

青菜品种锌效率特性研究

胡学玉^{1,2}, 李学垣¹, 谢振翅²

(¹华中农业大学资源环境与农业化学系, 武汉 430070; ²湖北省农业科学院土壤肥料研究所, 武汉 430064)

摘要:对6个有代表性的青菜品种吸收利用锌能力的差异进行了研究。结果表明,青菜地上部分干物质重、锌的累积吸收量可以较好地反映品种间吸收、富集锌能力的差异;在缺锌或施锌条件下,品种五月慢均有最高的干物质积累量和累积吸锌量,缺锌时的累积吸锌量与其它品种呈极显著差异,其锌利用效率较高;五月慢较大的根系活性吸收表面积与较长的根系长度,是其具有较强耐低锌能力和吸收富集锌的能力的重要生理基础之一;缺锌时,五月慢的根冠比明显减小,而矮脚黄、黑油白菜两个一般性品种的根冠比呈增加趋势。

关键词:青菜 [*Brassica campestris* ssp. *chinensis* (L.) Makino]; 缺锌; 锌吸收

中图分类号: S634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0578-1752(2001)02-0227-05

Study on Characteristics of Zn Efficiency of Various Pakchoi Cultivars

HU Xue-yu^{1,2}, LI Xue-yuan¹, XIE Zhen-chi²

(¹ Department of Resources Environment and Agrochemistry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

² Soil and Fertilizer Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064)

Abstract: In present study, the difference of Zn uptake in different pakchoi cultivars was studied by soil culture and solution culture. Results were as follows: (1) The shoot dry weight and the amount of Zn accumulation can reflect better the differences of capacity to acquire zinc from soils among six pakchoi cultivars. Variety Wuyueman with the most the amount of shoot dry weight and zinc accumulation in zinc deficiency or zinc supply was confirmed as zinc-efficient cultivar; (2) Wuyueman had the capability to tolerate zinc deficiency and to accumulate zinc from soils by reason of the larger active surface area of roots and the longer root length; (3) The root/shoot ratio of Wuyueman decreased significantly under zinc deficiency, but a increase in the root/shoot ratio of average cultivars (Aijiaohuang, Heiyoubaicai) observed here may be a compensatory mechanism which didn't appeared in Wuyueman.

Key words: Pakchoi [*Brassica campestris* ssp. *chinensis* (L.) Makino]; Zinc deficiency; Zinc uptake

土壤锌元素缺乏十分普遍,从热带到温带,分布于各种各样的土壤类型中,包括不同 pH 值及有机质含量不同的土壤以及钙质土、钠质土、湿地土壤和石灰性土壤等^[1,2]。缺锌是这类土壤上农作物较为常见的微量元素营养缺乏症之一。值得注意的是,在这些地区,人体锌缺乏的现象和报道亦时有所见^[3-5]。流行病学调查、环境样品及生物材料分析表明,儿童锌营养不良与当地土壤较低的有效锌水平直接相关^[6]。已有的研究表明,不同作物或同一作物不同品

种吸收、富集环境介质中锌的能力有很大的差异,这在小麦、大麦、油菜等作物上均有报道^[4,7,8]。因此,利用作物种间或品种间的这种差异,通过作物品种改良和生产,提高锌利用效率,增加作物对锌的累积吸收,对于充分利用土壤锌资源,发掘养分利用高效基因,并以此改善植物、动物及人类锌营养具有重要意义。青菜 [*Brassica campestris* ssp. *chinensis* (L.) Makino] 是我国大部分地区广泛食用的一种蔬菜,而且对土壤环境中锌具有一定的富集能力。我们对

收稿日期: 2000-08-15

基金项目: 湖北省农业科学院科研基金支持项目(YJ9903)

作者简介: 胡学玉(1963-),女,湖北公安人,副研究员,博士,主要从事土壤与作物营养研究工作。Tel: 027-87389025; E-mail: whhxy@163.net

所搜集的 20 个青菜品种进行了锌营养特性的初步研究,发现品种间地上部分吸锌量存在明显差异。在此基础上,本文选定五月慢等 6 个品种作为进一步试验的种质材料。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选取 6 个青菜品种,其名称及来源见表 1。

表 1 供试青菜品种及其来源

Table 1 The pakchoi cultivars used for the experiment and their sources

品种 Cultivars	种名 Species	来源 Source
矮青菜 Aiqingcai	<i>Brassica chinensis</i> L.	上海地方品种 Local variety from Shanghai
矮脚黄 Aijiao huang	<i>Brassica chinensis</i> L.	武汉地方品种 Local variety from Wuhan
五月慢 Wuyueman	<i>Brassica chinensis</i> L.	上海地方品种 Local variety from Shanghai
长梗白菜 Changgeng baicai	<i>Brassica chinensis</i> L.	南京市农业科学院育成 Improved variety from NJAAS
黑心乌 Heixinwu	<i>Brassica chinensis</i> L.	上海地方品种 Local variety from Shanghai
黑油白菜 Heiyou baicai	<i>Brassica chinensis</i> L.	武汉地方品种 Local variety from Wuhan

1.2 土培试验

供试土壤为武汉市新洲区紫色砂岩发育的石灰性紫色土,pH 为 7.8、游离 CaCO_3 含量为 1.74%、DTPA-Zn 含量为 0.46mg/kg,属缺锌土壤。试验设不加锌(土壤原有含锌量)和加锌(即每千克土加 Zn 5mg)2 个处理,3 次重复。底肥施用量为每千克土施 N 0.20g、P 0.065g、K 0.16g。另外,每千克土加无锌 Arnon 微量元素营养液 1ml,试验用肥料均为 AR 级试剂。每盆称土 1kg,与肥料混匀后装盆。每盆播种 15 粒均匀饱满种子,二叶一心期定植 10 株。用去离子水浇灌。5~7 叶期收获幼苗,地上部分在 75℃ 下烘干、称重,并测定其含锌量。

1.3 水培试验

1.3.1 幼苗培养 选择饱满一致的青菜种子播于经 1 mol/L HCl 处理过的石英砂中,在遮光条件下发芽。发芽 3d 后,用 1/4 浓度的无锌 Hoagland-Arnon 营养液浇施培养。7d 后,将所用的营养液浓度由 1/4 提高至 1/2。二叶一心期时,选取均匀一致幼苗移栽到水培盆钵中,每钵加 1000ml 完全营养

液,栽植 10 株幼苗。植株用打孔的泡沫板支持,脱脂棉固定。试验设不加锌和加锌(Zn 浓度为 10~6mol/L)2 个处理,4 次重复。每周更换营养液 1 次,5~7 叶期收获幼苗,用于根系参数的测定。

1.3.2 根系参数的测定^[9] 用交叉法测定根长,吸附甲烯蓝染色法测定根活跃吸收表面积。

1.4 锌含量的测定

采用干灰化法制备植株样待测液,ICP-AES 法测定待测液中的锌含量。

2 结果与分析

2.1 土培条件下不同青菜品种的干物质生长量

从图 1 可见,无论加锌与缺锌,青菜地上部干物质积累量均沿品种五月慢→黑心乌方向呈逐渐下降趋势。未施 Zn 时,五月慢地上部干物重为 2.625g/盆,是其它 5 个品种的 1.05~1.39 倍,并与品种黑油白菜、长梗白菜、黑心乌的地上部干物重呈极显著差异(表 2);施锌时仍以五月慢为最高,是其它 5 个品种的 1.10~1.49 倍。由此可见,在两种锌处理水平下,五月慢均有较明显的生长优势。

表 2 不同青菜品种地上部干物重多重比较¹⁾

Table 2 The multiple comparison of shoot dry weight in different pakchoi cultivars

品种 Cultivars	多重比较-Zn Multiple comparison		多重比较+Zn Multiple comparison	
五月慢 Wuyueman	a	A	a	A
矮脚黄 Aijiaohuang	a	AB	a	AB
矮青菜 Aiqingcai	ab	AB	ab	AB
黑油白菜 Heiyoubaicai	b	B	b	B
长梗白菜 Changgengbaicai	b	B	b	B
黑心乌 Heixinwu	c	B	b	B

¹⁾ 大小写字母分别表示 0.01 和 0.05 显著水平。下同

Capital letters and small letters indicate significance at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$ respectively. The same as below

从图 1 还可看出,施锌不仅未出现地上部干物质积累量增加的预期结果,反而还明显减少,锌处理间差异达 5% 显著水准(表 3)。表 3 显示,在缺锌条件下,青菜地上部株体中的 P/Zn 比值为 176,极显著高于施锌时的 80。这与 Marschner 的研究结果较相近,Marschner 对 6 个葡萄品种进行磷营养研究的资料显示,葡萄叶片中 P/Zn 比为 197 的品种地上部干重高于叶片 P/Zn 比为 99 的地上部干重^[10],

表 3 施锌对青菜地上部干物重及磷、锌比的影响(土培)

Table 3 The effect of Zn on the shoot dry weight and P/Zn of pakchoi (soil culture)

	处理	n	均值	显著性
	Treatments	n	Mean	Significance
地上部干物质重	-Zn	18	2.279	a
Shoot dry wt.	+Zn	18	1.923	b
磷、锌比	-Zn	18	176	A
P/Zn	+Zn	18	80	B

但 Marschner 未对其结果进行讨论。根据 Summer 提出的元素之间相互作用模式^[11], 结合本研究结果, 可以推断, 相同供磷水平下, 施锌使青菜株体锌吸收量增加, 导致其体内 P/Zn 比下降, 此时, 磷、锌养分在株体中的比例失衡成为植株生长的主要限制因子, 这一限制因子对各品种的作用方向一致, 但作用程度不一, 很显然, 五月慢受制程度相对较小。

2.2 不同青菜品种地上部分锌浓度和吸锌量

由表 4 可见, 随土壤施锌量的增加, 植株地上部分锌的浓度相应提高。在缺锌和加锌条件下, 五月慢植株体内锌浓度分别为 40.47 $\mu\text{g/g}$ 和 78.23 $\mu\text{g/g}$, 不仅未居最高, 而且与其它大多数品种无明显差异, 这与五月慢较高的干物质积累量而形成的稀释效应有关, 同时也表明, 青菜植株体内锌浓度难以体现品种间吸锌能力的差异。Graham 指出, 锌高效基因型能从缺锌土壤中吸收更多的锌, 生产更多的干物质, 但在其组织内不一定有最高的锌浓度^[7]。Cakmak 的研究也证实, 小麦对缺锌反应的基因型差异与地上部锌浓度无关, 锌的累积吸收量与基因型缺锌的敏感性反应有较好的相关性。在缺锌条件下, 锌高效基因型地上部锌的累积吸收量是低效型的 2 倍, 因此, 锌吸收量能更好地表征锌的营养效率^[4]。

本研究表明, 施锌促进了地上部吸锌量的增加。缺锌条件下, 五月慢地上部的吸锌量与其它 5 个品种之间在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著, 是其它品种的 1.26~1.53 倍; 加锌时, 在 $\alpha=0.05$ 水平上, 五月慢除与黑油白菜无差异外, 与其它 4 个品种皆呈显著差异。这说明, 低锌环境中, 五月慢有较强的吸锌能力, 在正常供锌条件下, 其富集锌的特性亦较为显著。

2.3 不同青菜品种根系形态特征差异

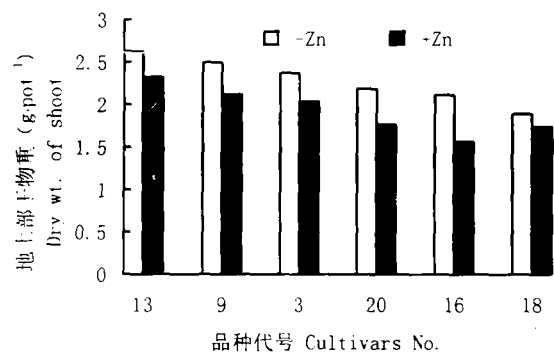
锌在土壤溶液中主要以扩散和质流的方式移动至植物根表^[12,13]。从养分运动的全过程来看, 在作物生长期间, 土壤养分库中的养分只有能够移动至植物根表并被植物根系吸收的养分才是实际有效的养分, 才具有生物有效性^[14]。因此, 植物根系特征对

植物吸锌有重要意义。

2.3.1 根活性吸收表面积与根系长度 图 2(A) 显示, 缺锌时, 五月慢的根系活性吸收表面积为 574 $\text{cm}^2/\text{盆}$, 显著高于其它品种。加锌后, 五月慢根系活性吸收的表面积增至为 678 $\text{cm}^2/\text{盆}$, 增加 18.1%, 其它 5 个品种增幅在 0~77% 之间, 品种增幅之间差异显著, 尽管五月慢未居增幅之首, 但其根系活性吸收表面积仍高于其它品种 7%~65%。说明五月慢的根系活性较高, 能有效地将吸附于根表面的锌吸收到细胞中。这是五月慢在同样条件下较其它品种吸锌能力强、吸锌量大的重要原因之一。

五月慢与其它 5 个品种的根系特征不仅在根的活性吸收表面积上有差异, 而且在根系长度上也有明显的不同。图 2(B) 的数据表明, 缺锌条件下五月慢的根系长度为 115.52 $\text{cm}/\text{盆}$, 与其它品种根长呈极显著差异。这意味着五月慢能从更为广泛的区域吸收锌; 加锌条件下, 其它 5 个品种的根长呈增加趋势, 而五月慢反而降低 28.02%。说明在加锌条件下, 一般性品种除靠增加根活性吸收表面积外, 还要靠根长的增加来提高锌的吸收, 满足其对介质中锌较高的需求量, 而锌效率较高的品种五月慢毋需根长的增加既可满足其吸收锌的需要。

2.3.2 根冠比 作物根冠比是衡量作物养分吸收的敏感参数^[15]。表 5 显示加锌条件下, 五月慢的根冠比(R/S)为 0.55, 显著高于其它 5 个品种; 未施锌时, 五月慢的根冠比为 0.40, 仍高于其它品种, 并与矮青菜、黑油白菜呈显著差异。此外, 从未施锌与施



13: 五月慢; 9: 矮脚黄; 3: 矮青菜; 20: 黑油白菜; 16: 长梗白菜; 18: 黑心乌。图 2 同
13: Wuyuemian; 9: Aijiaohuang; 3: Aiqingcai; 20: Heiyoubacai; 16: Changgengbaicai; 18: Heixinwu. The same as Fig. 2

图 1 锌对不同不结球白菜地上部分干重的影响
Fig. 1 The effect of Zn on shoot dry matter of different pakchoi cultivars (solution culture)

表 4 不同青菜品种的植株吸锌量和锌浓度(土培)

Table 4 The amount of Zinc uptake and Zinc concentrations of different pakchoi cultivars(soil culture)

品种 Cultivars	吸锌量($\mu\text{g}/\text{盆}$) Zn absorbed($\mu\text{g} \cdot \text{pot}^{-1}$)		品种 Cultivars	Zn 浓度 Zn concentration($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	
	-Zn	+Zn		-Zn	+Zn
五月慢 Wuyueman	105.46A	181.71aA	黑心乌 Heixinwu	42.57aA	103.70bB
矮青菜 Aiqingcai	83.43B	138.64bAB	五月慢 Wuyueman	40.47abAB	78.23bB
黑心乌 Heixinwu	80.56B	136.14bAB	黑油白菜 Heiyoubaicai	36.77abAB	78.59bB
黑油白菜 Heiyoubaicai	80.10B	180.23aA	矮青菜 Aiqingcai	35.20bAB	68.25bcB
长梗白菜 Changgengbaicai	72.54B	120.37bB	长梗白菜 Chenggengbaicai	34.38bAB	76.99bB
矮脚黄 Aijiaohuang	68.91B	141.05bAB	矮脚黄 Aijiaohuang	27.60cB	66.55 cB

锌时不同青菜品种根冠比的增减情况看,矮脚黄、黑油白菜两个品种在缺锌时根冠比增加,其它4个品种与五月慢在缺锌时根冠比减少,且以五月慢、黑心乌减幅为最。Rengel认为,在一个养分短缺的环境中作物为了获取营养以满足自身对该养分较高的需

求量,往往以减少地上部的生长来维持或增强根的生长发育,地上部由同化作用产生的一部分化合物亦向根转移,最终导致R/S增加,这可能源于作物自身的一种补偿机制,而这种补偿机制极少出现在锌高效基因型中^[15]。

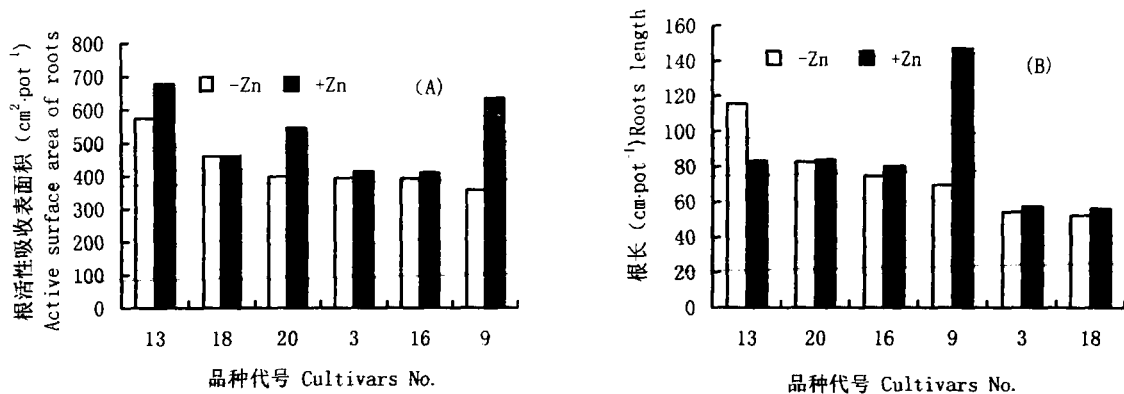


图 2 锌对不同青菜品种根系参数的影响(水培)

Fig. 2 The effect of Zn on root parameters of different pakchoi cultivars(solution culture)

表 5 锌对不同青菜品种根冠比的影响(水培)

Table 5 Effect of Zn on root/shoot of different pakchoi cultivars(solution culture)

品种 Cultivars	根冠比 Root/Shoot				增减 Plus or minu [(-Zn)-(+Zn)/(+Zn)]
	+Zn		-Zn		
五月慢 Wuyueman	0.55	aA	0.40	aA	-27%
黑心乌 Heixinwu	0.41	bAB	0.29	abA	-29%
长梗白菜 Changgengbaicai	0.36	bcB	0.34	abA	-6%
矮青菜 Aiqingcai	0.31	bcB	0.28	bA	-10%
矮脚黄 Aijiaohuang	0.27	cB	0.30	abA	11%
黑油白菜 Heiyoubaicai	0.26	cB	0.28	bA	8%

3 结论

青菜地上部分干物质重、锌的累积吸收量可以较好地反映品种间吸收、富集锌能力的差异。无论是缺锌或是加锌,五月慢均有最高的干物质生产量和

累积吸锌量,缺锌时的累积吸锌量与其它品种呈极显著差异,其锌效率较高。

品种间吸锌能力的差异与根系活性吸收表面积、根系长度等参数紧密相关。在缺锌条件下,五月慢较高的根系活力和较长的根系长度是其具有较强

耐低锌能力和吸锌能力的主要原因。

R/S 是衡量作物养分吸收的敏感参数。与根系活跃吸收表面积、根系长度相比,R/S 更强调植株地上、地下部分的相互影响和相互作用,能更为敏感、综合地反映青菜品种间锌效率的差异。

References:

- [1] Sillanpaa M, Vlek P L G. Micronutrients and the agroecology of tropical and Mediterranean regions[J]. *Fert. Res.* 1985, 7: 151-167.
- [2] Takker P N, Walker C D. The distribution and correction of zinc deficiency[A]. In: Robbison A D (ed). *Zinc in Soils and Plants*[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993: 151-165.
- [3] Bouis H E. Plant breeding: A new approach for solving the widespread, costly and complex problem of micronutrients malnutrition[J]. *Micronutrients and Agriculture*, 1996, (1): 5-6.
- [4] Cakmak I. Zinc deficiency as a critical constraint in plant and human nutrition in Turkey[J]. *Micronutrients and Agriculture*, 1996, (1): 11-14.
- [5] Smith J C. The vitamin A- Zinc connection[J]. *Micronutrients and Agriculture*, 1996, (1): 16-17.
- [6] Chen X N, Huang Z X. Zinc[A]. In: Wang K, Xiu B H, Tang R H eds. *Trace Elements in Life Science*[M]. Beijing: China Metrology Press, 1992: 136-137. (in Chinese)
陈秀娜, 黄仲贤. 锌[A]. 见: 王 葵, 徐碧辉, 唐任寰编. 锌[A]. 生命科学中的微量元素[M]. 北京: 中国计量出版社, 1992: 136-137.
- [7] Graham R E, Ascher J S, Hynes S C. Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status[J]. *Plant and Soil*, 1992, 146: 241-250.
- [8] Grewal H S, Lu Z G, Graham R D. Influence of subsoil zinc on dry matter production, seed yield and distribution of zinc in oilseed rape genotypes differing in zinc efficiency[J]. *Plant and Soil*, 1997, 192: 181-189.
- [9] Liu Z Y, Li L M, Shi W M. Research Methods in Rhizosphere [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1997: 334-341. (in Chinese)
刘芷宇, 李良谟, 施卫明. 根际研究方法[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1997: 334-341.
- [10] Marshner H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*[M]. London: Academic Press, 1995.
- [11] Summer M E, Farina P M W. Phosphorus interaction with other nutrients and lime in field crops systems[J]. *Advances in Soil Science*, 1986, 5: 201-275.
- [12] Elgawhary S W, Lindsay W L, Kemper W O. Effect of complexing agent and acid on the diffusion of zinc to a simulated root[J]. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 1970, 34: 211-214.
- [13] Warncke D D, Barber S A. Diffusion of zinc in soil[J]. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 1972, 36: 42-46.
- [14] Li X Y. *Soil Chemistry and Experiment Instruction*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 195. (in Chinese)
李学垣. 土壤化学及其实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 195.
- [15] Rengel Z, Graham R D. Wheat genotypes differ in Zn efficiency when grown in chelate-buffered nutrition solution 1. Growth[J]. *Plant and Soil*, 1995, 176: 307-316.