

不同磷锌施肥量对大麦产量及其吸收的影响*

李惠英

朱永官

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021)(中国科学院生态环境研究中心 北京 100085)

摘要 对“Sahara”和“Clipper”2个大麦品种在不同P、Zn施肥水平下的生长、产量及P、Zn吸收量盆栽试验结果表明,当土壤缺Zn时,高P抑制作物生长,降低作物产量,出现类似于P中毒症状。随土壤P水平的增加,茎叶中P浓度急剧升高甚至接近毒害水平,而对Zn的吸收则下降,P-Zn交互作用显著。2个基因型大麦品种其生长及对Zn的吸收均表现显著差异。

关键词 P-Zn交互作用 大麦 产量 吸收P、Zn

The effects of different levels of phosphorus and zinc fertilizers on production and absorption in two barley species. LI Hui-Ying(Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021), ZHU Yong-Guan(Research Center for Eco-environment, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085), *CJEA*, 2002, 10(4): 51~53

Abstract The effects of different levels of phosphorus and zinc fertilizers on growth, production and nutrient absorption of two barley species (Sahara and Clipper) have been studied in growth chamber pot experiments. The results show that under the condition of Zn deficiency in soil the growth and production of the two barley species are reduced when phosphorus concentrations in the soil are higher and zinc are deficient. The concentrations of phosphorus in the barley shoots increase with the increase of phosphorus levels applied to the soil, but the concentrations of zinc in the shoots decline. High concentrations of phosphorus and low levels of zinc in the soil result in phosphorus toxicity in the barley strains. Higher levels of phosphorus result in decreased zinc levels in the barley shoots. There are distinct interactions between phosphorus and zinc in relation to the growth of the barley strains. Two barley species differ significantly with regard to growth and zinc absorption.

Key words Phosphorus and zinc interaction, Barley, Production, P and Zn absorption

施用P肥是一种有效的增产措施,P肥利用率一般为年施P量的10%~30%。为获得高产,人们大量施用P肥,致使P在土壤中聚集形成P库,造成资源浪费,且导致P的流失和面源污染^[2]。有关植物缺P的影响研究已多见报道,但关于P的潜在毒害研究报道目前尚少见。一些研究表明,当P在介质中含量过高时影响产量,还可能影响作物的品质,尤其是微量元素的含量和生物有效性。高P会干扰植物的Zn、Fe、Mn等正常代谢,特别是减少植物对Zn的吸收,诱导Zn缺乏。为此,试验研究了不同P和Zn施用水平对2个大麦基因品种产量及其P、Zn吸收的影响,探讨了P的毒害和P-Zn交互作用以及品种间的差异。

1 试验材料与与方法

试验于2001年在澳大利亚阿德雷德大学进行,采用盆栽试验,为聚乙烯盆,直径6.2cm、高26cm,供试土壤为养分贫瘠的石灰性沙土,pH8.9,土壤过筛(孔径0.55mm),经高温高压消毒后于烘箱烘干。每盆装土1kg,试验设计P处理5个水平,即分别施CaHPO₄ 0g/kg_±(P₀)、CaHPO₄ 0.1g/kg_±(P_I)、CaHPO₄ 0.2g/kg_±(P_{II})、CaHPO₄ 0.4g/kg_±(P_{III})、CaHPO₄ 0.6g/kg_±(P_{IV});Zn处理3个水平,即分别施ZnSO₄·5H₂O 0mg/kg_±(Zn₀)、ZnSO₄·5H₂O 10mg/kg_±(Zn_I)、ZnSO₄·5H₂O 20mg/kg_±(Zn_{II})。供试大麦品种为澳大利亚的“Sahara”和“Clipper”,每盆播种2株,生长期在植物生长箱内培育,箱内温度白天为20℃,夜间15℃,光照时间为14h,光照强度为260μE/m²·s,土壤湿度恒定在土壤持水量的12%,用纯净水浇灌维持,共30个处理,每处理重复4次,计120盆。根据P、Zn处理水平,将CaHPO₄、ZnSO₄·5H₂O以溶液形式分别施入土壤中,其他营养成分依据常规配制溶液,每kg土壤施入量为0.444g CaCl₂·2H₂O、0.4g NH₄NO₃、0.174g K₂SO₄、

* 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-413-06)部分研究内容

收稿日期:2002-03-26 改回日期:2002-04-30

0.185g MgSO₄、0.4mg Fe-EDTA、2.0mg CuSO₄·5H₂O、0.6mg MnSO₄·4H₂O、0.4mg CoSO₄·7H₂O、0.5mg H₃BO₃ 和 0.5mg H₂MoO₄·H₂O,与土混匀。试验进行 35d 后收获,采集茎叶和根系(根系冲洗干净)样品烘干磨碎,用 70% 硝酸消化,用 ICP-AES 测定分析 P、Zn 含量,采用 GENSTAT 分析软件对数据进行差异显著性检验分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对大麦生长的影响

关于 P 中毒的说法不一,大多数作物 P 毒害的症状未很好地定义,一般认为 P 中毒的症状是叶脉死亡、叶缘发红或焦枯,其中毒机理是因 Zn 缺乏而增加了 P 的吸收和运输,并导致叶片中 P 积累到有毒的水平。一些研究也证实低 Zn 高 P 供应使植物中毒,P 毒害的症状与老叶缺 Zn 症状类似。本试验中大麦生长 14d 后部分高 P 低 Zn 的处理叶尖开始发黄,有的逐渐焦枯,这与他人实验描述的 P 中毒特征相似。表 1 表明,不施 Zn 肥的处理当土壤中 P 水平达 CaHPO₄ 0.4g/kg 时,产量开始下降;而施用 Zn 肥的处理 2 个大麦品种地上部分产量均随 P 的增加而呈上升趋势。P 处理对 2 个大麦品种地上部分产量的影响均达极显著水平,且 2 个品种间差异也达显著。在低 P 水平(P_I、P_{II})下随施 Zn 肥量的增加,2 个大麦品种地上部分产量均呈下降趋势;而高 P 水平(≥P_{III})下其产量呈略增趋势,分析检验结果 P-Zn 交互作用极显著,

表 1 不同处理对 2 个大麦品种地上部干物质质量的影响

Tab.1 Effect of different treatments on dry weight of the shoots of two barley species

P 处理 Treatments P	干物质质量/g·盆 ⁻¹ Dry weight					
	Zn ₀		Zn _I		Zn _{II}	
	"Sahara"	"Clipper"	"Sahara"	"Clipper"	"Sahara"	"Clipper"
P ₀	1.371	1.365	1.084	1.264	1.201	1.293
P _I	1.945	1.828	1.823	1.829	1.675	1.531
P _{II}	1.933	2.024	1.811	1.769	1.843	2.034
P _{III}	1.979	2.191	1.755	2.135	2.237	2.344
P _{IV}	1.936	1.895	1.910	2.419	2.242	2.413
F 检验	2 个品种间*		P 处理**		Zn 处理	
					P-Zn 交互作用**	

* 为差异显著,** 为差异极显著。

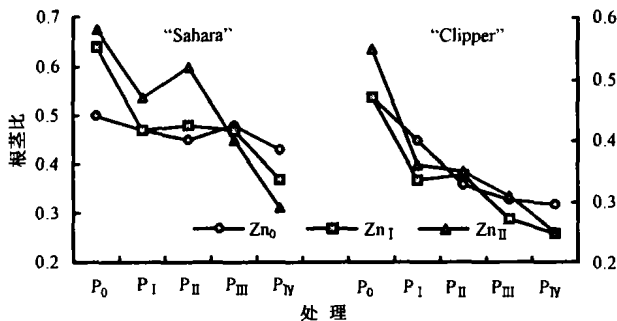


图 1 不同处理对 2 个大麦品种根茎比的影响

Fig.1 Effect of different treatments on root and shoot ratios of the barleys

2.2 不同处理对大麦吸收 P、Zn 元素的影响

大麦茎叶中 P 的浓度对照为 1687 ~ 1808mg/kg,随土壤中 P 水平的增加,大麦植株中 P 的浓度显著增加,P_{IV} 处理时植株中 P 的浓度达到最大值,为 3700 ~ 4100mg/kg,P 的作用达极显著水平;P-Zn 间交互作用显著,但 Zn 的作用不显著,且 2 个品种间无明显差异(见图 2)。试验发现,与植株中 P 浓度变化趋势相反,植株中 Zn 浓度随土壤 P 水平的增加而下降,这与他人的研究结果相吻合,对照处理的植株 Zn 浓度为 65.8 ~ 81.9mg/kg,P 处理浓度越高,植株中的 Zn 含量越低;P_{IV} 处理时,Zn₀ 处理的植株 Zn 含量降为 39.3 ~ 41.0mg/kg,且植株中 Zn 浓度随土壤 Zn 水平的增加而增加,呈正相关关系。2 个品种

但 Zn 的影响不显著。Zn 缺乏时(Zn₀),高 P 已对作物产生毒害,表现为抑制作物生长,降低作物产量;适量加入 Zn 肥可缓解毒害,甚至增加作物产量,但在低 P 水平下高 Zn 也会抑制作物生长,表明 P-Zn 间有很强的交互作用。根茎比反映了植物根系的发达程度和干物质的分配,图 1 表明随土壤 P 水平的增加,2 个大麦品种根茎比均呈急剧下降趋势,说明 P 的增加强烈抑制了根系的发育,P 处理间的差异极显著;2 个品种中“Sahara”各处理根茎比均大于“Clipper”,说明前者根系较发达,品种间的根茎比差异极显著。Zn 对根系的影响则不明显。

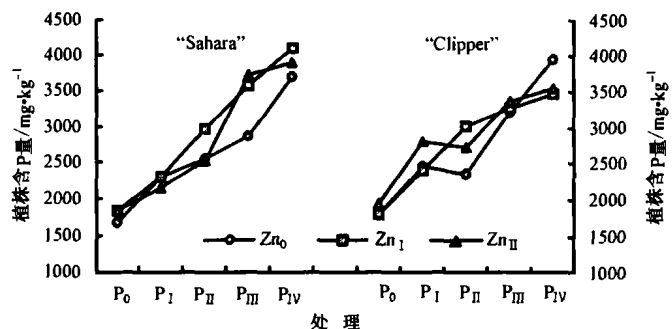


图 2 不同处理对 2 个大麦品种 P 吸收的影响

Fig.2 Effect of different treatments on P concentrations of barley shoots

2 个品种

间、P处理、Zn处理和P-Zn间交互作用均达极显著水平(见图3)。目前关于植物吸收P和Zn之间的交互作用尚未广泛研究,但普遍认为这种交互作用在低P土壤上对作物生产和品质很重要,而过度施用P肥会诱导Zn的缺乏。大量的研究表明,叶片中P浓度极高时产生毒害,并导致叶片坏死。P的中毒症状与其在叶片中积累是由根系吸收和运输P的速率所决定,当土壤中高P低Zn时,植物体内由下向上运输P的速率加快,而Zn则变慢。P中毒引起的小麦黄萎症和坏疽症与叶片中的 ^{32}P 分布密切相关,叶片坏死部P浓度为4.5%~5%,这与黄秋葵坏死叶片中的浓度相同。大部分P在细胞中以无机的正磷酸盐形态存在,高P浓度可能引起叶片细胞的渗透性破坏^[1,5]。本试验 P_{IV} - Zn_{I} 处理时,茎叶中P浓度最高值达4.1%,接近他人研究提出的P毒害发生水平。

2.3 P-Zn交互作用

近年来许多研究致力于P-Zn交互作用的机理,迄今尚未明确,所谓P-Zn交互作用是指P与Zn配合施用, P、Zn间相互影响它们在植物体内的吸收、转运、分配、积累及生理功能^[1]。这种影响通常是负效应,即P-Zn拮抗作用,当土壤中有有效P很高或施入过量的P肥时,P会抑制Zn的吸收,诱导Zn缺乏,即使土壤和植物体内的Zn在正常水平内,植物也表现出缺Zn症状。P-Zn交互作用已在包括玉米、土豆、番茄、大豆、亚麻、黑豆、向日葵、小麦等许多作物中被证实存在^[3,4]。P-Zn交互作用机理归纳为6种,即稀释作用,由于增施P肥使作物生长加快而导致植物体内的Zn浓度相对降低,造成缺Zn现象;P中毒,由于植物体内P的含量过高而导致代谢失衡;根际P与Zn间发生反应,使Zn从根部到上部的传输减慢,诱发叶片内P:Zn失调;在植物细胞中P和Zn的代谢紊乱;过量的P肥使土壤pH发生改变而影响Zn的有效性;植物根系的菌根感染影响P、Zn的吸收^[2]。关于P和Zn的交互作用也有争议,如Elnaim and Manojlovic *et al.* (1983)提出高P并不降低黑钙土中Zn的有效性,也并未引起生长在该土壤的玉米缺Zn。

3 小结与讨论

本试验表明当土壤不施Zn肥且土壤P水平达到 CaHPO_4 0.4g/kg \pm 时,大麦地上部分产量开始下降;而施用Zn肥的处理大麦地上部分产量随P的增加而呈上升趋势,说明土壤高P低Zn会产生毒害,抑制作物生长,降低产量;而低P($\text{CaHPO}_4 \leq 0.2\text{g/kg}\pm$)高Zn时,大麦地上部分产量呈下降趋势。P处理对2个大麦品种地上部分产量的影响达极显著水平,2个品种间差异也达显著,P-Zn交互作用极显著,但Zn的影响则不显著。大麦茎叶中P的浓度随土壤中P水平的增加而急剧增加,甚至接近叶片发生P中毒浓度,与此相反,植株中Zn的浓度随土壤P水平的增加而下降,P处理达极显著水平;P-Zn间交互作用显著,说明土壤中高P影响植物的生长和产量,且影响对Zn的吸收,进而影响作物品质。2个大麦品种“Sahara”和“Clipper”的产量、根茎比、Zn的吸收均有明显差异,说明同一作物不同品种在生理和遗传方面存在对P的利用、Zn的吸收积累的本质差异,故应进一步探明植物对养分的需求和耐性的基因型差异以及对缺Zn或P土壤的管理方法,并运用育种或基因工程技术培育出具有较高吸Zn或P能力的品种或品系。

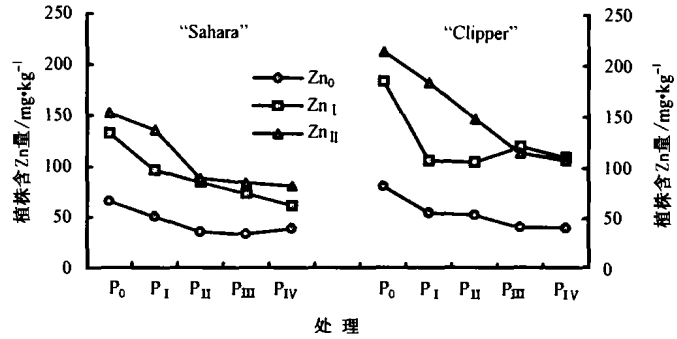


图3 不同处理对2个大麦品种Zn吸收的影响

Fig.3 Effect of different treatments on Zn concentration in barely shoots

参 考 文 献

- 1 杨志敏,郑绍建,胡霭堂. 植物体内P与重金属元素Zn、镉交互作用的研究进展. 植物营养与肥料学报,1999,5(4):68~75
- 2 Sharply A. N.,Rekolainen S. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. Phosphorus Loss From Soil to Water,CAB International,Walford,UK. 1997. 1~47
- 3 Mallarino A. P.,Webb J. R. Long-term evaluation of phosphorus and zinc interactions in corn. Journal of Production Agriculture,1995,8(1):52~55
- 4 Parker D. R.,Aguilera J. J.,Thomson D. N. Zinc-phosphorus interactions in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) grown in chelator-buffered nutrient solutions. Plant and Soil,1992,143:163~177
- 5 Benton Jones J., *et al.* Phosphorus toxicity in tomato plants: when and how does it occur? Commun. Soil Sci. Plant Anal.,1998,29:11~14