

# 綠肥压青后水稻生育期間土壤中 还原性物质的动态变化

李学垣 韓德乾

(华中农学院土壤农化系)

綠肥压青后随即栽秧或未经腐烂就栽秧,常会引起水稻黑根枯苗的“烧秧”现象。一般认为,还原性物质的毒害是引起这一现象的原因之一。然而引起毒害的还原性物质,主要是低铁还是硫化氢或其它还原性物质?则一直不大清楚。近年来不少研究者指出,水稻土的氧化还原状况对水稻的生长发育和土壤养分状况有很大影响<sup>[1-4]</sup>;有的研究者指出,对于水稻土的氧化还原体系,应从其彼此相关而又不同的强度因素与数量因素两方面进行研究<sup>[5]</sup>,并提出了相应的研究方法<sup>[6,7]</sup>。按照这些方法,1962年我们在研究綠肥压青后水稻生育期间土壤中还原性物质的动态变化时初步看出<sup>[8]</sup>:活性有机还原物质在还原性物质总量的变化中起着主要的作用。在此基础上又于1963年进行了田间小区试验,以探索綠肥压青后土壤中还原性物质含量的变化及其对水稻生长的影响。现将所得结果整理如下。

## 一、試驗田情况与試驗方法

1. 試驗田的基本情况: 試驗是在武昌华中农学院試驗站农艺场第四纪黄色粘土母质发育的粘壤质青泥田上进行的。土壤接近中性反应(pH 6.2—6.6),有机质含量2.05%,全氮量为0.13%,地下水位变动在50厘米以内,地面与地下排水都不够通畅,有点冷瘠。

2. 試驗布置与主要管理措施: 淨試驗面积为6450平方尺,共分八个小区,每小区面积为1/10亩,按压綠肥与不压綠肥两种处理,重复四次,用对比法排列。压綠肥区每小区翻压紫云英綠色体(含氮量为0.26%)200斤。两种处理的每小区划出一半面积作为取样区,其中不种稻取样区和种稻取样区的面积各为1/40亩。

試驗田前作为冬闲,于4月10日灌水,4月12日翻耕,4月24日压綠肥,5月21日插秧(中稻,品种为华中1号),插秧密度为5×6寸,每蔸6—8棵基本苗。返青后中耕一次。7月26日放水烤田4天。8月21日收割。

3. 采样与室内分析: 于水稻主要生育期采新鲜土样,即时进行还原性物质的测定。每次均从采样区按“品”字形排列三点取样,每点取样2—5克,放入已知重量的铝盒或大型扁形磨口称量瓶中(立即混合搅匀,盖好盖子),迅速送到化验室,弃去表面的土样,再分别取出一定数量的样品,进行含水量与还原性物质的测定<sup>[7]</sup>。

## 二、試驗結果

(一) 从綠肥压青后水稻生长期间0—15厘米土层中还原性物质含量的变化(表1)

表 1 水稻生长期间 0—15 厘米土层中还原性物质含量的变化 (毫当量/100 克土)

取样时间(日/月)	处理*	还原物质 总 量	活性还原 物 质	活性有机 还原物质	非 活 性 还原物质	低 铁	低 锰
9/5 (压青后半个月)	I	19.53	7.80	4.13	11.73	3.67	0.49
	II	19.53	7.80	4.13	11.73	3.67	0.49
	III	13.43	3.10	1.00	10.33	2.10	0.43
26/5 (压青后 32 天, 返青)	I	16.56	7.86	3.90	8.70	3.96	0.50
	II	17.03	8.73	4.45	8.30	4.28	0.50
	III	15.70	6.69	3.30	9.01	3.39	0.48
17/6 (压青后 54 天, 分蘖末至拔节)	I	10.99	7.45	1.10	3.54	6.35	0.62
	II	10.52	7.51	1.06	3.01	6.45	0.58
	III	11.07	6.38	0.42	4.69	5.96	0.66
10/7 (压青后 77 天, 孕穗末至抽穗)	I	23.12	10.49	1.72	12.63	8.77	0.47
	II	19.72	10.62	1.81	9.10	8.81	0.56
	III	17.79	9.61	1.62	8.18	7.99	0.48
30/7 (扬花灌浆期)	I	12.90	4.37	1.48	8.53	2.89	0.44
	II	11.41	4.47	1.73	6.94	2.74	0.43
	III	14.06	6.29	3.81	7.77	2.48	0.54
16/8 (黄熟期)	I	14.42	4.63	2.50	9.79	2.13	0.44
	II	18.76	6.14	3.49	12.62	2.65	0.46
	III	—	4.85	2.66	—	2.19	0.45

\* I——绿肥压青栽稻, II——绿肥压青不栽稻, III——未压绿肥栽稻。

可以看出:

1. 从绿肥压青到水稻分蘖末期的 54 天中, 0—15 厘米土层内还原性物质总量及非活性还原物质都是逐渐减少的, 在孕穗末期至抽穗期有显著的增加, 随后又显著减少。活性有机还原物质在压青后 54 天内逐渐减少, 在孕穗末期略有增加。低铁的含量自压青后到水稻孕穗末期这 77 天内, 一直是在增加着, 可是由于排水的关系, 到水稻扬花灌浆与黄熟期, 则有显著的降低。低锰含量的变幅不大, 在每百克土 0.44—0.62 毫当量的范围以内。

2. 绿肥压青后至水稻孕穗末期这 77 天内, 土层中各种还原物质的含量均比未压绿肥的高, 锰的差异不显著。

3. 绿肥压青栽稻与不栽稻两种情况比较起来, 水稻生长期间(尤其是绿肥耕翻以后至水稻生长前期)土层中活性还原物质、活性有机还原物质、低锰和低铁的含量大体上是相同的。但在水稻孕穗末期至抽穗期, 栽稻区土壤中还原物质总量与非活性还原物质的含量则高于未栽稻的。

(二) 当分别比较 0—5 厘米土层和 5—15 厘米土层中还原性物质的含量(见图 1、2、3)时可以看出:

1. 绿肥压青后无论是否栽稻, 自绿肥压青到水稻分蘖末期这 54 天中, 0—5 厘米土层内还原物质总量、活性还原物质和活性有机还原物质的含量都是逐渐减少的, 但是低铁的含量则有所增加。

在未压绿肥栽稻的情况下, 0—5 厘米土层中还原物质总量、活性还原物质、活性有机

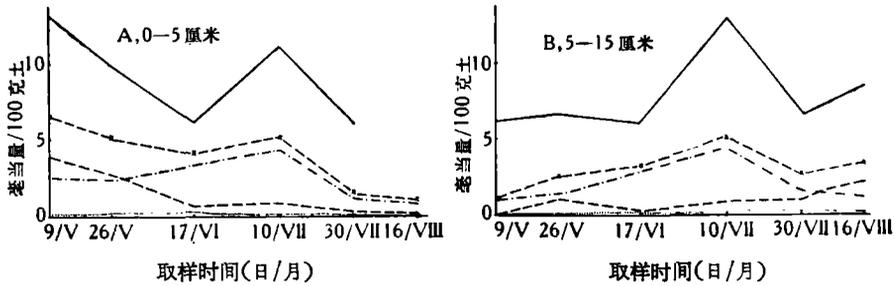


图1 绿肥压青栽稻区土壤中还原性物质的动态变化

— 还原物质总量    ×---×---× 活性还原物质    - - - - - 活性有机还原物质  
 ······ 低铁    - · - · - · 低锰

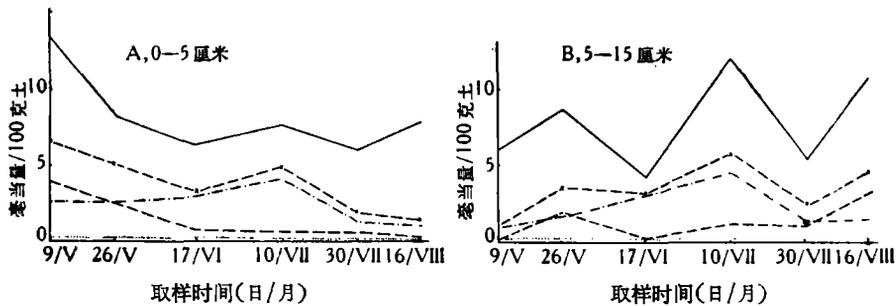


图2 绿肥压青不栽稻区土壤中还原性物质的动态变化

— 还原物质总量    ×---×---× 活性还原物质    - - - - - 活性有机还原物质  
 ······ 低铁    - · - · - · 低锰

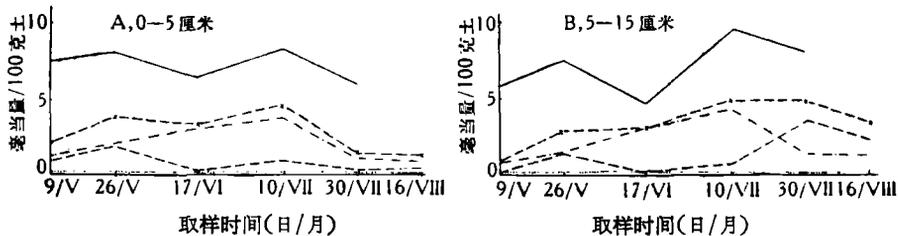


图3 未压绿肥栽稻区土壤中还原性物质的动态变化

— 还原物质总量    ×---×---× 活性还原物质    - - - - - 活性有机还原物质  
 ······ 低铁    - · - · - · 低锰

还原物质和低铁的含量在压青后 15 天至 32 天间有明显的增加；到压青 54 天时，除低铁含量仍在增加外，其余都显著减少。

在压青 54 天以后直到水稻成熟，除绿肥压青栽稻的在孕穗末期至抽穗期还原物质总量比绿肥压青不栽稻和未压绿肥栽稻的高以外，三种处理区中，0—5 厘米土层中活性还原物质、活性有机还原物质和低铁含量的变化趋势大体上是相同的。

2. 水稻生育期间，三种处理区 5—15 厘米土层中还原物质总量(除压青区的绝对量比未压绿肥区高以外)与低铁含量的变化趋势是一致的。活性还原物质与活性有机还原物质的变化趋势也大致相同。

3. 在水稻孕穗末期以前，三种处理区 0—5 厘米土层中的还原物质总量、活性还原物

质、活性有机还原物质与低铁的含量几乎都比 5—15 厘米土层中的高；在孕穗末期以后，情况恰好相反；锰的差异不大明显。

### 三、讨 论

(一) 在比较绿肥压青后 54 天内土层中还原性物质的含量与未压绿肥者的差异 (表 2) 时可以看出：

表 2 绿肥压青栽稻与未压绿肥栽稻两种处理土层中还原性物质含量之差

项 目	0—5 厘米			0—15 厘米		
	压青后15天 (9日/5月)	压青后32天 (26日/5月)	压青后54天 (17日/6月)	压青后15天 (9日/5月)	压青后32天 (26日/5月)	压青后54天 (17日/6月)
还原物质总量之差(毫当量/100克土)	5.76	1.73	-1.50*	6.10	0.86	-0.08*
活性还原物质之差(毫当量/100克土)	4.42	1.40	0.86	4.70	1.17	1.07
活性有机还原物质之差(毫当量/100克土)	2.99	0.81	0.44	3.13	0.60	0.68
低铁含量之差(毫当量/100克土)	1.43	0.59	0.42	1.57	0.57	0.39
活性有机还原物质之差占活性还原物质之差的%	67.6	57.9	51.2	66.6	51.3	63.6
低铁含量之差占活性还原物质之差的%	32.4	42.1	48.8	33.4	48.7	36.4
活性还原物质之差占还原物质总量之差的%	76.7	90.9	—	76.7	—	—

\* 负值表示压绿肥栽稻区小于未压绿肥栽稻区。

1. 绿肥压青区的还原物质总量在压青后 15 天内显著的高于未压青区,但随着时间的延长,差异愈来愈小,到压青后 32 天,差异即不大显著。这与其它研究者的研究结果及生产实践中绿肥压青腐烂半个月以后再栽秧时即对水稻生长无显著不良影响的现象相符合。由此可以推断,绿肥压青引起还原物质的增加,可能是压绿肥后即时栽秧时引起烂秧以致死苗的原因之一。

2. 绿肥压青与未压绿肥的田中还原物质总量的差异主要是由活性还原物质引起的。在活性还原物质中,低铁起着重要的作用。但绿肥压青后 54 天内反映的情况是:(1)低铁的含量在每百克土 2.6—3.5 毫当量的范围内,还不致于因低铁过多而对水稻的正常生长产生不良的影响。(2)土壤中低铁的含量,在水稻生长前期是随着绿肥的分解进程而增加(在水稻生长后期,因排水晒田而显著地降低),可是,绿肥压青后即时栽秧所引起的烂秧死苗的现象,却是随着绿肥的分解而逐渐减少以至消失。由此看来,低铁含量的增加并不是绿肥压青后即时栽秧时引起烂秧死苗的突出原因。至于硫化氢对水稻的毒害,在本试验的土壤中,由于铁离子与锰离子的大量存在,估计也未必可能。

基于以上情况,再考虑到活性有机还原物质在还原性物质总量的增加中占着重要的地位,我们认为,土壤中活性有机还原物质在绿肥压青后的大量增加,可能是压青后即时栽秧时引起烂秧以致死苗的主要原因。

(二) 在三种处理的情况下,土壤中还原物质总量、活性还原物质与低铁的含量都在孕穗末期与抽穗期又出现高峰,这与我们 1962 年在水旱两作田上的研究结果<sup>[8]</sup>基本一致。从田间情况看,出现这一现象可能是由于在此期间灌深水的缘故。

在此期间,绿肥压青栽稻区土壤中还原物质总量、非活性还原物质、活性有机还原物质与低铁含量都比未压绿肥栽稻区为高,表明绿肥翻压后的腐解过程是个耗氧过程,绿肥的翻压会增加土壤的还原程度与还原性物质的含量。

(三) 在三种处理的情况下,水稻生育期间土壤中低锰的变化与差异不大显著,这与锰的电化学性质、以及锰在土壤中的含量较低是相符的。

(四) 在水稻孕穗至抽穗期以前,0—5 厘米土层中的还原物质总量、活性还原物质、活性有机还原物质与低铁的含量,一般比 5—15 厘米土层中的高,而在这个时期以后,情况则恰好相反。这表明灌水栽培水稻后,土壤耕层中氧化还原状况是有分化的。

#### 四、摘 要

在田间研究了绿肥压青栽稻与不栽稻、未压绿肥栽稻等三种情况下,水稻生长期间土壤中还原性物质的动态变化。

1. 绿肥压青后 15 天内土壤中的还原物质总量显著高于未压青的田,随着时间的延长,差异愈来愈小,这种差异主要是由活性还原物质引起的,其中活性有机还原物质占着主要的地位。

2. 绿肥压青后 54 天内,土层中低铁的含量在每百克土 2.6—3.5 毫当量的范围之内,且在水稻生长前期是随着绿肥的分解进程而增加。

3. 0—5 厘米土层中各种还原物质的含量,在水稻孕穗至抽穗期以前比 5—15 厘米土层为高,以后则恰好相反。

基于 1、2 两点,再考虑到绿肥压青后随即栽秧所引起的烂秧以致死苗的现象是随着绿肥的分解而逐渐减少以致消失,作者认为土壤中活性有机还原物质在绿肥压青后的大量增加,可能是压青后即栽秧时引起烂秧以致死苗的主要原因。

#### 参 考 文 献

- [1] 于天仁、刘婉兰:水稻土中氧化还原过程的研究(III) 氧化还原条件对水稻生长的影响。土壤学报,5 卷 4 期,292—304 页,1957 年。
- [2] Неунылов Б. А.: Окислительно-восстановительные процессы в почвах рисовых полей и методы управления ими с целью повышения урожайности. Сб. Научных Работ Сель.-опытно-исслед. Учреждений Приморского края, Вып. 1, 1948.
- [3] Неунылов Б. А.: Окислительно-восстановительные процессы в почвах рисовых полей Дальнего Востока и значение их для питания риса. Доклады Советских Почвоведов к Международному Конгрессу в С. Ш. А., 208—212, 1960.
- [4] 中国科学院农业丰产研究丛书编辑委员会,编写单位:中国科学院土壤研究所:水稻丰产的土壤环境,173—179 页,科学出版社,1961 年。
- [5] Gilleispie L. J.: Reduction potentials of bacterial cultures and of waterlogged soils. Soil Sci., 9:199—216, 1920.
- [6] Геллер И. А.: О влияние культурных растений на окислительно-восстановительный режим почвы. Почвоведение, № 10, 920—926, 1952.
- [7] 刘志光、于天仁:水稻土中氧化还原过程的研究 V. 还原性物质的测定。土壤学报,10 卷 1 期,13—28 页,1962 年。
- [8] 李学垣、张光远、麦月珠:水旱两作田土壤生产性能的研究。华中农学院科学研究年报(土化系部分),1—5 页,1963 年。

## THE DYNAMICAL EQUILIBRIUM OF SOIL REDUCTIVE SUBSTANCES AFTER GREEN-MANURING FOR RICE CULTURE

S. Y. LI AND D. C. HAN

*(Agricultural College of Central China, Wuhan)*

### Summary

1. Total reductive substances and active ferrous compounds were determined in soil: 1) of green-manured and not green-manured control, both under rice crop; 2) under rice crop and uncropped control, both after green-manuring.

2. Total soil reductive substances determined within 15 days after green-manuring were significantly higher than not green-manured control. The differences decreased with time and were caused chiefly by the active reductive substances mainly in organic form.

3. Within 54 days after green-manuring, the ferrous content of soil varied within 2.6–3.5 milli-equivalent per 100 g. During the earlier stages of rice culture the ferrousion increased progressively with the progress of the decomposition of green-manure.

4. Before tillering, the total reductive substances in the top 0–5 cm soil layer were higher than in underlying 5–15 cm layer; after the tillering stage, the relation was reversed.

5. The experiment results point out that the excessive accumulation of active reductive substances might be the cause of seedling-rot and death of seedling when seedlings are transplanted within a few days after green-manuring.