

石灰性土壤上植物根际锌的形态分布 及其与植物吸收锌的关系

范晓晖 施卫明 刘芷宇

(中国科学院南京土壤研究所)

石灰性土壤上作物缺 Zn 是一个比较普遍的问题。长期以来,土壤化学家对土壤中 Zn 的状况研究虽较多^[1,2],但对与植物吸收密切相关的根际土壤中 Zn 的存在状况报道甚少。本文初步探索根际土壤中各形态 Zn 的转化过程及其对植物的有效性以及植物品种间的差异性。

一、材料和方法

(一)供试土壤 系河南省封丘县的黄河冲积母质发育而成的黄潮土(即二合土, pH 为 8.60,有机质 0.63%, CEC 为 5.88mg/100g 土,全 Zn 量 69.3mg/kg)和四川省资阳紫色土(pH8.70,有机质 0.14%, CEC 23.24mg/100g 土,全 Zn 含量 119.3mg/kg)。

(二)根际土壤的采集 用 300 目尼龙筛网做成根袋,每 kg 土壤加 N 167mg、P 167mg 充分混匀,过 40 目筛。根袋装入 150g 土壤,然后埋入装有同样土壤 1.5kg 的盆中。二合土控制土壤水分为 14%,紫色土为 17%。在根袋中分别播入小麦(品种为宝丰、郑引)、大麦(品种为西引、欧洲大麦)以及蕃茄(品种苏杭 4 号)。间苗后每盆根袋中保留小麦、大麦各 12 株,蕃茄 4 株。各处理重复 4 次。生长 45 天后收获植株地上部。从盆中取出根袋,将土壤分离出来,过 20 目筛后备用。

(三)土壤锌形态测定 依据 Singh(1988)的分级方法,其中进行了部分改进^[2]。

(四)土壤及植株锌的全量测定 土样用 HNO₃-HClO₄-HF 方法消煮^[3]。植株样品用浓 HNO₃ 消煮。Zn 含量用 AA-1275/1475 型原子吸收光谱测定。

二、结果与讨论

(一)不同植物品种根际 Eh、pH 变化

供试土壤上不同植物品种根际 pH 变化趋势和变化范围存在一定差异(表 1)。根际与非根际土壤的 pH 值相比,二合土中除蕃茄的根际 pH 略有下降趋势,大麦(品种西引)较稳定外,其它品种的均有所上升。紫色土上则 5 种植物根际 pH 都呈下降趋势,但差异并不显

表 1 不同植物品种根际 Eh、pH 值以及植株干物重

品 种		宝 丰	郑 引	西 引	欧洲大麦	蕃 茄	非根际土
		根 际 土					
二 合 土	Eh(mV)	426	413	453	399	450	508
	pH	8.09	8.07	7.81	8.01	7.63	7.84
	植株干重(g)	2.04	2.20	1.85	1.97	1.36	
紫 色 土	Eh(mV)	473	436	409	469	444	523
	pH	7.49	7.64	7.58	7.56	7.51	7.77
	植株干重(g)	2.69	3.44	3.00	2.71	2.72	

著。看来这与石灰性土壤上原有 pH 和碳酸盐含量较高有关。

根际 Eh 与非根际 Eh 值相比, 在两种石灰性土壤上, 5 种植物根际 Eh 值都明显下降, 二合土中以欧洲大麦 Eh 值下降幅度较大, 达 109mV。紫色土中以西引(大麦品种)根际 Eh 下降最大达 114mV。品种间根际 Eh 下降幅度不同, 可能与各品种根系分泌物的种类、数量多少有关, 也可能与根际微生物活性大小有关^[4]。

(二)根际土壤锌的形态分布

二种石灰性土壤中交换态锌(EX-Zn)含量极微, 未能测出。其它形态锌的分布规律大体相似(表 2), 残余态 Zn(RES-Zn)占土壤全 Zn 量的绝大部分, 二合土的为 51%, 紫色土的为 83%。这与 Singh 和 Liang 测得的土壤残余态 Zn 占土壤全 Zn 量的 60—91% 的结果一致^[2,5]。其次为晶形氧化铁结合态 Zn(COFe-Zn)和无定形氧化铁结合态锌(AOFe-Zn)含量较高。而两种土壤上不同之处在于二合土中, 氧化锰结合态 Zn(OMn-Zn)含量最低, 只占全 Zn 量的 0.4—0.6%, 碳酸盐结合态锌(CARB-Zn)占全 Zn 量 1.2—1.5%, 有机态锌(OM-Zn)占 0.8—3.7%, AOFe-Zn 占 7.7—14.6%, COFe-Zn 占 22.5—23.2%。紫色土中则 CARB-Zn 含量最低只占 0.2—0.3%, OMn-Zn 占 0.5—0.6%, OM-Zn 占 0.4—0.6%, AOFe-Zn 占 2.8—3.4%, COFe-Zn 占 9.6—11.9%。在二合土处理中, CARB-Zn、OMn-Zn 在 5 种根际土壤上都出现亏缺。5 种植物根际中 OM-Zn、AOFe-Zn 量存在显著差异, 说明不同植物品种的根系对根际土壤中各形态 Zn 的转化和利用能力存在较大差异。在这 5 种品种中, “宝丰”根际中 CARB-Zn、OMn-Zn、AOFe-Zn 亏缺程度最大, 其次为“郑引”品种, 蕃茄根际中亏缺量较少。

表 2 不同作物品种根际土中 Zn 的形态分布 (mg/kg)

锌的形态		EX-Zn	CARB-Zn	OMn-Zn	OM-Zn	AOFe-Zn	COFe-Zn	RES-Zn
品 种		二 合 土						
根 际 土	宝丰(小麦)	nd	0.81	0.26	0.58c	5.31C	15.40	
	郑引(小麦)	nd	0.91	0.30	0.94bc	6.50C	15.59	
	西引(大麦)	nd	0.96	0.28	1.28bc	7.88BC	15.82	
	欧洲大麦	nd	1.02	0.33	1.71ab	9.99B	16.67	
	蕃茄	nd	1.03	0.43	2.63a	10.13B	16.10	
非根际土		nd	1.09	0.44	1.75ab	13.60A	17.16	35.3
		紫 色 土						
根 际 土	宝丰(小麦)	nd	0.25	0.65AB	0.44d	3.33de	13.80	
	郑引(小麦)	nd	0.29	0.67AB	0.56ab	3.58de	11.50	
	西引(大麦)	nd	0.26	0.77A	0.56ab	3.70d	14.20	
	欧洲大麦	nd	0.31	0.73AB	0.57ab	4.20b	14.00	
	蕃茄	nd	0.32	0.75AB	0.66a	4.10bc	13.70	
非根际土		nd	0.31	0.41C	1.054bc	4.63a	13.00	100.45

注: nd 表示未能测出。a、b、c 和 A、B、C 分别表示为 5% 和 1% 显著性水平。

紫色土虽与二合土根际 Zn 分布状况有所不同。但与非根际土壤相比, 根际 CARB-Zn 同样呈亏缺趋势。但 OMn-Zn 在根际, 中明显累积, 根际 OM-Zn 除“宝丰”根际亏缺、蕃茄根际累积, 其余几个品种变化较小。

二种石灰性土壤植物根际中无定形结合态 Zn 都呈显著下降趋势, 表明在根系作用下, 根际土壤中部分 AOFe-Zn 逐步向 OM-Zn、OMn-Zn、CARB-Zn 转化, 提高了土壤中 Zn

的有效性。二合土、紫色土上的结果都表明,“宝丰”的根系对根际土壤中 Zn 转化、吸收利用能力较强。然而,各品种根际土壤中有效态 Zn 亏缺量大小与表 1 中根际 Eh、pH 值并没有显著关系,如二合土上小麦“宝丰”和“郑引”根际 pH 上升幅度最大,而土壤 Zn 亏缺量也最高。这说明作物品种的根系吸收能力和根系分泌物的作用在根际土壤 Zn 的转化过程中占主导地位。

(三)根际土壤中锌形态与植物吸收锌的关系

两种土壤上植物植株的含锌量不同。两合土上植株的含 Zn 量比紫色土上的高(表 3)。但由于紫色土上种植的植物生长量较大,植株总吸 Zn 量表现为紫色土并不低。根际土壤中各形态 Zn 含量与植株含 Zn 量相关。统计结果表明,植株含锌量与根际土壤中有机态 Zn 含量呈显著负相关。

$$\text{二合土} \quad y(\text{植株含 Zn 量}) = 30.07 - 10.09x(\text{OM-Zn}) \quad r = -0.9229^{**}$$

$$\text{紫色土} \quad y(\text{植株 Zn 含量}) = 0.475 - 52.28x(\text{OM-Zn}) \quad r = -0.8903^*$$

二合土上 5 种植物总吸 Zn 量与根际土壤 OM-Zn 含量也呈显著负相关。

$$y(\text{植株吸 Zn 量}) = 79.02 - 24.8x(\text{OM-Zn}) \quad r = -0.9140^{**}$$

上述结果表明,根际土壤 OM-Zn 是植物吸收利用的重要 Zn 形态。另外 5 种植株 Zn 含量和总吸 Zn 量结果也表明,小麦宝丰、郑引品种植株含锌量、总吸 Zn 量最高,这与根际土壤 Zn 形态亏缺结果一致。说明小麦比大麦、蕃茄吸收利用土壤中 Zn 的能力要强。

综上所述,根际土壤有效态 Zn 总的趋势呈现亏缺,与 youself(1989)发表的有效态 Zn 在根际中亏缺的结果一致^[4]。根系分泌物对土壤中难溶性 Zn 有一定的活化作用^[6],可能由于根系对根际土壤中 Zn 的吸收超过了根系对土壤中 Zn 的活化量,而导致根际土壤有效态 Zn 亏缺。品种间的这种差异看来是与不同植物根系吸收能力,根系分泌物种类以及分泌能力等根系特性有关。对于这方面研究尚有待进一步深入。

表 3 两种土壤上植物的植株含锌量及吸锌量

品 种	含锌量(mg/kg)	吸锌量(μg/盆)
二 合 土		
宝丰(小麦)	3.12A	63.7A
郑引(小麦)	27.2AB	59.8AB
西引(大麦)	19.1C	35.3C
欧州大麦	24.2BC	47.7BC
蕃茄	7.5D	10.2D
紫 色 土		
宝丰(小麦)	26.6a	60.8AB
郑引(小麦)	20.9ab	71.9A
西引(大麦)	19.5bc	58.5BC
欧州大麦	17.8cd	48.2CD
蕃茄	10.7c	29.1E

参 考 文 献

- [1] Shuman, L. M., Soil Science, 140 (1): 11—22, 1985.
- [2] Singh, J. P., S. P. S. Karwasra. and M. Singh, Soil Science, 146 (5): 359—365, 1988.
- [3] 劳家桎主编,土壤农化分析手册,706页,农业出版社,1988.
- [4] Yousself, R. A. and M. Chino. Soil Sci. Plant Nutri. 35 (4): 609—621, 1989.
- [5] Liang, J., J. W. Stewart and R. E. Karamanos, Can. J. Soil Sci. 70: 335—342, 1990.
- [6] Zhang, F. S., V. Romheld, H. Marschner, Z. pflanzenernahr. Bodenk. 152: 205—210, 1989.