

磷肥对啤酒大麦钼、铁的吸收 分配及产量品质的影响

程素贞

(安徽农业大学, 合肥 230036)

摘 要

啤酒大麦植株中的钼含量是种子 > 叶 > 根 > 茎, 除茎外均与施磷量呈显著曲线相关, 而铁的含量是根 > 叶 > 茎 > 籽, 只有根及叶中的铁含量与施磷量呈显著曲线相关, 但根中的铁含量随施磷量增加而增加。施大量磷肥会降低植株中的含铁量, 铁主要集中在根部, 当施 P_2O_5 4.8g / 盆时, 叶中的含铁量比根低 8.61 倍, 且叶中的 P / Fe 增大, 达 63—75 倍, 故呈现缺铁症。施磷 (P_2O_5) 2.4g / 盆时, 其体内各器官钼、铁含量最高, 植株成熟时, 钼、铁积累量分别为 14.9 μ g / 盆、3218 μ g / 盆。种子中钼积累量最多, 占总量的 62.3%, 而铁仅占总量的 10.2%。施适量磷肥, 能明显提高啤酒大麦的钼、铁含量及其产量和品质, 增加千粒重、淀粉含量及降低粗蛋白质含量等。

关键词 磷肥, 啤酒, 钼, 铁, 产量, 品质

从我国目前商品啤酒大麦(简称为啤麦)质量现状来看, 有的产区尚难达到标准, 发芽率与千粒重偏低, 或蛋白质偏高等等。影响大麦品质, 除品种及气候条件外, 合理施肥是重要原因之一, 不少农田因施有机肥少, 或常年不施, 加之滥施化肥, 尤其是施磷不当, 诱发作物缺素症而影响产量和品质的报道逐渐增多。至今, 有关磷肥对啤麦钼、铁的吸收分配动态方面的系统研究, 尚未见报道。本文通过盆栽试验, 研究在一定的氮、钾条件下, 不同的施磷量对啤麦钼、铁的吸收分配规律及产量、品质的影响, 为合理施肥提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

土壤为安徽省合肥地区下蜀黄土上发育的黄褐土, 土壤有机质 9.2g / kg, pH6.8, 有效磷 21 μ g / g, 有效钼 0.203 μ g / g, 有效铁 10.6 μ g / g。

1.2 试验方法

供试作物为浙农大 4 号啤酒大麦。在安徽农业大学露天网室内进行盆栽。盆的直径为 28cm, 高 38cm, 每盆装土 25kg, 均施氮素 1.84g, 钾 (K_2O) 2g, 共设 4 个磷肥(过磷酸钙)处理 (P_2O_5 g / 盆): 0(P_0)、1.2(P_1)、2.4(P_2)、4.8(P_3)。磷、钾肥与 90% 的氮均在装盆时与土一次拌匀作基肥, 翌年 3 月中旬施 10% 的氮作返青拔节肥。另设对照组(ck), 不施任何肥料。各处理重复 4 次, 随机排列。种子催芽播种, 每

盆留苗 30 株, 分别于分蘖期 (I)、返青拔节期 (II)、抽穗期 (III)、成熟期 (IV) 采样分析钼和铁等。管理中严格控制微量元素的污染。

1.3 分析方法

土壤有机质测定用重铬酸钾法; pH 测定用电位法; 土壤有效磷用钼锑抗比色法; 土壤有效钼和植株钼均采用示波极谱法测定^[1]; 土壤有效铁用 0.1mol/L HCl 浸提, 植株中铁、锌、锰经湿消化后, 均用原子吸收分光光度法测定; 淀粉用斐林-碘量法测定; 粗蛋白用开氏法测定^[2]。

2 结果与分析

2.1 施磷量对啤酒干物重的影响

从表 1 可知, 各处理的干物质积累随生育期推移而增加, 施磷量对啤酒干物重的影响, 主要表现在返青拔节 (II 期) 以后, 有明显的升降, 其变异系数为 41.2—45.7。植株成熟时的干物重, 以 P_2 处理的最高, 达 39.08g / 盆。

表 1 施磷量对啤酒干物重 (g/盆) 的影响

Table 1 Effect of P-fertilization level on dry matter yield (g/pot) of beer barley

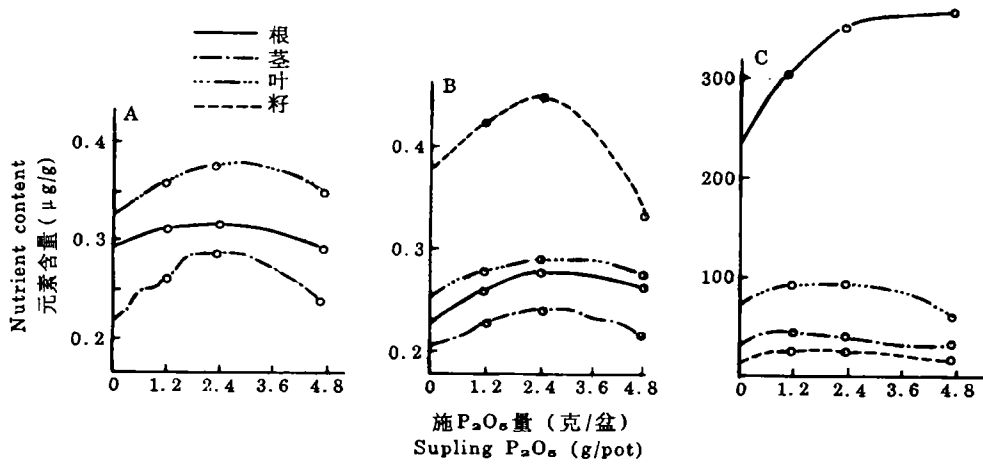
生育期 Growth period	CK	P_0	P_1	P_2	P_3	\bar{x}	S	Cv
分蘖期 (I)	0.20	0.30	0.33	0.38	0.31	0.30	0.06	20.0
返青拔节期 (II)	0.26	1.42	1.51	1.85	1.50	1.31	0.54	41.2
抽穗期 (III)	2.33	6.05	8.19	12.80	11.06	8.09	3.70	45.7
成熟期 (IV)	8.96	18.11	31.11	39.08	21.97	23.85	10.42	43.7

注: 磷肥施用量 P_0 为 0; P_1 (P_2O_5) 为 1.2g/盆; P_2 (P_2O_5) 为 2.4g/盆; P_3 (P_2O_5) 为 4.8g/盆, 下表同。

2.2 施磷量对植株钼、铁含量的影响

2.2.1 钼含量 抽穗期各器官的钼含量, 以叶片中为最高, 茎最低, 只有根、叶中的钼含量与施磷量呈显著曲线相关, 而茎中的 $r = 0.937$, 未达到显著性, P_2 处理的含量最高, P_0 处理为最低 (图 1-A)。成熟期各器官含钼量除茎外 ($r = 0.896$), 均与施磷量呈显著曲线相关, 其含量是籽 > 叶 > 根 > 茎, 说明根、茎、叶中的养分向籽粒中运转, 但 P_3 处理的各器官的含钼量都下降, 尤其籽中的含量下降很大, 可以看出, 施适量磷肥, 能提高植株各器官含钼量^[3], 而高磷则表现出抑制作用 (图 1-B)。

2.2.2 铁含量 从图 1-C 中看出, 啤酒生育期叶片中的铁含量, $P_2 > P_1 > P_0 > P_3$, 由此可见高磷降低了叶片中的铁含量。植株成熟后, 铁含量是根 > 叶 > 茎 > 籽。只有根及叶中的铁含量与施磷量呈显著曲线相关, 但根中铁含量则随施磷量增加而增加, 而籽、茎中的含量随施磷量增加则变化不大。从表 2 中看出, 根中铁含量比叶中高出好几倍, 并受施磷量的影响, 在抽穗期时, 根与叶中铁含量之比约 4—5.5, 处理间差不大, 但在成熟期时, 根与叶中的铁含量之比随施磷量递增, 比值为 3—9, 说明了高磷使铁在根中沉淀下来, 减弱了它的移动性和代谢机能^[5], 使之叶中铁含量大大降低。



<p>A 抽穗期(III) Mo 含量</p> <p>(1) $Y = 0.300 + 0.02X - 0.004X^2$ $r = 0.967^*$</p> <p>(3) $Y = 0.330 + 0.035X - 0.006X^2$ $r = 0.973^*$</p>	<p>B 成熟期(IV) Mo 含量</p> <p>(1) $Y = 0.230 + 0.033X - 0.005X^2$ $r = 0.965^*$</p> <p>(3) $Y = 0.260 + 0.019X - 0.004X^2$ $r = 0.955^*$</p> <p>(4) $Y = 0.360 + 0.089X - 0.021X^2$ $r = 0.963^*$</p>	<p>C 成熟期(IV) Fe 含量</p> <p>(1) $Y = 230 + 48X - 5X^2$ $r = 0.953^*$</p> <p>(3) $Y = 78 + 6.6X - 1.6X^2$ $r = 0.963^*$</p>
--	---	--

图1 施磷量对啤酒麦不同部位的 Mo、Fe 含量的影响

Fig.1 Effect of P-fertilization Level on Mo, Fe Content in Beer Barley Parts

表2 施磷量对啤酒麦根与叶片中铁含量之比的影响

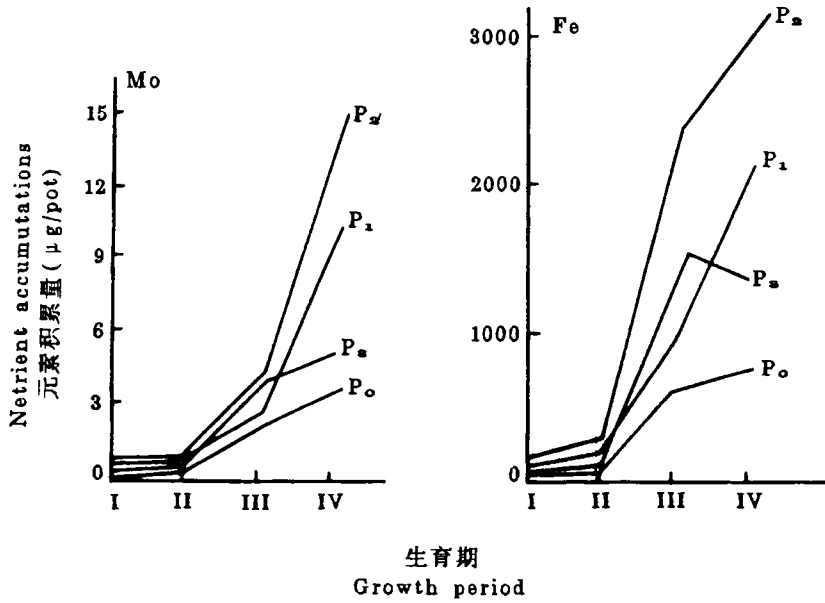
Table 2 Effect of P-fertilization level on ratio of root-Fe to leaf-Fe of beer barley

生育期 Growth stages	CK	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
抽穗期(III)	4.13	4.54	4.14	4.48	5.53
成熟期(IV)	2.82	2.94	4.00	4.17	8.61

2.3 施磷量对啤酒麦各生育期钼、铁积累量和分配的影响

2.3.1 积累量 啤酒麦各处理在返青拔节(II期)以前,钼、铁的积累量都低,约占总量的10%以下,除 P₃处理的铁以 III期为最高,IV期明显下降以外,其他处理均以 IV期为最高,其中以 P₂处理的钼、铁积累最高,分别为 14.93µg / 盆、3217.98µg / 盆,P₀处理最低(图 2)。

2.3.2 分配 从表 3 可见,施磷量影响钼、铁在体内的分配率,在 III期时,根中钼的分配随施磷量递增,叶片则相反,到 IV期有 40% 以上的钼转移到籽粒中,其运转率随施磷量过多而下降,P₃处理籽粒中的钼较少,而根和叶中的钼比其他处理的几乎高出一倍。铁主要集中在根部,占植株总量 58.6—82.2%,随施磷量递增,而叶中仅占 3.9—27.8%,随施磷量递减,高磷使铁在根中沉淀下来,这与 Ayed(1970)等人的结论相同^[5]。籽粒中铁几乎不受施磷量的影响,约占 10% 左右。

图2 施磷量对各生育期 Mo、Fe 积累量(μg / 盆)的影响Fig.2 Effect of P-fertilization level on plant Mo, Fe amount (μg / pot) at 4 growth stages of beer barley

2.4 啤酒大麦各生育期对钼、铁的吸收速率

表3 施磷量对啤酒大麦各器官 Mo、Fe 分配率(%)的影响

Table 3 Effect of P-fertilization level on distribution rate of Mo, Fe in beer barley parts(%)

元素 Element	处理 Treatment	生育期 Growth period						
		III			IV			
		根root	茎stem	叶leaf	根root	茎stem	叶leaf	籽seed
Mo	P ₀	19.0	36.8	44.2	14.5	23.9	7.4	54.2
	P ₁	23.1	40.8	36.1	11.3	22.9	5.8	60.0
	P ₂	33.5	34.9	31.6	10.8	21.9	5.0	62.3
	P ₃	45.5	29.0	27.5	22.0	25.4	12.1	40.5
Fe	P ₀	67.4	4.8	27.8	58.6	23.1	9.6	8.7
	P ₁	68.1	16.2	15.7	63.0	18.9	7.6	10.5
	P ₂	82.1	8.6	9.3	66.5	15.7	7.6	10.2
	P ₃	82.2	10.2	7.6	68.8	17.0	3.9	10.3

注: 茎包括叶鞘, 成熟期包括穗轴, 其他各图表均同。

啤酒大麦对钼、铁的吸收速率因施磷量及生育期不同差异很大, 由图 3 可见, 啤酒大麦对钼的吸收速率 IV 期最大, P₂ 处理最高, 而铁就不同了, P₀ 和 P₂ 处理以 IV 期最大, P₁ 处理虽然 III 期最大, 但 IV 期仍在继续吸收, 体内摄取总量仍在增加, 但 P₃ 处理就不同了, 则以 III 期最大, 到 IV 期时不再吸收了, 因此, 磷肥用量过多, 不仅植株吸收量降低, 其铁的含量也降低, 表明 P-Fe 的相互作用发生在植株体内。

2.5 植株 P / Fe 比及缺铁症的关系

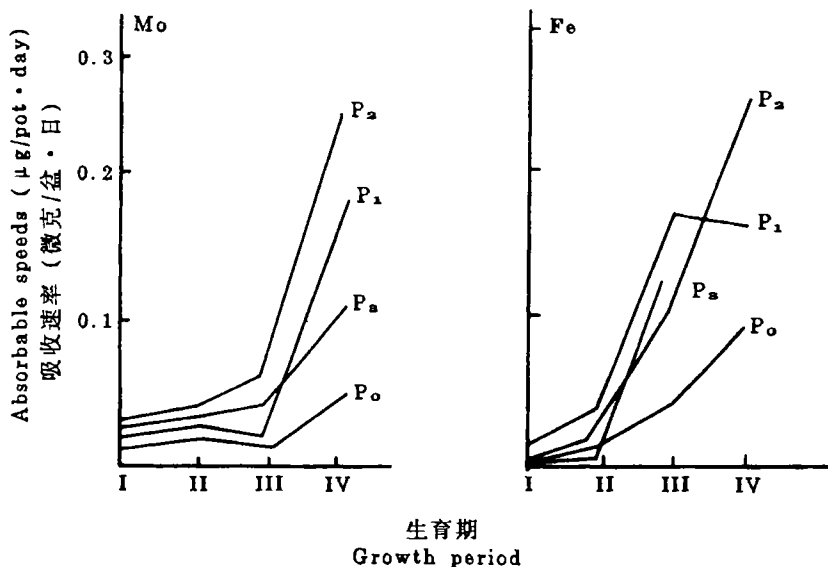


图3 施磷量及生育期对 Mo、Fe 的吸收速率(µg / 盆·日)的影响

Fig.3 Effect of P-fertilization level on absorptiou speeds(µg / pot.day) of Mo, Fe at 4 growth stages of beer barley

啤酒麦植株 P/Fe 比与缺铁症有密切的关系,从表 4 中看出,生育期 III-IV 期时,当叶片

表4 施磷量对叶片中P、Fe含量(µg/g)及P/Fe比值的影响

Table 4 Effect of P-fertilization level on P, Fe content (µg/g) and P: Fe ratio in beer barley blade

生育期 Growth period	P ₀			P ₁			P ₂			P ₃	
	P	Fe	P/Fe	P	Fe	P/Fe	P	Fe	P/Fe	P	P/Fe
III	2200	60.0	36.7	2500	68.0	36.8	3200	78.0	41.0	4200	75.0
IV	1350	78.0	17.3	1650	80.0	20.6	2700	84.0	32.1	2650	63.1

的 P / Fe 比在 17.3—41.0, 啤酒麦生长正常, 当叶的 P / Fe 比为 63.1—75 时, 则出现缺 Fe 症。P₃处理虽然植株中铁含量大大降低, 但测得叶中的铁含量为 42—56µg / g, 属正常的浓度范围, 但仍表现出缺铁症: 下部叶色绿, 渐次向上褪淡, 剑叶黄化, 但叶脉仍保持绿色。可以说明, 施磷过多, 而诱导缺铁失绿症。

2.6 磷肥对产量、品质的影响

2.6.1 产量 从表 5 中看出, 增施磷肥与不施磷肥相比增产极显著, 当磷缺乏和过多时, 都使产量明显下降。

2.6.2 籽粒中的养分含量 施适量磷肥能提高籽粒中各养分的含量, 但施磷过多, N、K₂O、Mo、Zn 的含量均明显下降, 但 P₂O₅ 的含量则与施磷量呈极显著直线相关, r 为 0.990 **, 而 Mn 及 Fe 的含量随施磷量的增加变化不大。P₁处理的 N 含量最高, P₃处理的

P_2O_5 含量最高,其余均以 P_2 处理最高(表6)。因此 P_1 、 P_2 处理的种子养分含量高,籽粒饱满,空秕率少,千粒重增加,分别达 39.2g 和 41.2g,故能提高种子的发芽率(表7)。

2.6.3 淀粉及粗蛋白质的含量 增施磷肥可以提高籽粒中淀粉含量,降低粗蛋白质的

表5 施磷量对啤酒麦籽粒产量的影响

Table 5 Effect of P-fertilization level on seed yield (g/pot) of beer barley

处 理	产量 ¹⁾ (克/盆)	增 产	Increase
Treatment	Yield (g/pot)	g/pot	%
P ₀	8.3		
P ₁	14.5	+6.2*	74.7
P ₂	17.3	+9.0*	108.4
P ₃	11.4	+3.1	37.4

1) 为4盆平均产量。

* L. S. D_{0.01}=6.1g/盆

表6 施磷量对啤酒大麦籽粒中养分含量的影响¹⁾

Table 6 Effect of P-fertilization level on nutrients content in beer barley grain

处 理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mo	Fe	Zn	Mn
Treatment	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(μg/g)	(μg/g)	(μg/g)	(μg/g)
CK	20.2	2.7	6.5	0.28	14.00	18.89	87.50
P ₀	20.8	3.0	7.2	0.35	14.00	23.23	90.00
P ₁	22.4	3.6	8.8	0.43	15.00	24.02	93.00
P ₂	21.1	4.1	10.0	0.44	15.30	25.02	93.10
P ₃	20.4	6.1	6.0	0.31	14.20	21.11	92.20

1) 表中数据均为4盆的平均数。表7相同。

表7 施磷量对啤酒大麦籽粒品质的影响

Table 7 Effect of P-fertilization level on grain quality of beer barley

处 理	千粒重(克)	发芽率(%)	淀 粉 (%)	粗蛋白质(%)	质量标准
Treatment	1000-grain weight (g)	Sprouting rate (%)	starch (%)	Crude protein	Standard of quality
CK	33.7	85	52.24	11.51	
P ₀	34.5	65	55.32	11.85	
P ₁	39.2	96	58.68	12.76	二级
P ₂	41.2	98	60.12	12.03	一级
P ₃	35.2	84	56.08	11.63	

含量。P₂处理淀粉含量最高,达60.12%,其次P₁处理为58.68%。粗蛋白质含量以P₁处理最高,为12.76%,其次是P₂处理,为12.03%,P₃处理最低(表7)。

根据国家标准局1986年制定的啤酒大麦理化指标来衡量,P₂、P₁二个处理分别达一级和二级指标^[4],P₀和P₃处理,论其蛋白质虽达优级指标,但其他项目难以达到二级指标,只有施用适量的磷肥,才能使质量全达标,故根据土壤条件,进行合理施肥具有重要意义,本试验表明,最适宜的磷肥用量是施P₂O₅为2.4g/盆,即216kg/ha。

参 考 文 献

1. 中国土壤学会农业化学专业委员会编,1983:土壤农业化学常规分析方法。科学出版社,74页、99—100页、166—168页、163—164页、298页。
2. 南京农学院主编,1980:土壤农化分析。农业出版社,239—240页、252—253页、259页。
3. 袁可能编著,1983:植物营养元素的土壤化学。科学出版社,563页。
4. 唐宗奎、熊宝山、龚其声等编著,1988:啤酒大麦与麦芽生产。江苏科学出版社,159页。
5. Ayed. I. A., 1970: A study of the mobilization of iron in tomato roots by chelate treatments. *Plant Soil*. 32: 18—26.

EFFECT OF P-FERTILIZATION LEVEL ON THE CONTENT, DISTRIBUTION OF Mo, Fe IN BEER BARLEY AND ON ITS YIELD AND QUALITY

Cheng Suzhen

(Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Summary

Molybdenum content in beer barley was found in kernel > in leaves > in roots > in straw, and was significantly correlated to P-fertilization levels with an exception of stem (straw), while the magnitude of plant Fe content was in an order almost opposite to that of Mo. Root Fe increased with the increasing of P level, showing very significant correlation these two variables. Plant Fe obviously declined with too high P level (P₂O₅ 4.6g/pot). Root Fe was 8.61 times higher than that of leaf Fe, having the leaf P: Fe ratio heightened towards 63—75, causing chlorosis disorder. The highest Mo and Fe content in plant parts observed in this study appeared at P-level of 2.4g P₂O₅ per pot. Mo and Fe accumulated in matured plant was 14.9 and 3218 μg/pot, respectively. Distribution rate of Mo was 62.3% in kernel, but of Fe, was only 10.2%. Proper quantity of P-application was proved to be beneficial in crop yield and quality. There was evidence of the increment of 1000-seed weight, final yield, and seed starch content, also the decrease of crude protein.

Key words P-fertilization level; Beer barley, Yield and quality, Mo and Fe.