

文章编号:1000-8551(2005)03-219-03

# 不同供磷水平对小麦植株蔗糖含量和农艺性状的影响

徐关印<sup>1</sup> 刘保明<sup>2</sup> 韩宝坤<sup>1</sup> 韩俊杰<sup>1</sup>

(1. 河北工程学院农学院;2. 河北工程学院教务处,河北 邯郸 057150)

**摘要:**利用盆栽试验,研究不同供磷水平对小麦植株体内无机磷与蔗糖含量及经济性状的影响。结果表明,随着施磷量的增加,小麦不同生育时期的植株体内无机磷含量明显增加,而茎叶中蔗糖含量呈降低趋势。盆栽产量则随施磷量的增加而提高,磷素对产量影响的主要因素是促进苗期分蘖,提高小麦的有效穗数。

**关键词:**冬小麦;无机磷;蔗糖;农艺性状

## EFFECTS OF DIFFERENT LEVELS OF PHOSPHORUS FERTILIZER ON SUCROSE CONTENTS AND AGRONOMIC TRAITS IN WHEAT

XU Guan-yin<sup>1</sup> LIU Bao-ming<sup>2</sup> HAN Bao-kun<sup>1</sup> HAN Jun-jie<sup>1</sup>

(1. Department of Agronomy, Hebei Engineering College, Handan, Hebei, 057150; 2. Dean's Office, Hebei Engineering College, Handan, Hebei, 056038)

**Abstract:** A pot culture experiment was carried out to study the effect of different phosphoric fertilizer rates on sucrose content and agronomic traits of winter wheat. The results show that with the increase of applied phosphoric fertilizer the inorganic phosphate (Pi) content increases obviously in wheat plants, and the sucrose content in wheat shoot was reduced at different developing stages. Wheat yield of pot culture increases with the increasing of application rate of phosphoric fertilizer, and the main factors for yield increasing are of tillering promotion and effective ears bearing.

**Key words:** winter wheat; inorganic phosphate; sucrose; agronomic traits

作物对土壤磷素、肥料磷素的利用,土壤磷素的有效性、磷肥的合理施用及施磷对作物产量的影响等方面的研究,近年来已取得较大进展<sup>[1~4]</sup>,但在生产上施用磷肥对作物体内代谢调控作用的研究,进展较为缓慢。姜东等研究小麦开花后叶茎粒可溶性糖含量变化表明,叶茎可溶性糖总量与蔗糖含量、籽粒可溶性糖总量与蔗糖含量分别和籽粒淀粉积累呈显著和极显著正相关<sup>[5]</sup>;另有报道,对蔗糖和淀粉合成起关键作用的酶是蔗糖磷酸合成酶 (SPS) 和蔗糖合成酶、腺苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶 (AGP) 等<sup>[6]</sup>。但未涉及外界因子磷素对蔗糖与淀粉合成和酶活性的影响。张振清等<sup>[7]</sup>以玉米为材料研究表明,当无机磷含量过高时(超过 6%~9%),干物质、淀粉和蔗糖的积累都相继下降。一些证据表明,无机磷对细胞质中蔗糖的合成和对叶绿体或籽粒中淀粉的合成及其合成过程中的关键酶的活性起调节作用,无机磷可抑制 SPS 和 AGP 的活性<sup>[8,9]</sup>。本文在原磷肥定位试验基础上,研究不同供磷水平对小麦体内无机磷与蔗糖含量及产量性状的影响,以为小麦高产栽培提供磷肥施用的理论指导。

收稿日期:2004-06-29

基金项目:河北省自然科学基金项目(397418)

作者简介:徐关印(1960-),男,河北武安人,讲师,主要从事小麦生理研究工作。Email: ziyingl@sina.com

## 1 材料与方法

### 1.1 盆栽试验与土壤条件

1994 年 10 月开始长期磷肥定位田间试验,1998 年 6 月采其土壤进行盆栽试验,本文为 2000 年盆栽试验结果。土壤为潮褐土,其基础养分为:有机质 4.24%,全氮 0.23%,碱解氮 112mg/kg,全磷 2063mg/kg ( $P_2O_5$ ),速效磷 26.4mg/kg ( $0.5\text{mol/L NaHCO}_3$ , pH 8.5),速效钾 163mg/kg pH 7.5,每盆装土 15kg。

### 1.2 试验设计

参照田间试验,盆栽试验设 4 个磷肥处理,每盆施  $P_2O_5$  量为 0、0.30、0.60 和 0.90g 作基肥施入土壤,分别用 T1、T2、T3、T4 表示,重复 3 次。各处理普施尿素,每盆施基肥 3.0g,追肥 3.0g。

### 1.3 测定方法

蔗糖含量测定:在小麦返青以后,按不同生育时期取地上部分烘干、称重、粉碎。称取 100mg 样品置 100ml 三角瓶中,加 20ml 80%乙醇,置于 80℃ 恒温水浴振荡浸泡提取 30min,静置,上清液过滤到 50ml 容量瓶中,其残渣再加乙醇振荡浸泡提取一次,合并上清液并定容。按 Roe 法<sup>[10]</sup>测定提取液中蔗糖含量。

无机磷测定:称取粉碎样品 100mg 置 150ml 三角瓶中,加 10ml 0.05mol/L  $H_2SO_4$  和 10ml  $H_2O$ ,振荡浸泡提取 30min,静置,上清液过滤到 50ml 容量瓶中,其残渣再振荡浸泡提取一次,合并上清液并定容,按钼蓝法测定提取液中无机磷含量。

小麦苗期统计分蘖数,收获后考种计产。

## 2 结果与讨论

### 2.1 施磷对小麦不同生育时期植株无机磷含量的影响

不同生育时期小麦吸磷强度见图 1,在返青—拔节期小麦植株无机磷含量出现降低的现象,孕穗—灌浆—成熟期无机磷含量逐渐增高,并达最高值。经新复极差法(SSR法)测验,除孕穗期外,各处理间差异达到显著或极显著水平。随着生育进程的进行,茎叶无机磷含量逐渐降低,到成熟时达最低点,而穗部无机磷含量明显增加,说明茎叶中的无机磷转移到了穗部器官,穗部磷素可占其总累积量的 73%~87%。分析可见,处理间随施磷量增加,转移率降低。小麦返青以后,植株体内无机磷含量出现降低的原因,主要与植株的迅速生长、干物质的增加有关,从而使单位重量的无机磷含量降低。如果从单株小麦的无机磷含量分析,小麦返青以后,植株无机磷含量迅速增加(表 1),到孕穗期可增加 4.6~9.0 倍。由图 1、表 1 还可看出,小麦不同生育时期各处理间的植株无机磷含量均表现出施磷处理高于对照,而且随施磷量的增加植株体内无机磷含量也明显增加。

### 2.2 施磷对小麦植株蔗糖含量的影响

由图 2 可见,在小麦返青—拔节—孕穗阶段,茎叶蔗糖含量逐渐增加,并达到最高值。以后随生育进程的进行,各处理小麦茎叶蔗糖含量逐渐降低,到成熟期,蔗糖含量甚微。这与姜东等得到的试验结

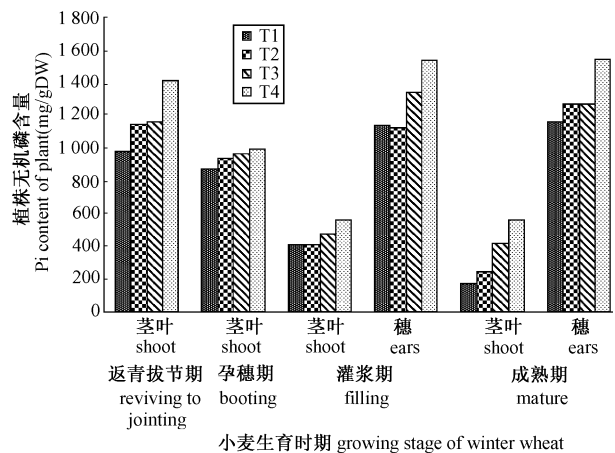


图 1 小麦不同生育时期植株无机磷含量变化

Fig. 1 Change of Pi content in different growing stages of winter wheat ( $\mu\text{g/g DW}$ )

T1、T2、T3 和 T4 分别表示每盆施  $P_{205}$  量为 0、0.30、0.60 和 0.90g;

DW: 植株干重, Pi: 无机磷; 下图表同。

T1、T2、T3 and T4 mean applied  $P_{205}$  0、0.30、0.60 和 0.90g

per pot, respectively; DW: dry weight of plant;

Pi: inorganic phosphate; the same as following figures and table.

果相似<sup>[5]</sup>,表明茎叶的光合产物以蔗糖的形式运输到了穗部并用于籽粒的形成。

表 1 小麦不同生育时期植株干重和无机磷含量变化

处理 treatment	返青-拔节期 reviving to jointing stage		孕穗期 booting stage		灌浆期 filling stage	
	植株干重	无机磷含量	植株干重	无机磷含量	植株干重	无机磷含量
	DW(g/plant)	Pi (μg/ plant)	DW(g/plant)	Pi (μg/ plant)	DW(g/plant)	Pi (μg/ plant)
T1	0.06	58.9	0.61	532.0	1.81	747.9
T2	0.10	114.8	0.71	664.1	2.04	843.7
T3	0.14	162.4	0.80	769.8	2.16	1032.4
T4	0.15	211.8	0.98	970.8	2.34	1310.9

2.3 施磷对籽粒产量及经济性状的影响

小麦不同水平施磷结果表明,籽粒产量随磷肥用量的增加而逐渐提高(表 2),每盆产量可增加 1.9~5.9g。其主要影响因子是通过增加分蘖和有效穗数,即提高单株成穗数而使产量增加,单株成穗数可增加 0.36~0.86 穗,与对照相比达显著水平。表明磷肥对小麦早期的植株发育起促进作用。同时也说明,即使在土壤磷素含量较高的情况下,如连续多年不施磷肥,也会降低作物产量。因而补充由于作物吸收而减少的土壤磷素,保持较高的产量水平所需要的。盆栽试验的结果与我们在田间的定位施磷试验结果相一致<sup>[3]</sup>。

分析图 2、表 1 还可看出,各施磷处理的植株蔗糖含量均低于对照。随施磷量的增加,蔗糖含量呈降低趋势,与植株体内无机磷含量的变化形成明显的反比关系。统计分析表明,二者呈极显著的负相关关系,相关系数为 - 0.77。随着施磷量的增加,籽粒千粒重亦呈降低的趋势,与 Arinzadeh<sup>[11]</sup>的试验结果相同,表明无机磷在蔗糖和淀粉的合成过程中起调控作用。

表 2 施磷对盆栽小麦产量及农艺性状的影响

Table 2 Effect of applying P fertilizer on grain yield and agronomic character in the pot experiment of wheat								
处理 treatment	株数 plant number	单株分蘖数 tillers per plant	总穗数 ear number	有效穗数 bearing ears	单株成穗 ears per plant	穗粒数 grain per ear	千粒重 1000-grain weight (g)	产量 g/盆 grain yield g/pot
T1	7	1.48 Bb	12.0	8.3	1.21 Bb	34.6	36.0	10.6 Bc
T2	7	2.03 ABb	14.5	11.0	1.57 Bb	32.8	34.6	12.5 Bb
T3	7	2.07 Aa	16.5	12.7	1.79 ABab	34.9	34.6	15.1 Aa
T4	7	2.71 Aa	18.0	14.7	2.07 Aa	34.5	33.0	17.9 Aa

注:表中数据后带有相同小写/大写字母表示在 0.05/0.01 水平不显著。  
Note :The data followed by common small and capital letters indicated no significant at 0.05 and 0.01 levels.

3 结论

随施磷量的增加,使不同生育时期的小麦体内无机磷含量增加,蔗糖含量呈降低趋势;千粒重下降,而籽粒产量则随施磷量的增加而提高。说明无机磷在小麦生长发育的整个过程中的调控作用是比较复杂的。在小麦苗期的生长发育阶段,磷肥可促进分蘖,分蘖数增多,小麦有效穗数增加,从而对籽粒产量的形成发挥关键作用。植株蔗糖含量降低,籽粒千粒重下降,可能与无机磷对 SPS 和 AGP 活性的抑制有关<sup>[8,9]</sup>。有关生产上使小麦产量保持高产的最低磷肥用量以及对农艺性状、土壤环境的影响等问题,尚需进一步研究。

参考文献: (下转第 180 页)

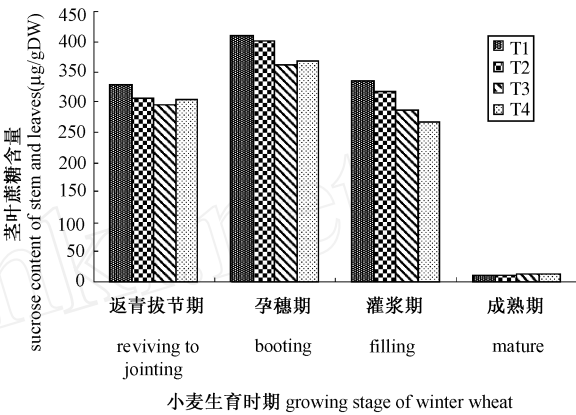


图 2 施磷对小麦不同生育时期茎叶蔗糖含量的影响  
Fig. 2 Effect of P fertilizer application on sucrose content in stem and leaves of different growing stages of wheat

朱丹妮等<sup>[21]</sup>对组培及野生川贝鳞茎微量元素含量进行定性对比,发现有益元素在组培川贝鳞茎中的含量比野生鳞茎高,且有害元素含量有所降低,平贝母与川贝母同为贝母属植物,推测他们具有相似性,其鳞茎培养也有可能成为提供新药源的重要途径。

#### 参考文献:

- [1] 朱四易. 中国贝母属植物研究. 西安: 西北大学出版社, 1995, 15: 212 ~ 222
- [2] 蔡朝晖, 李萍, 高山林. 中药贝母的组织培养研究概况. 中草药, 1998, 29: (4) 274 ~ 277
- [3] 唐巍, 吴绛云. 平贝母体细胞胚胎发生的研究. 作物学报, 1993, 19(2): 188 ~ 189
- [4] 国家环境保护局, 中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危植物红皮书. 北京: 科学出版社, 1995
- [5] 张兆瑞, 葛莉, 马莹, 等. 平贝母总生物碱含量的测定. 中国中药杂志, 1993, 18(8): 478 ~ 479
- [6] 周宝钧. 平贝母鳞茎组织培养的研究. 植物生理学通讯, 1983, (1): 11
- [7] 许建峰. 高山红景天愈伤组织颗粒悬浮培养生产红景天甙动力学与过程调控. 大连理工大学博士学位论文, 1998
- [8] 谭丰苹, 高山林. 生长调节物质对组培暗紫贝母小鳞茎生长的影响. 植物资源与环境, 1999, 8(1): 9
- [9] Furuya T, Yoshikawa T, et al. Studies of the culture conditions for *Panax ginseng* cells in jar fermentor. Journal of Natural Products, 1984, 47: 70 ~ 75
- [10] Hashimoto T. Bioreactors for the large-scale culture of plant cells. In: Bajaj Y. P. S. ed., Biotechnology in Agriculture and Forestry 4. Springer-verlag, 1988, 104 ~ 122
- [11] Han Jian, Dai Jun-gui, et al. Biotransformation of artemisin by *Catharanthus roseus* and *Ginkgo biloba* cell suspension cultures. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2003, 34 (2): 166 ~ 168
- [12] Dai Jun-gui, Gong Zhuo, et al. Biotransformation of gastrodin by cell suspension cultures of *Catharanthus roseus*. Acta Botanica Sinica, 2002, 44 (3): 377 ~ 378
- [13] Schlattmann J E, Koolhaas C M A, et al. The role of glucose in ajmalicine production by *Catharanthus roseus* cell cultures. Biotechnolog and Bioengineering, 1995, 47(5): 525 ~ 534
- [14] 王雷, 王蜀秀. 培养基对甜叶悬钩子愈伤组织生长及甜菜甙产生的影响. 生物工程学报, 1991, 7(2): 188 ~ 191
- [15] Leifert C, Cassells A C. Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. In vitro Cellular & Developmental Biology. Columbia: Mar/Apr 2001, 37(2): 133 ~ 138
- [16] Dittich H, Kitchan T M, et al. The jasmonate precursor 12-oxophytodienoic acid, induces phytoalexin synthesis in *Petroselinum crispum* cell cultures. FEBS Lett., 1992, 309(1): 33 ~ 36
- [17] Hirasuna TJ, Pestchanker LJ, et al. Taxol production in suspension cultures of *Taxus baccata*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1996, 44(2): 95 ~ 102
- [18] 李家儒, 管志勇, 刘曼西, 等.  $\text{Cu}^{2+}$  对红豆杉培养细胞中紫杉醇形成的影响. 华中农业大学学报, 1999, 18(2): 117 ~ 120
- [19] Mirjalili N, Linden J C. Methyl jasmonate induced production of taxol in suspension cultures of *Taxus cuspidate*: ethylene interaction and induction models. Biotechnology progress, 1996, 12(1): 110 ~ 118
- [20] 苗志奇, 未作君, 元英进. 水杨酸在紫杉醇生物合成中诱导作用的研究. 生物工程学报, 2000, 16(4): 509 ~ 512
- [21] 朱丹妮, 高山林. 组织培养川贝母化学成分和药理作用的研究. 中国药科大学学报, 1992, 23(2): 118 ~ 121

#### (上接第 221 页)

- [1] 鲁如坤. 土壤磷素化学研究进展. 土壤学进展, 1990, 18(6): 1 ~ 5
- [2] 刘建玲, 张凤华. 土壤磷素化学行为及影响因素研究进展. 河北农业大学学报, 2000, 23(4): 36 ~ 45
- [3] 韩俊杰, 马保国, 韩宝坤, 等. 麦稻轮作高产条件下施磷对土壤速效磷及作物产量的影响. 河北农业大学学报, 2001, 24(3): 22 ~ 26
- [4] 马保国, 韩俊杰, 杨太新, 等. 麦稻轮作高产条件下无机磷的形态转化及其生物有效性研究. 河北农业大学学报, 2000, 23(4): 42 ~ 45, 61
- [5] 姜东, 于振文, 李永庚, 等. 冬小麦叶茎粒可溶性糖含量变化及其与籽粒淀粉积累的关系. 麦类作物学报, 2001, 21(3): 38 ~ 41
- [6] 李永庚, 于振文, 姜东, 等. 冬小麦旗叶蔗糖和籽粒淀粉合成动态及其有关的酶活性的研究. 作物学报, 2001, 27(5): 658 ~ 664
- [7] 张振清, 夏叔芳. 无机磷对叶片淀粉和蔗糖积累的影响. 植物生理学报, 1982, 8(4): 385 ~ 391
- [8] Doaglas C Doehlert, Steven C Haber. Regulation of spinach leaf sucrose phosphate synthase by glucose-6-phosphate, inorganic phosphate and pH. Plant Physiol., 1983, 73(4): 989 ~ 994
- [9] 王忠. 植物生理学. 北京: 中国农业出版社, 2000. 238 ~ 245
- [10] 蔡武城, 袁厚积. 生物物质常用化学分析法. 北京: 科学出版社, 1982. 15 ~ 16
- [11] Azinzadeh M, Koochek A. Effect of different seeding rates and amount of phosphorus fertilizers on yield and yield components of dry land wheat in northern Khorasan. Agricultural Science and Technology, 1999, 13(2): 131 ~ 139