植物营养与肥料学报 2000,6(1):117～120
Plant Nutrition and Fertilizer Science

# 磷锌肥配合施用对青稞产量与品质的影响

蔡晓布
(西藏农牧学院农学系,西藏林芝 860000)

# EFFECT OF P AND Zn COMBINED APPICATION ON YIELD AND QUALITIES OF NAKED BARLEY

Cai Xiaobu
(*Dept. of Agric. Tibet Agric. and Animal Husb. Colloge. Xizang, Linzhi* 860000)

**中图分类号**: S512.306.2

磷锌营养平衡对作物生长发育具有重要作用。协调磷、锌配比以达到最佳产量和质量是植物营养的一个重要问题[1]。为此,许多学者就植物营养中磷、锌配合比例及其相互关系进行了研究,证实了磷、锌配合施用可提高磷、锌利用率;高量施磷可诱发作物缺锌的现象[1~3]。

西藏有较大面积的农田缺乏微量营养元素。据在拉萨、日喀则等地结合大田生产对不同作物进行多点试验和示范,结果表明,各种微肥均有不同程度的增产作用[4]。但大量及微量元素配合进行综合施肥研究在西藏尚未开展。为探讨藏东南地区土壤有效磷、锌缺乏条件下,磷、锌对青稞产量和子粒蛋白质含量的效应以及不同施磷水平下,磷、锌互作对青稞产量、蛋白质含量的影响等,1996～1998 年开展了本项研究。

## 1 材料与方法

1996～1997 和 1997～1998 年度 2 次试验在西藏农牧学院实习农场进行。试验点海拔 2970m,年平均气温 13.5℃,年降水量 660mm,年日照 2000h,无霜期 190d。供试土壤为耕种草甸土,砂壤质。1996～1997 和 1997～1998 年 2 年试验的土壤理化性状分别为:pH 5.6、6.1,有机质 20.3、17.9g/kg,全 P 2.59、2.01g/kg,碱解 N 100.0、165.0mg/kg,有效 P 2.33、5.70mg/kg,有效 Zn 1.87、1.53mg/kg,阳离子交换量 13.7、14.1cmol/kg。供试作物青稞(*Hordeum vulgare var. nudum*)品种(系)为 WB－98－8。

试验设 3 个磷($P_2O_5$)水平,即 0、112.5、225kg/hm$^2$(分别以 $P_0$、$P_1$、$P_2$ 表示);3 个锌(Zn)水平:0%、0.1%、0.2%(分别以 $Zn_0$、$Zn_1$、$Zn_2$ 表示)。磷肥(过磷酸钙)于播前作基肥施入,锌肥($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)播前分别按上述浓度要求浸种 12h,并分别于三叶期、越冬期、返青期、拔节期、孕穗期、开花期、灌浆期进行叶面喷施。氮肥(尿素)基、追肥用量分别为 N 150、300kg/hm$^2$。小区面积 10m$^2$,3 次重复,随机区组设计。每年 9 月下旬播种,次年 6 月下旬收获。

于孕穗期末喷施锌肥前按小区随机采取青稞顶端第一片叶,并分别用钒钼黄及双硫腙比色法测定叶片磷、锌含量。子粒粗蛋白质及其它土壤农化性状用常规分析法。

**收稿日期**:1998-12-21

## 2 结果与讨论

### 2.1 磷、锌对青稞产量的影响

2年试验结果看出，本试验条件下，各处理较对照均有不同程度的增产，而且均以 $P_1Zn_2$ 产量最高，增产率分别达338.4%和307.9%（表1）。表明磷肥及磷、锌配合施用对青稞均具极显著增产效应，单施锌肥则无显著影响。$P_0Zn_0$、$P_1Zn_0$、$P_2Zn_0$ 间，青稞产量随施磷量增加而趋于极显著提高。$P_0Zn_0$、$P_0Zn_1$、$P_0Zn_2$ 间，各处理产量随施锌量增加略有增长，但均极显著低于其它处理。由此可见，供试土壤有效磷含量极为匮乏，磷是本试验条件下土壤的主要限制因子。研究表明[1,2]，砂质酸性土壤由于淋洗强度较大，极易导致缺锌。据酸性土壤有效锌含量1.5mg/kg的临界标准[2]，供试土壤有效锌含量分属中、低水平。在最小养分磷素未得到补充的情况下，喷锌仍表现出一定的增产作用，充分说明供试土壤确属缺锌土壤。但青稞锌素营养的土壤诊断指标尚需根据西藏土壤和环境状况作进一步研究。

**表1 磷、锌对青稞产量的影响（kg/hm²）**

**Table 1 Effect of P and Zn on yield of naked barley**

| 施磷处理 | 施锌处理 Zn Treat. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1996～1997 | | | | 1997～1998 | | | |
| P Treat. | $Zn_0$ | $Zn_1$ | $Zn_2$ | $\bar{X}$ | $Zn_0$ | $Zn_1$ | $Zn_2$ | $\bar{X}$ |
| $P_0$ | 977.9cC | 996.0cC | 1003.5cC | 992.5cC | 814.5dC | 823.5dC | 826.5dC | 821.5cC |
| $P_1$ | 2457.3bB | 3838.5aA | 4287.0aA | 3527.6aA | 1957.5cB | 2964.0bA | 3322.5aA | 2748.0aA |
| $P_2$ | 4012.5aA | 2431.5bB | 2223.0bB | 2889.0bB | 3127.5abA | 1746.0cB | 1884.0cB | 2252.5bB |
| P | F(76.15)** | | $F_{0.01}(2,16)=6.25$ | | F(316.89)** | | | |
| Zn | F(0.08) | | | | F(2.36) | | | |
| P×Zn | F(13.59)** | | $F_{0.01}(4,16)=4.77$ | | F(55.81)** | | | |
| P×Zn | $P_{112.5}$ | | $P_{225}$ | | $P_{112.5}$ | | $P_{225}$ | |
| $Zn_0$ | 2457.3cC | | 4012.5aA | | 1957.5cC | | 3127.5aA | |
| $Zn_1$ | 3838.5bB | | 2431.5bB | | 2964.0bB | | 1746.0cC | |
| $Zn_2$ | 4287.0aA | | 2223.0bB | | 3322.5aA | | 1884.0bB | |

### 2.2 磷、锌施用对青稞吸收累积锌的影响

在食物和饲料中，锌是一个重要的质量指标。施锌可提高茎叶和子粒的含锌量，这对于生产高锌食品具有重要意义[6]。在本试验中，磷、锌吸收具有相互促进作用，特别是在施磷条件下，可明显提高叶片含锌量。

表2看出，不施磷肥时，随施锌量增加，青稞叶片磷、锌含量较对照均有所增加（锌增加幅度明显高于磷），P/Zn亦趋于降低，但幅度较小。表明在土壤供锌不足时，喷施锌肥可在一定程度上促进青稞对锌的吸收，并可略微促进磷素的运转。单施磷肥时，随施磷量增加，

叶片磷、特别是锌含量均随之大幅度提高,P/Zn 下降。可见,由于磷素得到补充的程度不同,对青稞吸收土壤有效锌的促进作用也不一致。随磷肥用量的增加,亦相应促进了青稞根系对土壤有效锌的吸收,并使青稞对磷、锌的吸收比率逐步趋于协调。因此,青稞产量亦呈极显著提高。

**表 2　不同处理青稞叶中的磷、锌含量(1998.4.26 采样)**

**Table 2　P and Zn contents in the leaf of the naked barley in different treatmments(Sampled at 26th April, 1998)**

| 处　理 Treat. | $P_0Zn_0$ | $P_0Zn_1$ | $P_0Zn_2$ | $P_1Zn_0$ | $P_1Zn_1$ | $P_1Zn_2$ | $P_2Zn_0$ | $P_2Zn_1$ | $P_2Zn_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P(mg/kg) | 1870 | 1877 | 1885 | 2779 | 3481 | 3577 | 3520 | 3506 | 3374 |
| Zn(mg/kg) | 16.1 | 17.0 | 17.8 | 30.7 | 45.0 | 48.0 | 46.0 | 40.4 | 37.3 |
| P/Zn | 116.1 | 111.0 | 105.9 | 90.5 | 77.1 | 74.5 | 76.5 | 86.8 | 90.5 |

$P_1$ 水平时,由于交互作用,随施锌量增加,叶片磷、锌含量亦随之大幅度提高,锌的提高幅度尤大,使 P/Zn 值下降。2 年结果均以 $P_1Zn_2$ 处理叶片磷、锌含量最大,P/Zn 最小,产量最高。因此,在施适量磷肥条件下,磷、锌配合施用不仅可促进磷的吸收,同时更可促进锌的运转。这对调节青稞体内磷、锌平衡,提高产量具有重要意义。

在施 $P_2O_5$ 225kg/hm$^2$ 条件下,随施锌量增加,青稞对磷、特别是锌的吸收量均随之下降,P/Zn 值升高。P/Zn 值不施锌处理($P_2Zn_0$)与 $P_1Zn_1$、$P_1Zn_2$ 处理相当,产量亦无显著差异。表明在供试土壤条件下,$P_2O_5$ 225kg/hm$^2$ 投入量,仍可大幅度提高青稞根系对土壤有效锌的吸收利用。由于本试验所设磷素水平较低,更高磷肥用量下,对青稞吸收利用土壤有效锌状况有待进一步研究。

$P_2Zn_1$、$P_2Zn_2$ 处理,青稞对磷、锌吸收量虽较 $P_1Zn_0$ 有较大提高,但 P/Zn 值却相近,产量也无显著差异,均极显著低于 $P_1$ 水平时 P×Zn 互作的增产效应和 $P_2Zn_0$ 处理。其原因可能在于,高量磷肥促进了青稞对喷施锌肥的吸收,也增加了对土壤有效锌的吸收。但由于吸收的土壤有效锌部分在根部积累,难以向上部叶片输送,进而影响磷的运转[1,2],使得叶片 P/Zn 值随含磷,尤其是含锌量的下降而升高,并最终影响产量。据研究,锌在植体内移动性属中等,当提供锌的数量大时,锌就会在根部积累。用$^{65}$Zn试验发现,根组织在含磷水平较高时,溶于乙醇的$^{65}$Zn增加,细胞壁的果胶酸盐也随之增加。锌和细胞壁的这一结合,可能减少了由土壤-根际途径输送到植株地上部的锌的数量[2]

### 2.3　磷、锌施用对青稞子粒粗蛋白质含量的影响

磷肥及磷、锌配合施用对青稞蛋白质含量的提高具有重要作用,而单施锌肥则无显著影响(表 3)。

表 3 看出,单施锌肥时,各处理对子粒粗蛋白质含量的影响甚微;单施磷肥时,蛋白质含量随施磷量的增加而极显著提高。在 $P_1$、$P_2$ 水平时,除 $P_1Zn_0$ 外,其它处理蛋白质含量均无显著差异。可见,磷、锌施用对蛋白质含量和产量有着大致相同的影响趋势。但青稞叶片

表3 磷、锌对青稞子粒蛋白质含量的影响(%)

Table 3 Effect of P and Zn on protein contents of the naked barley seed

| 预处理 Treat. | $Zn_0$ | $Zn_1$ | $Zn_2$ | $\overline{X}$ |
|---|---|---|---|---|
| $P_0$ | 10.17cC | 10.17cC | 10.18cC | 10.17bB |
| $P_1$ | 12.16bB | 13.31aA | 13.37aA | 12.95aA |
| $P_2$ | 13.33aA | 13.33aA | 13.17aA | 13.28aA |
| P:F(197.9)** | | P×Zn:F(3.94)* | | Zn:F(2.92) |

磷、锌含量的相对高低对蛋白质含量的影响较之于P/Zn值更为重要。据研究,磷供应不足时,可抑制糖类转化和呼吸作用,不利于各种有机酸(氨的受体)的形成,$NO_3^-$-N还原亦会受阻,影响作物对氮素的吸收利用和蛋白质合成。严重缺磷时,蛋白质还会分解[2,3]。缺锌时,植物体内酰胺明显增加,DNA、RNA和核糖体数量下降,氮素同化受到抑制,蛋白质合成亦趋减少。本试验结果充分证明了植物体磷、锌含量对子粒蛋白质含量所起的重要作用。因此,在土壤磷、锌缺乏条件下,加强磷素营养或磷、锌配合施用,不仅可以大幅度提高青稞对磷、锌的吸收,增加产量,而且还可以显著促进青稞对氮素的吸收和同化,提高子粒蛋白质含量。

## 参考文献

1 农牧渔业部农业局.微量元素肥料研究与应用.武汉:湖北科学技术出版社,1986,1~54,60~91,155~254.

2 何念祖等.植物营养原理.上海:上海科学技术出版社,1987,125~133,293~304.

3 北京农业大学.农业化学.北京:农业出版社,1994,106~111,169~170,177~179.

4 西藏自治区农学会.肥料.西藏农业科技,1995,17(2):46.

5 陆景陵.植物营养学.北京:北京农业大学出版社,1994,134.

6 石孝均等.锌、锰与含氯氮肥配施对冬小麦子粒营养品质的影响.植物营养与肥料学报,1997,3(2):160~167.