

籽粒低锌与高锌含量基因型水稻 锌营养特性的比较

郑小林

(湛江师范学院生物系, 湛江 524048)

彭克勤 胡笃敬

(湖南农业大学理学院, 长沙 410128)

摘要: 采用溶液培养和放射性同位素技术, 比较籽粒低锌含量基因型水稻 (*Oryza sativa* L.) 湘早籼 17 与籽粒高锌含量基因型水稻 V56 根系形态及有关生理特性的差异, 发现 V56 的根系比湘早籼 17 大 (根较长, 根体积较大, 生物量较高)、根冠比值较高及根系吸收锌的 K_m 值较低, 因而对锌的吸收量较大。这些特性可作为筛选籽粒高锌含量基因型水稻的指标。

关键词: 水稻; 高锌籽粒; 根形态; 根冠比; K_m 值

中图分类号: S511; Q945.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)03-0026-04

Comparisons of zinc nutritional characteristics of Zn-poor and Zn-rich grain genotype rice ZHENG Xiao-lin (Department of Biology, Zhanjiang Normal College, Zhanjiang 524048), PENG Ke-qin, HU Du-jing (Science College, Hunan Agricultural University, Changsha 410128), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(3): 26~29

Abstract: Comparative studies on the difference of root morphological and physiological characteristics related with zinc absorption between two varieties of rice, one named "Xiangzhaoxian 17" which belongs to Zn-poor grain genotype and the other named V56 which belongs to Zn-rich grain genotype, were carried out by means of using solution culture and radioisotope techniques. Compared with "Xiangzhaoxian 17", V56 has bigger root system (longer length, bigger volume and greater biomass), greater root-top ratio, and lower K_m value of zinc uptake by root, so that V56 absorbs zinc more efficiently. These characteristics may be used as indexes for screening Zn-rich grain genotype rice.

Key words: rice; Zn-rich grain; root morphology; root-top ratio; K_m value

水稻籽粒锌含量存在基因型差异^[1~4], 发掘和利用籽粒高锌含量 (富锌) 基因型水稻的锌营养特性, 选育籽粒高锌含量丰产水稻新品种, 对于提高人类膳食中锌的日摄入量, 满足机体健康的需要有重要意义。当前有关锌高效进入水稻籽粒的机理尚不清楚, 选育籽粒高锌含量水稻新品种缺少可信指标。本文以盆栽试验筛选出的籽粒高锌含量与低锌含量水稻 (组合) 为材料, 比较研究它们的锌营养特性, 以期为籽粒高锌含量水稻品种的选育提供理论依据和指标。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为水稻 (*Oryza sativa* L.) 品种 (组合) V56 和湘早籼 17, 其籽粒锌含量以干重计, V56 为

34.38 mg/kg, 湘早籼 17 为 22.15 mg/kg, V56 为籽粒高锌含量基因型品种, 湘早籼 17 为籽粒低锌含量基因型品种^[3]。

1.2 试验方法

1.2.1 形态及生理特性比较 水稻幼苗 (3 叶期) 分别在锌浓度为 7.70×10^{-4} 和 7.70×10^{-3} mmol/L 的营养液中水培, 该营养液中其他元素组成及浓度与木村 B 溶液相同, 每周更换溶液 1 次, 每天补充蒸腾及蒸发的水量。培养至分蘖期, 测量根长、根体积、根生物量、根表面积、根系 α -萘胺氧化力、地上部生物量和植株锌的吸收量。每浓度处理重复 6 次。

收稿日期: 2000-02-14

基金项目: 湖南省教育委员会资助项目和湛江师范学院博士基金资助项目 (98106)

作者简介: 郑小林, 男, 1966 年 9 月生, 湖南新田人, 博士, 讲师, 主要从事植物营养生理学研究。

1.2.2 锌吸收动力学分析 参照 Bowen 方法^[5]并加以改进。种子消毒萌发后,幼苗用木村 B 溶液培养至分蘖期,换不加锌的溶液(其他组分和浓度与木村 B 溶液相同)培养 3 d,使幼苗锌饥饿,而后将幼苗分别在锌系列浓度为 0.010、0.025、0.050、0.075、0.100、0.150、0.200 和 0.300 mmol/L, ⁶⁵Zn 标记比活度为 11.10×10^6 kBq/mol 的 Zn 溶液中吸收 2 h。将所有幼苗根系用重蒸馏水漂洗 3 次,每次 1 min,4℃ 下 0.5 mmol/L CaSO₄ 解吸附 30 min,将幼苗分成地上部和地下部,85℃ 烘干,称重,测各部分的 ⁶⁵Zn 活性。

1.2.3 测定方法 根长:量根系中最长根的长度;根体积:参照文献^[6]的方法;根系表面积:甲烯蓝吸附法^[6];根系活力:α-萘胺氧化法^[6];锌含量测定:原子吸收分光光度法; ⁶⁵Zn 活性测定:样品烘干、称重并剪碎,称 0.100 0 g 于半径 2 cm 铝盒盖

上,用 HW-3290 型通用闪烁探头测 ⁶⁵Zn 活性。

2 结果与分析

2.1 籽粒低锌与高锌含量基因型水稻的根系形态特征和生理特性

籽粒低锌与高锌含量基因型水稻在不同锌浓度的营养液中水培,同一品种的根系形态特性没有表现出明显的差异,而不同品种间则表现出明显差异。高锌含量品种 V56 根长、根生物量和根体积都高于低锌含量品种湘早籼 17,且差异显著;两品种地上部生物量差异不显著,因而 V56 比湘早籼 17 表现出较大的根冠比;相反,湘早籼 17 的 α-萘胺氧化力和根系活跃吸收表面积均高于 V56(表 1)。比较两品种(组合)植株锌的吸收量,V56 显著高于湘早籼 17(表 2)。

表 1 不同锌浓度水培下水稻两个品种幼苗的形态和生理特性的比较(以干重计)¹⁾

Table 1 Comparison of root morphological and physiological characteristics of rice seedling of two varieties in solution culture with different Zn concentration(DW)¹⁾

培养液锌浓度 Zn concentration (mmol/L)	品种 ²⁾ Varieties	根长 Root length (cm)	根体积 Root volume (mL/plant)	根生物量 Root biomass (g/plant)	地上部生物量 Shoot biomass (g/plant)	根冠比 Root-top ratio	根系活力 Root activity [μg/(g·h)]	活跃吸收表面积(以鲜重计) Active absorbed surface (FW) (m ² /g)
7.70 × 10 ⁻⁴	V56	32.15a	5.19a	0.51a	0.99a	0.52a	12.80b	0.27b
	湘早籼 17	26.30b	3.30b	0.25b	0.81a	0.31b	20.89a	0.36a
7.70 × 10 ⁻³	V56	31.77a	3.50a	0.48a	1.08a	0.45a	12.18b	0.24b
	湘早籼 17	19.60b	2.87b	0.24b	0.77a	0.31b	19.04a	0.34a

¹⁾差异显著性分析采用新复极差测试 Variance analysis by new multiple range test. ²⁾V56 为籽粒高锌含量基因型水稻品种,湘早籼 17 为籽粒低锌含量基因型水稻品种。V56 is Zn-rich grain genotype rice; Xiangzhaoxian 17 is Zn-poor grain genotype rice.

表 2 不同锌浓度水培下水稻两个品种分蘖期幼苗植株锌含量和锌吸收量(以干重计)¹⁾

Table 2 Zn content and Zn absorbed amount of rice seedling of two varieties at tillering stage in solution culture with different Zn concentration (DW)¹⁾

培养液锌浓度 Zn concentration (mmol/L)	品种 ²⁾ Varieties	根 Root		地上部 Shoot		全株锌总量 Total Zn amount (μg)
		锌含量 Zn content (μg/g)	锌分配量 Zn distribution (μg/plant)	锌含量 Zn content (μg/g)	锌分配量 Zn distribution (μg/plant)	
7.70 × 10 ⁻⁴	V56	389.50b	198.65a	103.56a	102.52a	301.17a
	湘早籼 17	560.50a	140.13b	108.40a	83.75b	223.88b
7.70 × 10 ⁻³	V56	411.30b	197.42a	350.85a	378.92a	576.34a
	湘早籼 17	636.55a	152.77b	303.66a	233.82b	386.59b

¹⁾差异显著性分析采用新复极差测试 Variance analysis by new multiple range test. ²⁾V56 为籽粒高锌含量基因型水稻品种,湘早籼 17 为籽粒低锌含量基因型水稻品种。V56 is Zn-rich grain genotype rice; Xiangzhaoxian 17 is Zn-poor grain genotype rice.

2.2 籽粒低锌与高锌含量基因型水稻幼苗锌吸收动力学分析

籽粒低锌与高锌含量基因型水稻分蘖期幼苗根

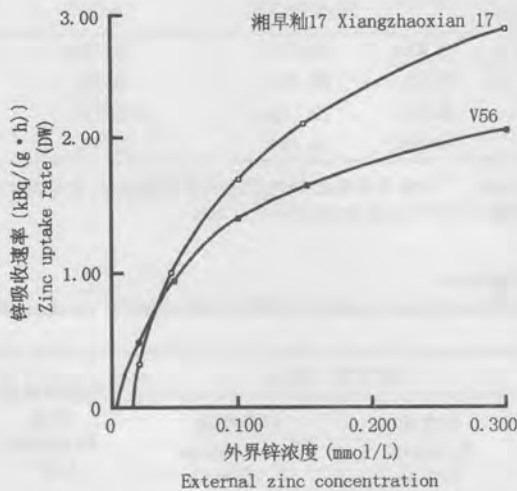
系锌吸收速率与外界培养液锌浓度(0.010~0.300 mmol/L)的函数曲线见图 1。高锌含量品种 V56 的吸收速率在培养液锌浓度 0.010~0.075 mmol/L 间

快速增加,在 0.075~0.100 mmol/L 间增加趋缓,随后趋于恒定。低锌含量品种湘早籼 17 则在培养液锌浓度 0.010~0.100 mmol/L 范围内快速增加,在 0.100~0.150 mmol/L 间增加趋缓,随后趋于恒定。对图 1 双倒数作图,得两品种的 K_m 和锌吸收的 V_{max} 值(表 3)。V56 的 K_m 为 0.066 mmol/L, V_{max} 以干重计 2.38 kBq/(g·h), 湘早籼 17 的 K_m 为 0.114 mmol/L, V_{max} 以干重计为 3.43 kBq/(g·h)。说明 V56 幼苗根系对锌的亲合力明显强于湘早籼 17 的幼苗。

表 3 水稻两个品种分蘖期根系锌吸收动力学参数
Table 3 Apparent K_m and V_{max} values for Zn uptake by intact root of two rice varieties at tillering stage

品种 ¹⁾ Varieties	K_m 值 K_m values (mmol/L)	V_{max} 值(以干重计) Maximum rates of Zn uptake [kBq/(g·h)] (DW)
V56	0.066	2.38
湘早籼 17	0.114	3.43

¹⁾V56 为籽粒高锌含量基因型水稻品种,湘早籼 17 为籽粒低锌含量基因型水稻品种。V56 is Zn-rich grain genotype rice; Xiangzhaoxian 17 is Zn-poor grain genotype rice.



—●— V56: 籽粒高锌含量基因型 Zn-rich grain genotype rice;
—○— 湘早籼 17 (Xiangzhaoxian 17): 籽粒低锌含量基因型
Zn-poor grain genotype rice

图 1 两个水稻品种幼苗锌吸收速率与外界锌浓度的关系
Fig. 1 Relationship between Zn uptake rate of rice seedling of two varieties and external Zn concentration

3 讨论

锌能否进入植物根系的关键因素是土壤溶液的

锌浓度和锌的补充速率^[4]。由于土壤溶液的锌浓度极低,锌在土壤中的移动性小,所以集流供给植物的锌只有很少一部分,截获和扩散是植物吸收土壤中锌的重要途径^[7,8]。籽粒高锌含量水稻 V56 比籽粒低锌含量水稻湘早籼 17 具有较大的根系(根体积大,根较长,根生物量高),增加了根系纵向和横向伸长程度,从而能够提高截获的锌量,并改善锌的扩散效率,保证根系从土壤溶液中吸收锌的高效性。

籽粒高锌含量基因型水稻 V56 的根冠比值大,意味着单位地上部干重有较多的根系为其吸收锌等营养元素。Clark^[9]发现对土壤缺锌抗性较强的玉米自交系根冠比值高,锌吸收量及含量、单位锌所产生的干物质以及向地上转移的锌也多,缺锌现象的可能性也就越小。棉花、番茄、小麦和大麦缺锌可通过抑制地上部生长,提高根冠比值来改善锌营养状况^[10]。说明根冠比值对于植物从土壤中吸收锌这种移动性小的元素很重要,植物能在一定的范围内调节根冠比来适应环境,改善这种元素的吸收效率。因此,根冠比值大可能是经自然选择的一种生态适应特性,是锌高效基因型的特性。

据研究,植物根系吸收表面积常常与锌高效吸收相关,是植物利用锌的主要因素^[8]。不过, Bowen^[5]对锌低效水稻 IR26 和锌高效水稻 M101 的比较研究中发现,根表面积并不是造成水稻吸收锌基因型差异的主要原因。本试验结果表明:籽粒低锌含量基因型水稻湘早籼 17 的根活跃吸收表面积高于 V56,而锌的吸收量却明显低于 V56,说明水稻根表面积与锌吸收的高效性相关并不密切。

目前,通过吸收动力学参数(K_m , V_{max} , C_{min})来描述根系吸收矿质元素的生理学特性已广泛用于矿质营养基因型差异的研究^[5,11,12]。据研究,水稻锌高效栽培种 M101 的 K_m 值比锌低效栽培种 IR26 的低 1 倍多^[5]。由于土壤溶液的锌浓度极低,加之植物根系对锌的耗竭作用,锌的浓度就更低,植物根系的 K_m 值越小,则根系对锌的亲合力就越高,低锌状况下根系锌的吸收效率就越高,植物(生态种)抵抗锌营养胁迫的能力就越强。Lee 等^[11,13,14]指出,在选择营养高效基因型植物种和品种时, K_m 值可作为有效的选择指标之一, K_m 值偏低的种或品种通常是高效型。本试验结果表明,水稻 V56 的 K_m 值明显低于湘早籼 17,说明 K_m 值低是锌高效基因型水稻相关的特性,可作为筛选锌高效基因型水稻的指标。

当然,在植物根部高锌供给时, V_{\max} 值低可能成为锌吸收的限制因素,然而自然状况下,土壤液中锌浓度极低(约为 $3 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-6}$ mol/L),土壤出现有效的高锌状况是极少有的,所以,籽粒高锌含量水稻 V56 的 V_{\max} 值较低并不限制根系对锌的高效吸收。

综上所述,籽粒高锌含量基因型水稻 V56 的根系大,根冠比值高,根系吸收锌的 K_m 低,因而根系对锌的吸收量大,为籽粒锌含量高打下了基础。因此,作者认为根系大,根冠比值高, K_m 值低是与籽粒高锌含量基因型水稻相关的形态和生理特性,可作为筛选籽粒高锌含量基因型水稻的指标。当然,由于籽粒锌含量高低不仅与根系锌吸收效率相关,而且与锌往籽粒的运输及锌再分配等过程相关,因此籽粒高锌含量基因型水稻相关的形态和生理特性可能涉及更多方面。同时,在水培和土壤条件下根系的形态和生理特性表现可能有所不同,对土壤条件下根系的形态和生理特性表现需作进一步研究。

参考文献

- [1] 伍时照,杨军. 华南地区部分优质和特种稻米氨基酸及矿物质元素含量[J]. 华南农业大学学报,1986,17(3):19~24.
- [2] 张俊巍,邱德文. 三种黑糯米营养成分的比较研究[J]. 微量元素与健康研究,1995,12(1):36~38.
- [3] 郑小林,李卫红,胡笃敬. 两个水稻栽培种植株锌分配及籽粒锌含量变化的比较研究[J]. 湛江师范学院学报(自然科学版),1998,19(2):69~72.
- [4] Longecker N E, Robson A D. Distribution and transport of zinc in plants[A]. In: Robson A D ed. Zinc in soil and plants[M]. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. 1993. 79~91.
- [5] Bowen J E. Kinetic of zinc uptake by two rice cultivars[J]. Plant Soil, 1986, 94: 99~107.
- [6] 张志良主编. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,1992. 59~64.
- [7] Gartrell J W. Residual effectiveness of copper fertilizer for wheat in western Australia[J]. Aust J Exp Agric Anim Husband, 1980, 20: 370~376.
- [8] Marschner H. Zinc uptake form soil[A]. In: Robson A D ed. Zinc in soil and plants[M]. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. 1993. 58~78.
- [9] Clark R B. Plant genotype differences to uptake, translocation, accumulation and use mineral elements [A]. In: Saric M R, Loughman B C eds. Genetic specificity of mineral nutrition of plants[M]. Netherland: Martinus Nijhoff Publishers, 1983. 49~70.
- [10] 张福锁. 根分泌物及其在植物营养中的作用: 缺锌对小麦根分泌物高铁载体的影响[A]. 见:张福锁主编. 土壤与植物营养新动态(第一卷)[M]. 北京:北京农业大学出版社,1992. 125~129.
- [11] 彭克勤,胡笃敬. 空心莲子草钾吸收动力学研究[J]. 植物生理学报,1986,12(2):187~193.
- [12] 韩振海,王永章,王倩. 植物的离子吸收动力学研究的现状及前景[J]. 北京农业大学学报,20(4):391~398.
- [13] Lee R B. Selectively and kinetics of ion uptake by barley plant following nutrient deficiency[J]. Ann Bot, 1982, 50: 429~449.
- [14] Teo Y H, Beylouty C A, Gbur E E. Nitrogen phosphorous and potassium influx kinetic parameters of three rice cultivars[J]. J Plant Nutrition, 1992, 15: 435~444.

(责任编辑:惠红)

《植物资源与环境学报》加入 《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”的声明

为适应我国信息化建设需要,扩大作者学术交流渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”。作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给,如作者不同意将文章编入该数据库,请在来稿时声明,本刊将作适当处理。