

# 夏玉米铜的吸收与器官间的分配研究

崔彦宏<sup>1</sup>, 张桂银<sup>2</sup>, 郭景伦<sup>3</sup>, 李伯航<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学 农学院, 河北 保定 071001; 2. 河北农业大学 资源与环境学院, 河北 保定 071001; 3. 北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100089)

**摘要:**以两种不同株型夏玉米品种为材料, 就不同生育时期玉米植株对铜的吸收、积累及其在不同器官之间的分配情况进行了研究。结果表明, 玉米植株铜的含量在苗期较高, 随生长发育的进程而逐渐降低; 穗期吸收量最大, 子粒灌浆期间对铜的吸收量也较多, 两品种吸收铜的差异主要在花粒期, 紧凑型品种在乳熟期吸收量较大, 而平展型品种在子粒形成期吸收量较大。成熟期不同器官铜的积累量依次为叶片、子粒、茎秆(雌穗)、叶鞘(苞叶)、雄穗、穗柄、花丝。两品种间单株吸铜量差异不明显, 单位面积吸收量的差异主要是由于密度造成的。

**关键词:**夏玉米; 铜; 吸收; 积累; 分配

中图分类号: S513.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)01-0041-03

## Accumulation and Partitioning of Copper in Corn(*Zea mays* L.)

CUI Yan-hong<sup>1</sup>, ZHANG Gui-yin<sup>2</sup>, GUO Jing-lun<sup>3</sup>, LI Bo-hang<sup>1</sup>

(1. Department of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. Department of Soil Science, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

3. Maize Research Center, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Science, Beijing 100089, China)

**Abstract:** Two types of summer maize hybrid were measured for the amount of absorption, accumulation and partitioning of copper in different organs during the growth and development. The results showed that the concentration of copper in corn plant declined as plant developing. Absorption of copper was lower at seedling stage and increased rapidly after elongation, then declined slowly during grain filling period. Copper accumulated mainly in leaf laminae and grains for matured plant. No significant difference was found for absorption amount per plant between the two hybrids, and the difference for the amount absorbed per hectare was mainly due to the difference of plant density.

**Key words:** Corn; Copper; Absorption; Accumulation; Partitioning

铜是玉米必需的微量元素, 为多种酶的活化剂或组成成分, 在维持作物生理功能方面起着重要作用<sup>[1]</sup>。研究表明, 铜肥对玉米的生长发育和产量形成具有一定作用<sup>[2,3]</sup>, 但过量施用铜肥也会对玉米植株产生毒害作用<sup>[4]</sup>。玉米对不同形态铜的利用存在一定差别<sup>[5]</sup>, 磷、锌肥料的施用可降低玉米植株对铜的吸收<sup>[6]</sup>。玉米果穗当中铜的分布与子粒的败育无直接关系<sup>[7]</sup>。沈蕴石等对不同产量水平条件下夏玉米植株铜的吸收与分配规律进行了研究<sup>[8]</sup>, 但不同株型玉米品种对铜的吸收及铜在不同器官之间的分配情况目前尚不明确。

## 1 材料和方法

试验在河北农业大学标本园进行, 试验地 0~20 cm 土层含有机质 18.5 mg/g、全氮 0.83 mg/g、速效氮 75.4 mg/kg、速效磷 35.01 mg/kg、速效钾 140 mg/kg, 施用优质粗肥 75 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、N 375 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 187.5 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 187.5 kg/hm<sup>2</sup>。紧凑型品种选用掖单 13 号, 种植密度 7.5 万株/hm<sup>2</sup>; 平展型品种选用沈单 7 号, 种植密度 5.25 万株/hm<sup>2</sup>。6 月 10 日播种, 15 日出苗、9 月 29 日收获; 掖单 13 号子粒产量 11 700 kg/hm<sup>2</sup>, 沈单 7 号子粒产量 7 875 kg/hm<sup>2</sup>。分

别在三叶期、拔节期、大喇叭口期、吐丝期、吐丝 15 d、吐丝 30 d、吐丝 45 d 和完熟期取样, 将植株按叶片、叶鞘、茎秆、雄穗、苞叶、花丝、穗柄、穗轴和子粒分开。样品用去离子水冲洗干净, 105℃杀死、80℃条件下烘干至恒重。植株样品铜用 GFU202 型原子吸收分光光度计测定。

2 结果与分析

2.1 不同器官铜的含量

随着植株的生长发育, 全株和子粒含铜量逐渐下降, 花丝和穗柄逐渐升高, 其他器官则在成熟期或苗期最高。两品种间主要器官中铜的含量变化趋势基本一致(表 1)。

2.2 铜的阶段吸收量与累积吸收量

玉米植株对铜的吸收随生长发育而逐渐增加。从累积吸收量看, 拔节期累积吸收 5.9%~6.9%, 吐丝期累积吸收 58.1%~64.6%, 吐丝后 45 d 累积吸收 98.3%~100%。从阶段吸收量看, 苗期吸收量较少, 占 5.9%~6.9%, 穗期吸收最多, 占 52.2%~57.7%, 子粒灌浆期间对铜的吸收量也较多, 占 41.9%~35.4%。两品种对铜的吸收差异主要在花粒期, 沈单 7 号在吐丝至吐丝后 15 d 吸收量较大, 而掖单 13 号在吐丝后 30~45 d 吸收量较大; 此外, 掖单 13 号花粒期的吸收量要高于沈单 7 号(表 2)。

不同品种对铜的吸收差异与植株生长发育节律有关。每形成 100 kg 子粒, 掖单 13 号需吸收铜 1.31 g, 沈单 7 号吸收 1.41 g; 表明紧凑型品种掖单 13 号对铜的吸收利用效率高于平展型品种沈单 7 号。

2.3 不同器官对铜的积累与分配

从两品种各器官积累情况看, 成熟期叶片积累量占全株的 33.77%~33.88%, 子粒占 22.21%~23.15%, 茎秆占 10.96%~14.05%, 穗轴 10.28%~12.33%, 苞叶占 6.66%~9.69%, 叶鞘占 6.14%~7.78%, 雄穗占 2.50%~2.55%, 穗柄 1.32%~1.80%、花丝 0.52%~0.59% (图 2, 3)。表明铜主要积累在叶片和子粒当中。从各器官铜的再分配情况看, 子粒当中累积的铜有 31.1%~55.1% 来自于其他器官的输出。

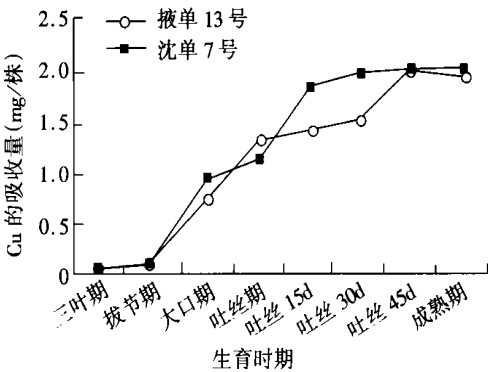


图 1 玉米植株不同生育时期对铜的吸收与积累

表 1 玉米植株不同器官铜的含量 mg/kg

品种	器官	三叶期	拔节期	大口期	吐丝期	吐丝 15 d	吐丝 30 d	吐丝 45 d	成熟期
沈单 7 号	叶片	14.87	14.36	13.10	13.84	12.68	14.54	15.94	17.35
	叶鞘	12.61	10.52	7.79	5.38	6.83	6.32	8.87	7.70
	茎秆			6.81	6.38	4.51	8.06	6.41	4.77
	雄穗			10.54	6.73	7.56	7.81	8.01	12.10
	苞叶			10.05	6.05	8.94	8.18	11.04	14.94
	穗柄				6.40	6.88	7.55	10.31	17.14
	穗轴				9.42	9.02	6.12	10.62	10.55
	花丝				8.97	9.09	12.25	12.26	12.24
	子粒					4.26	3.45	3.32	3.13
掖单 13 号	全株	14.49	13.59	10.50	9.00	7.47	7.03	7.05	6.99
	叶片	14.90	13.13	14.33	12.55	11.83	13.28	16.81	17.84
	叶鞘	12.48	13.92	8.15	7.23	7.94	5.93	6.81	9.23
	茎秆		8.49	9.56	4.93	3.95	5.59	5.75	5.92
	雄穗			9.63	8.09	8.91	9.64	11.74	15.09
	苞叶				6.11	4.78	7.60	12.62	15.22
	穗柄				9.72	15.11	10.10	12.82	16.32
	穗轴				9.64	9.99	6.78	12.08	12.06
	花丝				7.94	6.76	7.67	9.08	12.43
	子粒					4.25	3.66	3.06	3.03
	全株	14.43	12.96	11.89	8.13	7.18	6.48	6.87	6.98

表 2 玉米植株不同生育时期对铜的吸收与积累

生育时期	沈单 7 号							掖单 13 号						
	出苗	累积吸收量		阶段吸收量		吸收强度	g/(hm <sup>2</sup> ·d)	出苗	累积吸收量		阶段吸收量		吸收强度	g/(hm <sup>2</sup> ·d)
	天数(d)	(g/hm <sup>2</sup> )	(%)	(g/hm <sup>2</sup> )	(%)			天数(d)	(g/hm <sup>2</sup> )	(%)	(g/hm <sup>2</sup> )	(%)		
三叶期	10	2.8	2.5	2.8	2.5	0.28		8	3.4	2.2	3.4	2.2	0.27	
拔节期	21	6.6	5.9	3.8	3.4	0.35		21	10.7	6.9	7.3	4.8	0.56	
大口期	38	50.7	45.7	44.1	39.7	2.60		38	58.2	37.8	47.5	30.9	2.22	
吐丝期	55	64.5	58.1	13.8	12.4	0.81		54	99.3	64.6	41.2	26.8	2.57	
吐丝 15 d	70	99.0	89.2	34.6	31.2	2.30		69	106.7	69.4	7.4	4.8	0.49	
吐丝 30 d	85	106.1	95.6	7.1	6.4	0.47		84	117.5	76.4	10.8	7.0	0.72	
吐丝 45 d	100	109.1	98.3	3.0	2.7	0.20		99	153.8	100.0	36.3	23.6	2.42	
成熟期	107	111.0	100.0	1.9	1.7	0.27		107	153.3	99.7	-0.5	-0.3	-0.06	

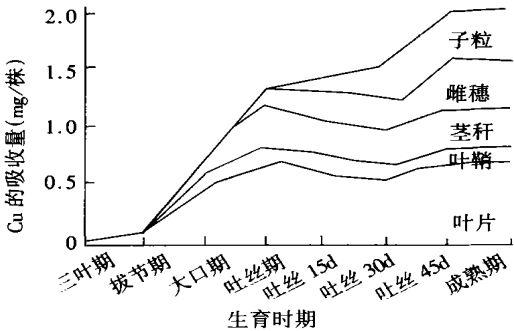


图 2 玉米植株不同器官对铜的吸收与分配(掖单 13 号)

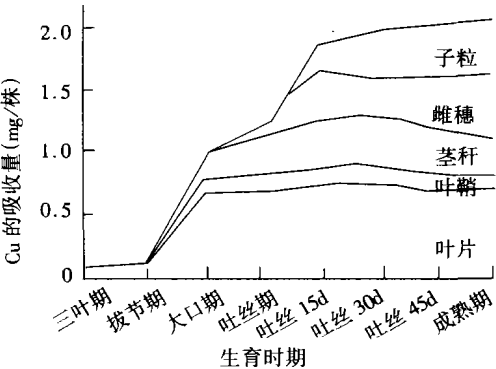


图 3 玉米植株不同器官对铜的吸收与分配(沈单 7 号)

3 讨论

沈蕴石等研究发现, 高产条件下玉米植株对铜的吸收量明显高于低产条件<sup>[8]</sup>。锌肥等微量元素的施用会诱发土壤缺铜<sup>[6]</sup>。佟屏亚等<sup>[2]</sup>研究表明, 在产量 9 000~ 12 000 kg/hm<sup>2</sup> 水平条件下, 施 15.0~ 22.5 kg/hm<sup>2</sup> 铜肥仍可增产 10.6%~ 12.0%。说明高产条件下更应当注意铜肥的施用。本研究结果表明, 不同株型品种生长发育节律不同, 对铜的吸收也存在一定差异。沈单 7 号在吐丝至吐丝后 15 d 吸收量较大, 而掖单 13 号在吐丝后 30~ 45 d 吸收量较大, 掖单 13 号花粒期的吸收量要高于沈单 7 号。两品种单株吸收量没有明显差别, 单位土地面积吸收

量的显著差异则是由于种植密度造成的。因此, 铜肥的施用既应当考虑产量水平、品种吸肥特点, 同时还应当考虑种植密度的影响。不过, 玉米植株对铜的毒害作用反应敏感, 过量施用铜肥会对玉米植株产生毒害。Borkert C M<sup>[4]</sup> 等认为, 当玉米植株含铜量超过 20 mg/kg 时即表现出毒害作用。本研究中, 玉米植株铜的最高含量为 14 mg/kg, 尚属正常范围。玉米对铜的吸收与利用受土壤 pH 值及铜的形态的影响。pH 值较高(> 6.5) 的土壤上铜的有效性较低, 因此, 过量施铜后并不影响玉米叶片及子粒的含量和玉米产量。当玉米出现铜污染为害时, 可以通过施用磷肥或锌肥来减轻或消除为害<sup>[5]</sup>。不过, 土壤铜的临界值、植株铜的诊断以及铜肥的施用等问题仍待进一步研究。

参考文献:

[1] 徐晓燕. 铜、锌对水稻幼苗生长及超氧化物歧化酶的影响[J]. 山西农业大学学报, 1997, 17(2): 113-115.  
[2] 佟屏亚. 铜肥对玉米生长发育和产量构成影响的研究[J]. 北京农业科学, 1995, 13(2): 36-39.  
[3] Ojeniyi S O, Kayode G O. Response of maize to copper and sulphur in tropical regions [J]. J of Agric Sci, 1993, 120: 295-298  
[4] Borkert C M, Cox F R, Tucker M R. Zinc and copper toxicity in peanut, soybean, rice and corn in soil mixtures [J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1998, 29( 19/20): 2991-3005.  
[5] 张西科, 张福锁. 不同形态 Fe、Mn、Cu、Zn 在玉米叶面施用后的吸收转移[J]. 北京农业大学学报, 1994, 20(2): 213-217  
[6] 甄清香. 大剂量磷肥对锰、铜、铁素营养的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 1995, 30( 1): 62-67  
[7] 张凤路, 王志敏. 玉米果穗矿质元素分布与子粒败育关系研究[J]. 河北农业大学学报, 2001, 24(4): 8-10  
[8] 沈蕴石, 刘锡禄. 夏玉米微量元素吸收分配规律的研究[J]. 山东农业大学学报, 1993, 24(3): 333-340.