

## 磷素对高硼土壤小麦生长的影响\*

尹 钧

朱晋云

(山西农业大学 太谷 030801) (山西省小麦研究所 临汾 041000)

5512.106

Paul J. G. Rathjen A. J.

(澳大利亚阿德莱德大学 阿德莱德 5064)

**摘 要** 为减轻高硼(B)对小麦的毒害作用,研究了不同土壤B浓度下磷(P)素对小麦生长的影响。结果表明,增施P素能减轻小麦B毒害症状,小麦平均黄叶率由9.95%降至7.60%;促进小麦生长,B浓度为50mg/kg时,小麦根系和地上部分生物量分别增加44.9%和11.72%,30cm以下土层根系平均增加2.1%,促进了小麦对深层养分和水分的利用。

**关键词** 小麦 土壤B毒害 P素作用

**Effects of phosphate on wheat growth in high-boron soil.** Yin Jun (Shanxi Agricultural University, Taigu 030801), Zhu Jinyun (Shanxi Wheat Research Institute, Linfen 041000), Paul J. G., Rathjen A. J. (Adelaide University, South Australia, Adelaide 5064), *EAR*, 1999, 7(3): 51~54

**Abstract** In order to search out a way to reducing the boron toxicity, effects of phosphate on wheat growth in boron toxicity soil have been studied. It is found that P can reduce the boron toxic symptom of wheat, percentage of yellow leaf decreases from 9.95% to 7.60%, and promote the growth of wheat roots and shoots by 44.9% and 11.72% respectively, when boron concentration reaches to 50mg/kg. Furthermore, deep roots below 30cm soil are increased by 2.1% which promotes wheat to better use the water and nutrition in deep soil.

**Key words** Wheat, Soil boron toxicity, Phosphate effect

土壤有效硼浓度高于2mg/kg时则成为影响植物生产的限制因子<sup>[4]</sup>,我国土壤全硼(B)平均含量为64mg/kg,西部干旱半干旱地区高B土壤分布广泛<sup>[3]</sup>。山西省土壤全B平均含量为40.9mg/kg,有效硼含量为0.1~4.8mg/kg,其中含有效硼1~2mg/kg的土壤296.5万多hm<sup>2</sup>,>2mg/kg的土壤15.3万hm<sup>2</sup>,占总土壤面积的1.05%,耕地中高B土壤达4.87万hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。高B土壤与盐碱地分布趋势基本一致,盐碱地改良过程中仍存在抗盐品种生长受阻、改良盐碱地后植物生长不正常等现象,这是否与盐碱地高B影响有关,至今少见报道。澳大利亚关于B毒危害研究报道较多<sup>[5]</sup>,其解决途径都是通过选育抗B品种,但由于抗B性状受多基因控制,给选育品种带来一定困难。本研究试图通过栽培技术寻求解决B毒害的途径。

\* “八五”国家自然科学基金资助项目部分研究内容

收稿日期:1998-06-08 改回日期:1998-07-20

## 1 试验材料与方法

试验于 1994 年在澳大利亚阿德莱德大学植物科学系温室进行,试验土壤 B 含量 < 0.05mg/kg,对植物生长无不良影响。将供试土壤置于塑料管中,0~20cm 表土层施 N 肥 30mg/kg,土壤容重为 1.05g/cm<sup>3</sup>;20~50cm 深土层进行 B、P 处理,B 处理设不施 B(B<sub>0</sub>)、施 B 50mg/kg(B<sub>50</sub>)和 B 100mg/kg(B<sub>100</sub>)3 个处理,测得有效硼分别为 0mg/kg、20mg/kg 和 51mg/kg。P 处理设不施 P 和施 P 60mg/kg 2 个处理。B 与 P 共 6 个处理组合,试验采用具有不同抗 B 特性的 G61450、Halberd、Warigal、WL×MMc 和 Kenya Farmer 5 个小麦品种,3 次重复,90 个处理组合。小麦播种前分别在 4℃ 和 15℃ 下培养 24h,5 月 27 日播于塑料管中,8 月上旬收获并测定地上部分生物量。用冲根法获得整体根系,测定每 10cm 土层根系生物量。地上部分烘干粉碎后取 1g 样品在 140℃ 下用硝酸消化,取 20ml 消化液用 ICP 仪测定植株 B、Fe、Mn、Cu、Zn、Ca、Mg、Na、K、P、S 元素含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 P 素对 3 种 B 处理不同品种小麦黄叶率的影响

表 1 P 素对 3 种 B 处理不同品种小麦黄叶率的影响

Tab.1 Effects of phosphate on yellow leaf percentage of wheat varieties in different boron treatments

处 理 Treat.	小麦黄叶率/%					Yellow leaf percentage of wheat		平 均 Mean
	G61450	Halberd	Warigal	WL×MMc	Kenya Farmer			
B <sub>0</sub>	CK	2.53	5.93	3.03	4.87	8.13	4.90	
	P	3.35	4.20	2.90	3.25	4.35	3.61	
	P-CK	+0.82	-1.73	-0.13	-1.62	-3.78	-1.29	
B <sub>50</sub>	CK	6.13	6.00	4.67	11.70	13.53	8.41	
	P	5.00	4.05	4.45	6.20	10.40	6.02	
	P-CK	-1.13	-1.95	-0.22	-5.50	-3.13	-2.39	
B <sub>100</sub>	CK	6.10	9.67	6.00	14.10	21.57	11.49	
	P	5.75	5.90	5.57	10.40	18.27	9.17	
	P-CK	-0.35	-3.77	-0.43	-3.70	-3.30	-2.32	
平 均 Mean	CK	4.92	7.20	4.57	10.22	14.41	8.27	
	P	4.70	4.72	4.31	6.62	11.01	6.27	
	P-CK	-0.22	-2.48	-0.26	-3.60	-3.40	-2.00	

小麦叶片枯黄是 B 毒害的主要症状之一。不同 B 处理下 P 素对小麦黄叶率的影响见表 1。由表 1 可知,P 能降低小麦黄叶率,这种作用在无 B 毒害时不显著,而高 B 毒害时极显著。P 对不同小麦品种黄叶率的影响不同。P 能较大幅度降低对 B 毒较敏感的小麦品种的黄叶率。如 WL×MMc、Kenya Farmer 的黄叶率分别平均降低 3.4% 和 3.6%;而对 B 毒不敏感的小麦品种 G61450 和 Warigal 的黄叶率分别平均降低 0.22% 和 0.26%;P 对 Halberd 的 B 毒害解除作用较强,且随 B 浓度的增大而增大,P 在 B<sub>0</sub>、B<sub>50</sub> 和 B<sub>100</sub> 条件下黄叶率分别降低 1.73%、1.95% 和 3.77%。

### 2.2 P 素对 3 种 B 处理不同品种小麦生物量的影响

由表 2 可知,P 在无 B 毒条件下极显著增加小麦地上部分生物量,增幅达 6.57%~31.07%(平均 19.26%);且对 B 毒较敏感的小麦品种反应也较敏感,P 在 B<sub>50</sub> 条件下增产率为 6.76%~20.99%(平均 11.72%),其平均增产作用仍达极显著水平;在 B<sub>100</sub> 条件下 P 对 G61450、Halberd 和 Warigal 仍表现了增产作用,而对 B 毒敏感的 WL×MMc 和 Kenya Farmer 表现为减产作用。P 素对促进根系生长的作用十分明显,根系生物量可增加 35.4%;在 B<sub>0</sub>、B<sub>50</sub> 和 B<sub>100</sub> 条件下均显著促进小麦根系生长,根系生物量平均增加 40.6%、45.2% 和 20.6%。不同小麦品种根系生长对 P 的反应有一定差异,P 对 B 毒敏感

表 2 P 素对 3 种 B 处理不同品种小麦生物量及植株 B 含量的影响

Tab. 2 Effects of phosphate on the biomass of wheat and boron contents in wheat plant

品种 Varieties	地上部分生物量/g Tops biomass						根系生物量/g Roots biomass						植株 B 含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Boron contents					
	$B_0$		$B_{50}$		$B_{100}$		$B_0$		$B_{50}$		$B_{100}$		$B_0$		$B_{50}$		$B_{100}$	
	CK	P	CK	P	CK	P	CK	P	CK	P	CK	P	CK	P	CK	P	CK	P
G61450	14.62	15.58	14.06	15.09	13.24	14.39	1227.6	1806.4	1227.5	1605.0	1275.5	1493.2	10.0	13.8	128.5	162.4	352.3	401.1
Halberd	12.48	15.50	12.52	13.90	11.60	13.31	860.5	1352.6	787.7	1029.8	740.6	940.2	11.4	18.9	145.6	159.3	327.9	437.3
Warigal	13.21	15.60	12.73	13.59	10.74	12.41	1426.9	2101.3	1053.2	1329.4	1052.2	1354.5	16.0	19.5	127.6	187.7	308.1	314.2
WL×MMc	12.90	15.27	13.15	15.00	11.26	10.95	1609.9	2000.8	1291.6	1884.5	954.6	1117.0	17.0	15.5	336.8	374.0	473.1	521.3
Kenya Farmer	12.97	17.00	11.10	13.43	10.79	10.53	1155.9	1568.0	677.8	1450.8	702.2	795.4	17.7	17.5	117.3	140.2	189.9	190.9
平均 Mean	13.24	15.79	12.71	14.20	11.53	12.32	1256.2	1765.8	1007.6	1459.9	945.0	1140.0	14.4	17.0	171.2	204.7	330.7	373.0

性低的 G61450、Halberd 和 Warigal 小麦品种作用随 B 浓度的增加而降低。P 在  $B_0$ 、 $B_{50}$  和  $B_{100}$  条件下促进根系生物量分别增长 47.1%~57.2%、26.2%~30.8% 和 17.1%~28.7%；而对 B 毒较敏感的 WL×MMc 和 Kenya Farmer 小麦品种在  $B_{50}$  条件下作用最明显，根系生物量分别增长 45.9% 和 114.0%，这主要是因 B 毒对无 P 处理根系生长影响严重而对 P 处理根系影响较小所致。P 在  $B_{100}$  条件下作用显著下降，但仍有促进根系生长作用。P 在  $B_0$ 、 $B_{50}$  和  $B_{100}$  条件下分别降低冠根比 2.13、2.98 和 0.16。说明 P 对促进小麦根系生长作用大于促进地上部分生物量作用，但在  $B_{100}$  条件下促进作用减小。B、P 处理对小麦

表 3 B、P 处理对小麦根系分布的影响

Tab. 3 Effects of boron and phosphate on wheat root distribution

处理 Treat.	不同土层深度小麦根系干物质质量/mg Dry root weight with deep						
	0~10cm	10~20cm	20~30cm	30~40cm	40~50cm	50~60cm	
$B_0$	CK	563.2	305.1	276.9	203.3	126.3	11.0
	P	705.1	393.6	308.4	263.8	216.8	21.0
$B_{50}$	CK	525.9	268.9	148.1	108.7	41.5	—
	P	702.8	310.6	228.2	118.9	84.9	—
$B_{100}$	CK	497.8	252.9	121.5	35.1	8.7	—
	P	590.3	323.9	143.5	68.7	13.6	—

根系垂直分布有明显影响(见表 3)。在  $B_0$  条件下 0~20cm 土层小麦根系约占 57%，而在  $B_{50}$  和  $B_{100}$  条件下 0~20cm 土层小麦根系占 72%~82%，表明 B 毒严重影响根系下扎生

长。增加 P 可明显促进各层根系生长，40~50cm 深土层根量及所占比例均增加。结果还表明 P 在有效 B 浓度  $\leq 20\text{mg/kg}$  条件下对促进小麦根系生长有明显作用，对 B 毒敏感品种的促进作用更大；但在 B 浓度  $> 20\text{mg/kg}$  时其作用明显减小。P 还可促进根系下扎，故增施 P 肥对小麦抗浅层土壤 B 毒有重要意义。

2.3 3 种 B 处理不同品种小麦植株矿物质元素含量

小麦植株体内矿物质元素含量分析结果(见表 4)表明，B 处理对小麦植株 B 含量有显著影响。P 处理使小麦植株 P 含量平均增加 45%，并促进 B 的吸收。高 B 处理下，P 处

表 4 不同 B 处理小麦植株矿物质元素含量

Tab. 4 Mineral elements in wheat plants under B and P treatments

处理 Treat.	小麦植株矿物质元素含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Element content											
	B	P	Fe	Mn	Cu	Zn	Ca	Mg	Na	K	S	
$B_0$	CK	14.4	1746.2	315.8	32.87	5.54	37.39	4856.1	1341.8	717.7	41562.5	2356.3
	P	17.0	2957.8	345.2	33.39	5.50	32.44	6704.9	1625.5	761.3	39990.8	2254.2
$B_{50}$	CK	171.2	1821.1	329.6	32.53	6.01	32.18	4811.3	1270.8	744.7	40495.9	2254.6
	P	204.7	2709.3	273.7	29.74	5.34	30.87	5205.6	1304.5	665.4	34981.7	2194.2
$B_{100}$	CK	330.7	1727.3	329.1	32.24	6.16	33.17	5502.0	1291.4	816.1	39606.8	2272.1
	P	372.9	2023.1	236.9	31.05	6.00	33.26	5590.7	1447.7	742.5	41197.9	2598.1

理可减少小麦吸收 Fe 量,这可能与矿物质元素之间的拮抗作用有关。P 对其他元素的吸收无明显影响,这表明 B、P 处理主要通过其自身作用而影响小麦生长。不同品种小麦植株 B 含量在高 B 条件下有明显差异,WL×MMc 品种 B 含量明显高于其他品种,而 Kenya Farmer 则低于其他品种。这表明小麦品种对 B 的敏感性不能用其植株 B 含量衡量,而是由其遗传生理特性决定。无论小麦品种对 B 的敏感性如何,小麦植株 B 含量均随土壤 B 含量增加而增加,且增加 P 有增加小麦植株 B 含量的趋势,因此 P 能改善小麦生长状况的原因并非是简单降低 B 的有效吸收。

### 3 小 结

我国大部分高 B 地区土壤 B 剖面分布为浅层多、深层少,土壤有效 B 浓度均 $<10$  mg/kg。土壤有效 B 浓度 $<20$ mg/kg 时增施 P 肥可有效减轻小麦 B 毒危害,降低小麦黄叶率;改善作物土壤生长环境,促进小麦正常生长,增加小麦产量。其机理并非是 P 遏制 B 的过度吸收,而是通过促进小麦根系生长,特别是促进根系下扎,使较多的根系穿过高 B 土层,提高深层水分和养分利用率,从而改善小麦的根际环境,减轻 B 毒危害。有关 P 素对小麦生理特性的影响尚需进一步深入研究。

### 参 考 文 献

- 1 尹 钧. 旱地小麦根系生长规律与水分利用的研究. 山西农业大学学报, 1998 (1): 54~61
- 2 刘耀宗等编. 山西土壤. 北京: 科学出版社, 1992. 331~333
- 3 刘 铮等编. 微量元素农业化学. 北京: 农业出版社, 1991. 108~141
- 4 Cartwright B. *et al.* Toxic concentrations of boron in a red-brown earth at Gladstone South Australia. *Aust. J. Soil Res.*, 1984, 22: 261~272
- 5 Paull J. G. *et al.* Major gene control of tolerance of bread wheat to high concentrations of soil boron. *Euphytica*, 1991, 55: 217~228

### 保护长江生态环境 减防洪水灾害

受“厄尔尼诺”现象的影响,1998 年气候异常,降雨中心长期停留在长江流域,导致 3 次持续大范围强降雨过程,形成了特大洪涝灾害。洪水过后,静心反思,长江洪涝灾害无不与生态破坏,环境恶化有关。长江上游地区历史上曾是森林茂密的地方,30 年代初森林覆盖率为 30%~50%。后因人类不合理的砍伐利用,致使森林面积锐减,水源涵养功能下降,长江中下游地区是淡水湖泊集中分布区,也是长江洪水主要调蓄区。解放以来有 1/3 以上的湖泊被围垦,围垦面积达 1.3 万 km<sup>2</sup>。1949 年洞庭湖和鄱阳湖水面积分别为 4350km<sup>2</sup> 和 5200km<sup>2</sup>,至 1997 年仅为 1210km<sup>2</sup> 和 3965km<sup>2</sup>,容积均减少了 100 多亿 m<sup>3</sup>。对湖沼的过度围垦,致使调蓄能力下降,大大加重了洪涝灾害的发生;由于坡地的过度开垦和不合理耕作,植被破坏,长江上游水土流失面积比 50 年代扩大了 25 万 km<sup>2</sup>,长江河床每年升高 4.7cm,主要湖泊湖底每年升高 3~3.7cm,长江不少河段已成悬河。长江流域各类水库每年因淤积损失库容 12 亿 m<sup>3</sup>;多年来分蓄洪区经济发展很快,人口急剧增长,根本无法实现分洪任务,种种因素叠加形成 1998 年长江水灾“中流量,高水位,大灾害”的特点。要解决长江中上游生态问题,首先要加大科技投入,提高资源利用率。杜绝滥垦滥伐现象,发展节水农业和旱作农业,加强坝区建设,走集约经营持续发展之路,合理高效利用农业资源,退耕还林还湖还草。退田还湖要搞好湿地农业建设,发展水生作物。退耕还林要搞好乔、灌、草结合,尽快起到覆盖作用。生态环境保护要与资源合理利用结合起来,优化资源配置,调整农业结构,实现生态与生产的协调发展。长江中上游坡耕地占总耕地面积的 55.9%,约 70%属顺坡耕作,没有任何水土保持措施,坡耕地水土流失已成为长江中下游湖、库、河淤积泥沙的主要来源。该区生态农业建设必须抓好坡耕地改造工作,陡坡耕地退耕还林,缓坡耕地改为梯田。工程、生物、农艺措施相结合,进行综合治理。

(郭文玲 河北省农业区划办公室 石家庄 050051)