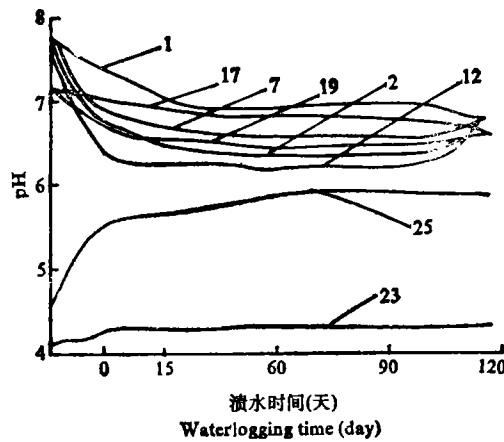
作为对照的不饱和紫色土渍水后 Eh 变化特殊(图 5)。虽然未加箭舌豌豆的对照 Eh 的变化趋势和石灰性紫色土基本相似, 但 Eh 值一直较低(-110—-189mV); 添加有机物料的处理, Eh 值反而明显上升, 均高于对照; 尤其渍水 15 天后表现更为显著, Eh 变化曲线与对照的间距逐渐增大。这一现象的产生, 可能与铁体系的作用有关, 待后讨论。如与石灰性和普通紫色土相比, 其 Eh 值明显低于二者。不难看出, 有机质在不同性质的土壤上其作用有所不同。加入同种同量有机质, 石灰性紫色土渍水后 Eh 值最高, 次为普通紫



21 普通紫色土 +30g 箭豌豆; 29 普通紫色土 +30g 箭豌豆 +10g 碳酸钙; 30 普通紫色土 +30g 箭豌豆 +20g 碳酸钙; 31 普通紫色土 +30g 箭豌豆 +30g 碳酸钙; 32 普通紫色土 +30g 箭豌豆 +40g 碳酸钙; 33 普通紫色土 +30g 箭豌豆 +50g 碳酸钙

图 6 普通紫色土加箭舌豌豆、碳酸钙渍水后土壤 Eh 的动态变化

Fig. 6 Dynamic changes in the soil Eh of treatments 29—33 after waterlogging

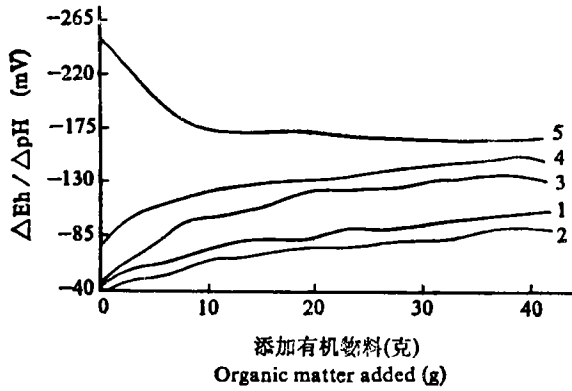


1 石灰性紫色土 (CK); 2 石灰性紫色土 +10g 箭豌豆; 7 石灰性紫色土 +10g 稻草; 12 石灰性紫色土 +10g 葫豆茎叶; 17 普通紫色土 (CK); 19 普通紫色土 +10g 箭豌豆; 23 不饱和紫色土 (CK); 25 不饱和紫色土 +10g 箭豌豆

图 7 土壤渍水后 Eh 的变化

Fig. 7 pH changes of the soils after waterlogging

色土,最低为不饱和紫色土。该结果和田间观察研究的完全一致。



1 石灰性紫色土+箭豌豆; 2 石灰性紫色土+稻草; 3 石灰性紫色土+胡豆茎叶; 4 普通紫色土+箭豌豆; 5 不饱和紫色土+箭豌豆

图 8 有机质对  $\Delta E_h/\Delta p H$  值的影响

Fig. 8 The effect of organic matter on the  $E_h$  pH value

在普通紫色土上添加碳酸钙和箭舌豌豆模拟石灰性紫色土的实验表明(图 6),各处理的  $E_h$  值,比只加入箭石豌豆的处理(对照 21)有明显增高,其变化曲线近似石灰性紫色土加箭石豌豆的处理(图 1)。这表明,石灰性紫色土渍水后  $E_h$  的变化特征与土壤富含碳酸钙(表 1)有密切关系。

综上所述,如按刘志光提出的氧化还原( $E_h$ )状况区分标准<sup>[4]</sup>,则石灰性紫色土各处理处于中度还原状况(200—100mV);普通紫色土在低量有机质的条件下,处于中度还原状况,在高量有机质条件下,处于强度还原状况(-100 mV 以下);

不饱和紫色土各处理均处于强度还原状况。由此似乎可以认为,在长期淹水和有机质含量丰富的条件下,石灰性紫色母质发育的水稻土还原程度不深,不易向潜育化方向发展;中性紫色母质发育的水稻土在高量有机质存在的条件下,可以向潜育化方向发展;酸性紫色母质发育的水稻土较易向潜育化方向发展。

2. 石灰性紫色土各处理渍水后 pH 均有明显下降,逐渐向中性靠拢(图 7),即从 pH 7.90 下降为 pH 6.69—7.13( $\Delta p H$ : 0.77—1.21)。其中,对照处理 pH 下降缓慢,整个变化过程, pH 值略高于添加三种有机物料的处理,添加有机物料的各处理, pH 下降迅速,约 15 天就达到平衡,与有机质的分解速度和  $E_h$  变化同步。这与“主要由有机质决定的还原条件的发展是水稻土渍水后 pH 变化的基本原因”的结论相一致<sup>[4]</sup>。作为对照的普通紫色土各处理渍水后 pH 变化不大,其值从 7.10 下降为 6.68—6.94( $\Delta p H$ : 0.16—0.42)。不饱和紫色土渍水后 pH 变化很特殊,对照 pH 由 4.26 上升到 4.41( $\Delta p H$ : 0.15),而添加有机物料时, pH 才上升为 5.64—6.38( $\Delta p H$ : 1.38—2.12)。可见,不饱和紫色土渍水后的 pH 变化,只有在多量有机质参与的情况下,才逐渐向中性靠拢。

3. 土壤溶液  $\Delta E_h/\Delta p H$  值的大小可以指示质子活度(pH)对  $E_h$  的影响程度<sup>[4]</sup>。将几组处理渍水 15 天的  $\Delta E_h/\Delta p H$  进行对比(图 8)发现:(1)  $\Delta E_h/\Delta p H$  在 -46—-253 mV 范围内有很大变化,(2)石灰性紫色土各处理  $\Delta E_h/\Delta p H$  值明显大于普通紫色土和不饱和紫色土各相应处理;(3)石灰性紫色土的变化曲线与普通紫色土相似,随有机物料加入量的增加,其值逐渐减小;(4)石灰性紫色土,加胡豆茎叶  $\Delta E_h/\Delta p H <$  加箭舌豌豆  $\Delta E_h/\Delta p H <$  加稻草  $\Delta E_h/\Delta p H$ , 并且加胡豆茎叶的曲线靠近普通紫色土加箭石豌豆的曲线;(5)不饱和紫色土各处理  $\Delta E_h/\Delta p H$  维持在 -253—-171mV 极低的范围内,出现随有机物料的加入,其值反而增高的变化趋势。

表 4 三种土壤培育土样的还原物质含量  
Table 4 Contents of reducing substances in the three kinds of soils incubated

还原物 Reducing substances		添加箭石豌豆 (Pea added (g))										
		0	5	10	20	30	40	50				
还原物总量 (cmol/kg)	绝对量	0.16	0.67	0.39	1.20	1.80	2.46	1.90	2.46	3.63	4.45	1.90
	相对比	1.00	3.72	2.44	7.50	11.25	15.38	11.88	15.38	20.17	24.72	11.88
	活性还原物质 (cmol/kg)	0.06	0.25	0.20	0.69	0.89	1.59	0.89	1.59	2.73	2.89	1.25
	非活性还原物质 (cmol/kg)	0.10	4.17	3.23	11.50	14.83	26.54	20.83	14.83	45.67	48.16	20.83
活性还原物 总还原物	绝对量	0.10	0.42	0.19	0.51	0.91	0.87	0.91	0.91	0.90	1.56	0.65
	相对比	1.00	3.50	1.90	5.10	9.10	8.70	9.10	9.10	7.50	13.00	6.50
	绝对量	0.38	0.37	0.51	0.58	0.49	0.65	0.65	0.49	0.75	0.61	0.66
	相对比	1.00	0.97	1.34	1.52	1.28	1.71	1.71	1.28	1.92	1.65	1.77

1) Calcareous purple soil; 2) Orthic purple soil; 3) Unsaturated purple soil

从理论上讲,氧体系和某些有机体系  $\Delta Eh/\Delta pH$  的理论值 (25°C) 为  $-59\text{mV}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3-\text{Fe}^{2+}$  体系为  $-177\text{mV}$ 。受  $\text{Fe}^{2+}$  影响大者,其值较小;受有机还原性物质影响大者,其值较大<sup>[4]</sup>。由此是否可以认为,本模拟实验的各类紫色土渍水氧化还原有如下的机理: 由于不饱和紫色土活性铁含量高(表 1),其淹水后,氧化还原条件主要受  $\text{Fe}(\text{OH})_3-\text{Fe}^{2+}$  体系控制,当加入有机质后,改变了有机还原物质和亚铁的相对比例,从而  $\Delta Eh/\Delta pH$  值增大,  $Eh$  相应增高;石灰性紫色土活性铁含量低,  $\text{Fe}(\text{OH})_3-\text{Fe}^{2+}$  体系作用较弱,当添加有机质后,其氧化还原条件极大地受有机还原体系控制,  $\Delta Eh/\Delta pH$  值较高,  $Eh$  也相应较高。这或许是石灰性紫色母质水稻土剖面发育不深的主要原因。

表 5 三种土壤添加箭石豌豆还原物总量的方差分析

Table 5 Analysis of variance for total amount of reducing substances in the three kinds of soils with pea added

变异来源 Source of variation	自由度 Degree of freedom	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
总体变异	17	82.27	5.07	—	—	—
组 间	12	40.28	20.14	6.58	3.68	6.38
组 内	15	45.99	3.06	—	—	—

## (二) 渍水培育土壤还原性物质状况

从表 4、6、7 可以看出,土壤渍水后  $Eh$  下降,确是由于土壤中产生了多种还原性物质。其中,石灰性紫色土各处理的还原物总量均小于普通紫色土和不饱和紫色土的相应处理(表 4)。还原物总量的方差分析表明(表 5),土壤类型间还原物总量有非常明显的差异,  $F$  值为 6.58;进一步用  $Q$  值检验,不饱和紫色土与石灰性紫色土、普通紫色土的  $Q$  值为 3.45\*\*、2.82\*, 分别大于相应极显著临界值 3.42 和显著临界值 2.14;石灰性紫色土和普通紫色土之间的差异没达到显著水准。由此可见,在相同条件下,石灰性紫色土渍水后的还原程度不可能达到不饱和和紫色土渍水后的强还原状况。这进一步说明了石灰性紫色母质在渍水条件下的弱还原特征。

由表 6 可以看出,有机质的加入促进了还原物质的产生,并随有机物料的增加,还原物质量有增多的趋势。三种有机物料中以葫豆茎叶的中高量处理(添加量大于 30g 以上)对还原物质的影响最大,还原物总量高达 3.73—6.47  $\text{cmol/kg}$ ,相对于对照的比值为 23.31—40.43;而箭舌豌豆和稻草的中高量处理还原物总量为 1.38—2.46  $\text{cmol/kg}$ ,相对于对照的比值仅为 8.63—15.38。从表 7 可以看出,普通紫色土加入碳酸钙后,各处理的还原物总量 (1.73—2.65  $\text{cmol/kg}$ ) 均小于未加碳酸钙者 (3.63  $\text{cmol/kg}$ ),与石灰性紫色土的相应处理接近 (1.80  $\text{cmol/kg}$ ),说明石灰性紫色土富含的碳酸钙有减缓还原物质产生的作用。这与碳酸钙对  $Eh$  变化的影响相一致。

如把以上实验结果和  $Eh$  的变化相比较,可见  $Eh$  值愈低,还原性物质愈多。相关分析表明,各处理还原性物质总量的对数值  $\log c$  与  $Eh$  值(换算为  $\text{pH}7$  时)之间有良好的负相关关系,  $r = -0.77^{**}$  ( $n = 33$ )。由此结合  $Eh$  的变化,如以  $-100\text{mV}$  为强还原态的临界值,则可用还原物总量 3.63  $\text{cmol/kg}$  作为对应临界值,并以此值可大致划分出两类截



表 6 石灰性紫色土添加不同有机物的还原性物质含量

Table 6 Contents of reducing substances in calcareous purple soils with different organic materials added

还原物 Reducing substances		添加量 Amount (g)															
		0	10			20			30			40			50		
		CK	箭 <sup>1)</sup>	稻 <sup>2)</sup>	胡 <sup>3)</sup>	箭	稻	胡	箭	稻	胡	箭	稻	胡	箭	稻	胡
还原物总量 (cmol/kg)	绝对量	0.16	0.39	0.60	0.43	1.20	2.27	1.51	1.80	2.43	4.35	2.46	1.38	6.47	1.90	1.96	3.73
	相对比	1.00	2.44	3.75	2.69	7.50	14.19	9.44	11.25	15.19	27.19	15.38	8.63	40.43	11.88	12.25	23.31
活性还原物质 (cmol/kg)	绝对量	0.06	0.20	0.45	0.28	0.69	1.74	1.03	0.89	1.77	2.53	1.59	0.97	3.65	1.25	1.36	2.46
	相对比	1.00	2.33	7.50	4.67	11.50	29.00	17.17	14.83	29.50	42.17	26.50	16.17	60.83	20.83	26.67	41.00
非活性还原物质 (cmol/kg)	绝对量	0.10	0.19	0.15	0.15	0.51	0.53	0.48	0.91	0.66	1.82	0.87	0.41	2.82	0.65	0.60	1.27
	相对比	1.00	1.90	1.50	1.50	5.10	5.30	4.80	9.10	6.60	18.20	8.70	4.10	28.20	6.50	6.00	12.70
活性还原物 还原物总量		0.38	0.51	0.75	0.65	0.58	0.77	0.68	0.49	0.73	0.58	0.65	0.71	0.56	0.66	0.69	0.67

1) Common vetch; 2) Rice straw; 3) Broadbean stem and leaves.

表 7 碳酸钙对普通紫色土(添加 30g 箭舌豌豆)还原物质的影响

Table 7 The effect of CaCO<sub>3</sub> on reducing substances in haplic purple soils with 30g pea added

还原物 Reducing substance		CaCO <sub>3</sub> (g)						
		0	10	20	30	40	50	30*
还原物总量 (cmol/kg)	绝对量	3.63	2.45	1.73	2.65	1.89	2.48	1.80
	相对比	1.00	0.68	0.48	0.73	0.52	0.68	0.49
活性还原物质 (cmol/kg)	绝对量	2.73	2.24	1.47	2.40	1.78	2.20	0.89
	相对比	1.00	0.82	0.54	0.88	0.65	0.81	0.33
非活性还原物质 (cmol/kg)	绝对量	0.90	0.21	0.26	0.25	0.11	0.28	0.91
	相对比	1.00	0.23	0.29	0.28	0.12	0.31	1.01
		0.75	0.91	0.85	0.91	0.94	0.89	0.49

\* 石灰性紫色土添加 30g 箭舌豌豆。

\* Calcareous purple soil with 30g pea added.

然不同的氧化还原状况。凡土壤还原物总量大于  $3.63\text{cmol/kg}$  者为强还原状况;小于者为弱还原状况。

### (三) 土壤氧化还原状况对水稻生长发育的影响

实验结果表明,石灰性紫色土添加箭石豌豆的各处理,水稻生长正常,比对照处理长势好;对照土壤中,普通紫色土添加低、中量的箭石豌豆(5、10、20g)和不饱和紫色土添加低量的箭舌豌豆(5、10g)的处理与石灰性紫色土相同,能促进水稻的生长。当两种对照土壤分别添加30g和20g以上时,均有锈水出现,稻苗长势差,始终为小苗长相,此时 Eh值小于 $-100\text{mV}$ ;石灰性紫色土添加稻草的各处理,稻草都能正常生长,但添加葫豆茎叶的量大于30g以上时,则有明显障碍因素产生,例如水面有一层黑灰色的水膜,稻苗多次发生死亡现象,此时 Eh 值小于 $-100\text{mV}$ ,普通紫色土加入碳酸钙,即使添加 30g 的箭舌豌豆,水稻仍能正常生长,这又一次证明了碳酸钙确有减弱还原程度的作用。如把以上水稻生长状况与土壤的氧化还原状况结合起来,可发现二者具有明显的一致性。即当土壤 Eh 小于 $-100\text{mV}$ ,还原物总量大于  $3.63\text{cmol/kg}$  时,水稻生长受到危害,尤其是后一指标,由此可见,弱还原状况能促进水稻的生长,强还原状况则发生危害水稻正常生长的现象。

### 参 考 文 献

- 1.徐建忠等,1992: 石灰性紫色母质形成的水稻土诊断分类的初步研究。64—72 页,科学出版社。
- 2.中国科学院南京土壤所土壤系统分类课题组,1991: 中国土壤系统分类(首次方案)。90 页,科学出版社。
- 3.中国土壤学会农业化学专业委员会编,1983: 土壤农业化学常规分析。235—241 页,科学出版社。
- 4.于天仁等,1983: 水稻土的物理化学。5—9 页,22 页,188—189 页,科学出版社。

## STUDY ON REDOXIC FEATURES OF CALCAREOUS PURPLE SOILS AFTER WATERLOGGING

Xu Jianzhong and Tang Shijia

(*Chengdu Institute of Mountain Hazard and Environment, Academia Sinica, 610041*)

### Summary

The present paper deals with a study on redoxic features of calcareous purple soils after waterlogging through a simulated incubation test. The results show that (1) as compared with haplic purple soils and dystric purple soils, calcareous purple soils were difficult to develop strong reduction status, which was related to the contents of  $\text{CaCO}_3$  and active iron of soils (2) the different organic substances had different influences on soil reduction intensity and (3) the intensity factor (redox potential) was highly correlated with the amount factor (content of reducing materials) and was consistent with the growth status of rice. When  $\text{Eh} < -100\text{mV}$  and the total amount of reducing substances  $> 3.63\text{cmol/kg}$ , soils were easy to develop strong reduction status, which would poison the rice growing.

**Key words** Calcareous purple soils, Waterlogging, Redox potential, Reducing materials, Rice growing