

施锰对不同基因型小麦锰营养与根际锰动态的影响^①

刘学军^②

吕世华

张福锁 毛达如

(中国农业大学资源与环境学院)

(四川农科院土肥所)

(中国农业大学资源与环境学院)

摘要 通过二室根盒试验研究了根际施锰和土体施锰对 3317 和川麦 22 两个基因型小麦锰营养以及根际锰动态的影响。结果表明,缺锰条件下 3317 的生物量和吸锰量均显著高于川麦 22;前者不施锰或土体施锰即可基本满足其正常生长对锰的需求,后者则只有根际施锰条件下才能完全消除其缺锰症状。从根际变化可进一步发现,两基因型小麦根际 pH 值均低于土体而有效锰含量则相反(土体施锰处理除外),并伴随近根际(离尼龙网 0~5 mm)有效锰的相对富积。不同基因型比较,3317 根际 pH 低于川麦 22;而根际和近根际有效锰含量明显高于川麦 22,但这种差异在施锰特别是根际施锰条件下大大缩小。综合以上结果,初步认为根系活化溶解锰氧化物能力强是 3317 比川麦 22 耐缺锰的主要原因。

关键词 施锰方式;小麦基因型;缺锰;根际动态

分类号 S143.72; S147.25

Effect of Mn Fertilization on Mn Nutrition and Dynamics of Available Mn in Rhizosphere of Two Wheat Genotypes

Liu Xuejun Lü Shihua Zhang Fusuo Mao Daru
(College of Agricultural Resources & Environment, CAU)

Abstract The effects of Mn fertilization on the Mn nutrition of two wheat genotypes and their dynamics of Mn in rhizosphere were studied in two-compartment rhizobox experiment. The shoot biomass and Mn uptake of 3317 were much more than that of chuanmai22 in the condition of Mn deficiency (CK). However, the difference between the two genotypes was getting smaller and smaller with the application of Mn fertilizer to bulk soil (B-Mn) and rhizosphere soil (R-Mn). The content of available Mn in rhizosphere soil was higher than that in bulk soil and the comprehensive pH value was just on the contrary. Meanwhile, the available Mn was accumulated in near rhizosphere soil (bulk soil within 0~5 mm from nylon net) in the condition of Mn deficiency respectively. Comparing with chuanmai22, the available Mn in rhizosphere or near rhizosphere soil with 3317 was high relatively. The mentioned results demonstrated that the tolerance to Mn deficiency by 3317 was associated with its mobilization of soil Mn oxides, including the contribution of acidification in rhizosphere and root exudates.

Key words Mn fertilization; wheat genotype; Mn deficiency; dynamics in rhizosphere

小麦缺锰是我国北方大多数石灰性土壤^[1]尤其四川^[2]一些河流沿岸冲积性水稻土中较为普遍的养分胁迫问题。土壤中的锰是植物锰素的主要来源,其中二价锰是植物根系能直接吸收利用的主要形态,而在石灰性土壤中二价锰很容易被氧化为高价锰的氧化物^[3]从而引起土壤供锰不足、作物出现缺锰现象。一般情况下,缺锰胁迫的产生不是锰的总量不够,而是土壤中锰

收稿日期:1997-05-16

①国家自然科学基金资助项目 49801013

②刘学军,北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区),100094

的有效性低不能满足植物生长需要的结果^[4,5]。根际作为植物根系和土壤交接的特殊微域,是控制养分活化与吸收的重要门户。由于土壤中锰的生物有效性最终需通过根际动态过程来体现^[6],因而这也是人们对从根际角度研究植物不同基因型利用锰能力的差异和机理已日益关注的重要原因^[7,8,9]。本试验拟通过对2个耐缺锰能力不同的基因型小麦锰营养与根际锰动态的比较研究,揭示根际施锰或土体施锰缓解作物缺锰胁迫的作用大小,为深入了解小麦锰高效基因型耐缺锰机理提供依据。

1 材料与方法

供试土壤取自四川省温江县严重缺锰的冲积性水稻土,土壤的基本理化性状为pH(水浸)7.9,有机质 $29.8\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,质地砂壤,有效锰 $2.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。供试小麦品种为3317和川麦22。根盒采用聚酯材料制成,为二室根盒,小室播种作物为根室,大室为非根室,二者用 $30\text{ }\mu\text{m}$ 孔径的尼龙网隔开(根系不能穿过)。根室和非根室的宽度分别为2 cm和5 cm,二者的长高均为10 cm。

试验所设3个处理分别为:1.对照(CK),不施锰肥;2.土体施锰(B-Mn),仅非根室施锰肥;3.根际施锰(R-Mn),根室和非根室同时施锰。各处理土壤均施入相同量的底肥,将尿素和磷酸二氢钾分别按 $\text{N }0.2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $\text{P}_2\text{O}_5\text{ }0.15\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的用量施入土壤。锰肥(硫酸锰)按 $\text{Mn }20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的用量施入土壤。所有肥料均作基肥一次施入。其中大小室分别装土400 g和160 g。每处理重复3次。每室播种小麦30粒,出苗后定期观察小麦缺锰症状,生长6周后收获地上部制成分析样,同时按根际与土体离尼龙网不同距离(0~2,2~5,5~10,10~20和20~50 mm)取土样,进行植株全锰和土壤有效锰的分析。另外,测定根际(根室)与土体(非根室离尼龙网20~50 mm)土壤pH值。其中,土壤pH用电位法,有效锰用DTPA法浸提、植株全锰用硝酸-高氯酸灰化,用原子吸收分光光度法进行锰的测定。

2 结果与分析

2.1 施锰方式对不同基因型小麦生长和锰营养的影响

小麦3317的生物量对土体施锰和根际施锰不敏感,地上部干物重仅分别比对照增加7%和8.7%,未表现出显著性差异;而川麦22正好相反,不论根际施锰还是土体施锰都明显改善了其生长状况,土体施锰和根际施锰分别比对照增加37.7%和79.2%,差异达到了显著水平($P=0.05$)(表1)。随着锰肥的施用,特别是根际施锰后3317和川麦22干物重之间的差异迅速缩小。这说明对耐缺锰的基因型3317,土体施锰或不施锰肥都能满足其对锰的需求;而对不耐缺锰的基因型川麦22,只有根际施锰才能从根本上改善锰胁迫造成的干物质损失。

施锰方式对3317和川麦22地上部锰浓度和吸锰量的影响与干物重类似(表1),即耐缺锰基因型3317地上部锰浓度和吸锰量受土体施锰和根际施锰影响较小,缺锰敏感基因型川麦22则正好相反,2种施锰方式均比对照成倍地提高了锰浓度和吸锰量。而小麦生长期间的缺锰症状也反映出3317和川麦22两基因型之间的差别。据观察,3317整个试验期间(6周)即使对照也没有表现出明显的缺锰症状,川麦22对照处理和土体施锰处理生长3周后出现缺锰症状,其对照处理缺锰症随时间延长而不断加重,植株的正常生长受到严重抑制。

表 1 施锰方式对不同基因型小麦地上部干重及吸锰量的影响

处 理	基因型	干物重/ g·盆 ⁻¹	锰含量/ mg·kg ⁻¹	吸锰量/ μg·盆 ⁻¹
对照(CK)	3317	1.16±0.24	14.6±4.5	16.9±7.5
	川麦 22	0.50±0.03	4.5±1.2	2.3±0.6
土体施锰(B-Mn)	3317	1.25±0.27	21.8±3.6	27.2±6.7
	川麦 22	0.69±0.16	16.8±3.3	11.6±5.3
根际施锰(R-Mn)	3317	1.26±0.15	20.5±5.4	25.9±3.9
	川麦 22	0.90±0.12	19.8±1.0	17.8±0.9

2.2 施锰方式对不同基因型小麦根际锰动态的影响

对照处理 3317 和川麦 22 均表现为根际有效锰的相对富集(土体施锰除外),并以 3317 富集强度明显大于川麦 22(图 1)。为了进一步了解根际有效锰与根际 pH 的关系,我们同时测定了根际和土体的 pH 值(图 2),发现根际土壤 pH 比土体土壤 pH 低 0.2~0.4 个单位,二基因型之间以 3317 略低于川麦 22。图 3 的结果进一步表明,不论缺锰胁迫的程度如何,二基因型小麦活化土壤难溶性锰的距离不超过 5 mm,且主要集中在 0~2 mm,离根际 5 mm 以外有效锰含量变化较小,没有明显的变化规律。二基因型比较,3317 对照和土体施锰处理近根际土区有效锰高于川麦 22,这说明 3317 活化根际和近根际土壤锰的能力均强于川麦 22。此外从图 3 还可看出,各处理根际附近(距尼龙网 10 mm 以内)同时存在一个有效锰的亏缺区,而且亏缺的程度小麦活化锰的能力呈负相关。因此这很可能与小麦根系对近根际有效锰的过量吸收有关。

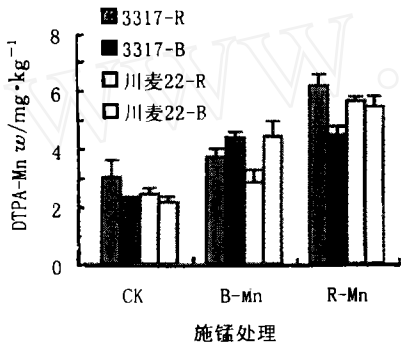


图 1 施锰方式对不同基因型小麦根际有效锰的影响

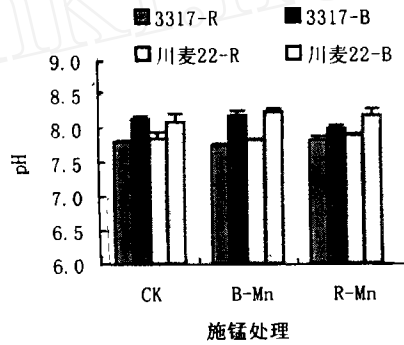


图 2 施锰方式对不同基因型小麦根际 pH 的影响

3 讨论

本试验研究了根际施锰和土体施锰 2 种施锰位置或方式对小麦缺锰的影响和可能的机制。从试验的结果(表 1)不难看出,根际和土体同时供锰条件下小麦将不会出现缺锰的问题;当只向土体供锰时二基因型小麦的吸锰量都有增加,但 3317 没有出现缺锰症,而川麦 22 仍表现出轻微的缺锰症状,说明土体供锰还不能满足缺锰敏感基因型川麦 22 对锰的需求。

作物耐缺锰的机制往往是多种因素共同作用的结果,但在一定的条件下可能以 1 种或 2 种机制起主导作用。从本试验的上述结果可初步得知,3317 比川麦 22 耐缺锰(表 1),主要是由于 3317 在根际和近根际微域活化难溶性锰的能力较强(图 1,3)。所以,前者不施锰或土体施锰即可基本解决锰胁迫问题,而对于川麦 22 只有根际施锰才能从根本上缓解缺锰胁迫的压力。

另从根际 pH 变化来看(图 2),二基因型小麦均有根际酸化(即 pH 下降)的现象,二基因型之间差异也是以 3317 大于川麦 22。这说明根系分泌质子无疑是 3317 根际活化锰能力强于川麦 22 的原因之一。除此之外,我们推测根分泌物组成的不同也很可能是引起 3317 和川麦 22 耐缺锰胁迫能力不同的主要原因,因为前人大量的试验结果^[10,11]已相当肯定根分泌物在还原溶解土壤锰氧化物中的作用。结合作者土柱试验的结果^[12],即 3317 根系在剖面中的分布比川麦 22 更均匀合理、具有较强吸收中下部土层中锰的能力。由此我们不难理解,3317 耐缺锰能力强或者说锰高效是根系下扎较深和更强的活化利用锰能力 2 种因素综合作用的结果。其中,剖面中根系的合理分布为小麦吸收中下部土层中的锰素提供了外在的可能,而根系较强的活化锰能力则是小麦对锰的高效吸收的内因。从本试验还可以看出,根际供锰或提高根际锰的有效性显然是避免缺锰敏感的小麦基因型缺锰的关键所在。

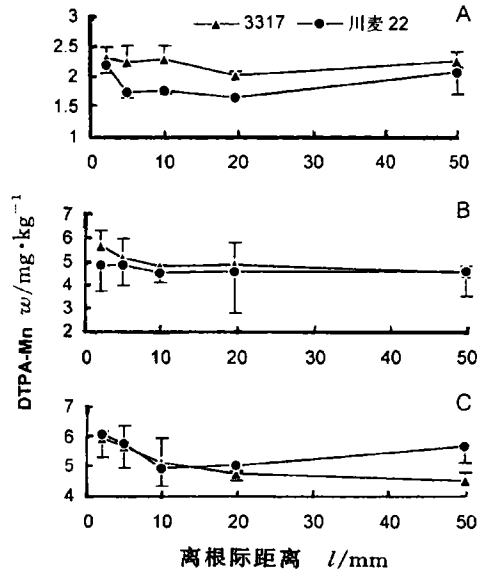


图 3 施锰方式对不同基因型小麦根际不同距离有效锰的影响
(A,B,C 分别代表对照、土体施锰和根际施锰 3 个处理)

参 考 文 献

- 1 刘铮,朱其清等. 土壤中的锰与锰肥的应用. 见:中国科学院微量元素学术交流会汇刊. 北京:科学出版社, 1980,136~145
- 2 吕世华,刘学军,张福锁. 21 世纪四川小麦缺锰趋势及防治对策研究. 见:中国科协第二届青年学术年会四川卫星会议论文集(下册). 成都:西南交通大学出版社, 1995,568~572
- 3 Singh J P. Distribution and forms of copper, iron, manganese and zinc in calcareous soils of India. *Soil Sci*, 1988,146:359~365
- 4 Graham R D, Rovirn A D. A role for manganese in the resistance if wheat plants to take-all. *Plant and Soil*,1984,94:445~449
- 5 张福锁. 不同基因型植物对缺锰胁迫的适应机理. 见:土壤与植物营养新动态(第一卷). 北京:北京农业大学出版社,1992,102~111
- 6 Marschner H. Mechanisms of Manganese acquisition by roots from soils. In: Graham R D, et al. eds. *Manganese in Soils and Plants*. Kluwer Academic Publishers,1988,191~204
- 7 王建林,廖宗文,刘芷宇. 根际中硅、铁、锰和铝的状况与水稻生长. *应用生态学报*,1991,(2):232~237
- 8 Uren N C. Rhizosphere reaction of aluminium and manganese. *J Plant Nutri*, 1989,12:173~185
- 9 Kaur N P. Relative Mn efficiency of wheat cultivar. *Indian J Plant Physiology*,1989,32:306~310
- 10 Bromfield S M. The solution of γ - MnO_2 by substances released from soil and from the roots of oats and vetch in relation to manganese availability. *Plant & Soil*,1958,10:147~160
- 11 Godo G H, Reisenauer H M. Plant effects on soil manganese availability. *Soil Sci Soc Am J*, 1980,44:993~995
- 12 刘学军,吕世华,张福锁等. 土壤施锰深度对不同基因型小麦缺锰的影响. *应用生态学报*,1999,10:179~182