

## 科研报告

应用数学模型进行啤酒大麦  
专用肥配方的研究<sup>\*</sup>

滕险峰 魏 丹

赵晓宇

(黑龙江省农科院)

(黑龙江省种子管理局)

**摘要** 本研究应用数学模型对我省啤酒大麦因缺乏配套的合理施肥体系而使优良品种潜力不能充分发挥的问题进行了系统的研究,提出了配方科学、合理的专用肥,并明确了不同土壤氮、磷、钾肥的不同用量与大麦产量和品质的关系。

**关键词** 数学模型 啤酒大麦 专用肥

**中图分类号** S512.3062

黑龙江省是全国啤酒消费量最大的省份,年产啤酒 70万吨以上,目前每年仍以 30%的速率递增。啤酒大麦是酿造啤酒的主要原料,年需啤酒大麦 15万吨,因此发展啤酒大麦生产势在必行。但因缺乏配套的施肥体系,使优良品种的潜能不能充分发挥,施肥既影响产量,又影响品质。为此,我们全面调研了我省大麦分布、产量、施肥水平及品种特性,于 1994~1996年对省内四种土壤养分状况,啤酒大麦需肥规律及各种养分因子对品质、产量的影响开展了深入研究,应用数学模型提出了适合四种土壤类型和品种特性的啤酒大麦专用肥配方。

## 1 材料与方 法

试验设两组方案:方案一:(1)CK(不施肥),(2)当地施肥水平,(3)  $N_4 P_4 K_6$ , (4)  $N_4 P_6 K_6$ , (5)  $N_6 P_4 K_4$ , (6)  $N_6 P_6 K_6$ , (7)  $N_8 P_4 K_6$ , (8)  $N_8 P_6 K_4$ ,方案二:(1)  $N_0 P_0 K_0$ , (2)  $N_4 P_0 K_4$ , (3)  $N_4 P_4 K_0$ , (4)  $N_0 P_4 K_4$ , (5)  $N_4 P_4 K_4$ , (6)  $N_8 P_4 K_4$ , (7)  $N_4 P_4 K_8$ , (8)  $N_8 P_4 K_8$ , (9)  $N_4 P_8 K_4$ , (10)  $N_8 P_8 K_4$ , (11)  $N_4 P_8 K_8$ , (12)  $N_8 P_8 K_4$ 。

试验设在省内南部的黑土区,北部暗棕壤,供试品种为黑啤 1号;东北部的草甸土、东部白浆土,供试品种为红 8947。方案一采用田间小区对比法,三次重复,随机排列。方案二采用三因素三水平不完全设计(RZG-3三种肥料施用效应方程计算程序和 FERT-3-Q二次多项式三种肥料效应方程的最佳施肥量计算程序),试验无重复。供试肥料氮肥用尿素,磷肥用三料磷肥,钾肥用氯化钾。基肥一次施入。

## 2 结果与分析

施肥直接影响啤酒大麦的产量和品质,进行合理施肥的依据是土壤供肥性能,作物品种特性,各肥料因子对产量和品质关系及产量的经济效益。

### 2.1 氮、磷、钾各因子对产量的影响

\* 收稿日期 1997-12-05

本研究获 1996年度黑龙江省科技进步三等奖。

通过 RZG- 3三种肥料效应方程计算程序,获得各试验点的产量 ( Y)与氮、磷、钾肥的效应方程:  $Y= B_0+ B_1N+ B_2P+ B_3K+ B_4NP+ B_5NK+ B_6PK+ B_7N^2+ B_8P^2+ B_9K^2$ ,复相关系数为 0. 868 ~ 0. 994 ,平均为 0. 958 ,说明各点产量 Y与氮、磷、钾肥达到显著和极显著相关 , F 检验结果为 0. 683~ 19. 498,平均为 9. 231,表现产量 Y与氮、磷、钾肥的施用量关系极为密切。

氮、磷、钾各因子效应分析,由偏回归系数可得出氮、磷、钾各因子对产量 Y的影响顺序。黑土: 磷> 氮> 钾,二次项系数氮、钾为正,磷为负,所以黑土上要控制磷肥的过量施,增加氮、钾肥的施入量。草甸土: 磷> 钾> 氮,二次项系数磷为正,氮、钾为负,所以要控制氮、钾肥的过量施入。白浆土: 氮> 磷> 钾,二次项系数均为负,所以氮、磷、钾肥均要适量施用,过量会减产 (见表 1)。

表 1 啤酒大麦各试验点肥料效应方程

试验地点	效应方程										R	F	
	Y=	B <sub>0</sub> +	B <sub>1</sub> N+	B <sub>2</sub> P+	B <sub>3</sub> K+	B <sub>4</sub> NP+	B <sub>5</sub> NK+	B <sub>6</sub> PK+	B <sub>7</sub> N <sup>2</sup> +	B <sub>8</sub> P <sup>2</sup> +			B <sub>9</sub> K <sup>2</sup>
省农科院	Y=	359.4347+	9.9065N-	13.4623P-	4.9247K+	1.2751NP						0.891	0.858
		- 2.0843N <sup>2</sup>											
合江农科所	Y=	419.3240+	13.3662N+	25.4113P+	22.6437K-	1.7244NP						0.978	5.025
		+ 2.6731N <sup>2</sup>											
萝北名山农场	Y=	318.9890-	0.9394N+	15.5973P+	10.9426K-	0.6267NP						0.994	19.498
		+ 0.4144N <sup>2</sup>											
854农场	Y=	403.6617+	33.2653N+	1.9581P+	0.8936K+	0.5721NP						0.868	0.683
		+ 1.3838N <sup>2</sup>											
853农场	Y=	348.2435+	45.7229N-	4.6745P-	9.7210K+	1.6941NP						0.956	2.339
		+ 0.2990N <sup>2</sup>											
红兴隆I	Y=	436.5492+	25.0753N+	9.0093P+	0.5886K+	1.2605NP						0.993	18.338
		+ 2.3591N <sup>2</sup>											
红兴隆II	Y=	446.5676+	18.3867N-	4.3029P-	10.4907K+	1.0310NP						0.991	13.380
		+ 2.1302N <sup>2</sup>											
红兴隆III	Y=	378.4655+	12.6593N+	4.1383P+	1.7497K+	0.7520NP						0.991	13.668
		+ 0.2094N <sup>2</sup>											
$\bar{X}$												0.958	9.231

2. 2 各配方组合对啤酒大麦品质的影响

啤酒大麦品质的关键指标是浸出率和 α- 氨基氮。前者是出酒率,后者是营养品质。制约因素: 千粒重、蛋白质含量。这些指标的关系是: 千粒重愈高,淀粉含量愈高,皮壳相应减少浸出率也就越多;蛋白质含量在最佳范围内,α- 氨基氮含量与蛋白质成正比,浸出率与蛋白质含量成反比,同时蛋白质含量又直接影响了粗细粉差和糖化时间。而施肥直接影响啤酒大麦的品质。1995年红兴隆农科所田间试验,品种红 8947多棱大麦,公顷施肥料,在 P<sub>4</sub>K<sub>4</sub>水平上增施氮肥为 N<sub>0</sub>- P<sub>8</sub>,氮素对子实蛋白质含量影响最大,变异系数 C° V 为 12. 95% ,其次是 α- 氨基氮和千粒重。并随施氮量的增加而增加,因此要适量施用氮肥,控制蛋白的含量在最佳范围内;在 N<sub>4</sub>K<sub>4</sub>水平下,磷素对 α- 氨基氮影响最大,变异系数 C° V 为 18. 91% ,α- 氨基氮随磷素增

加而增加,而蛋白质:当  $P_0 - P_4$  时,蛋白质随施磷量的增加而增加,当  $P_4 - P_8$  时随施磷量的增加而呈下降趋势。因此可用施磷量来调整氮肥的施入,控制蛋白含量;在  $N_4 P_4$  水平下,钾素对  $\alpha -$  氨基氮影响最大,变异系数为 15.68%, $\alpha -$  氨基氮随施钾量的增加而增加,当  $K_0 - K_4$  时,蛋白含量随施钾量的增加而增加,当  $K_4 - K_8$  时蛋白含量随施钾量的增加而下降(见表 2)。

因此可用减少施氮量,增加磷、钾施用量来控制蛋白含量在最佳范围内,并提高  $\alpha -$  氨基氮和千粒重。

表 2 各配方组合对啤酒大麦品质的影响

处理	蛋白质 (%)	$\alpha -$ 氨基氮 (mg/kg)	千粒重 (g)	处理	蛋白质 (%)	$\alpha -$ 氨基氮 (mg/kg)	千粒重 (g)
$N_0 P_4 K_4$	8.69	1830	40.30	$\bar{X}$	9.92	2180.0	42.23
$N_4 P_4 K_4$	10.55	2010	42.70	$C^{\circ} V(\%)$	5.57	18.91	3.22
$N_8 P_4 K_4$	11.23	2310	45.10	$N_4 P_4 K_0$	9.48	1980	41.80
$\bar{X}$	10.16	2050.0	42.70	$N_4 P_4 K_4$	10.55	2010	42.70
$C^{\circ} V(\%)$	12.95	11.83	5.62	$N_4 P_4 K_8$	9.10	2590	42.30
$N_4 P_0 K_4$	9.52	1880	40.70	$\bar{X}$	9.71	2193.3	42.27
$N_4 P_4 K_4$	10.55	2010	42.70	$C^{\circ} V(\%)$	7.74	15.68	1.07

2.3 合理的氮、磷、钾用量和比例

通过 1995~ 1996 年各试验点田间对比产量,肥料效应方程最佳施肥量的产量结果以及土壤养分、品种特性和品质指标分析,明确了我省四种类型土壤的啤酒大麦氮、磷、钾的最佳施用量和比例(见表 3)。

表 3 四种类型土壤啤酒大麦专用肥的最佳配方及品质情况

项目		黑土	暗棕壤	草甸土	白浆土
最佳用量	N	60	60~ 90	60~ 90	60~ 90
(kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60~ 120	90	90~ 120	72~ 120
	K <sub>2</sub> O	60~ 120	90	60~ 90	60~ 97.5
N∶P∶K		1.0∶1.0~ 2.0∶1.0~ 2.0	1.0∶1.2~ 1.5∶1.2~ 1.5	1.0∶1.5 ~ 2.0∶1.5~ 2.0	1.0∶1.0~ 1.2∶1.0~ 1.2
平均产量(kg/hm <sup>2</sup> )		3670.80	4030.05	3959.25	4136.25
平均增产率(%)		14.41	16.43	24.57	17.93
增收(元/hm <sup>2</sup> )		1145.70	911.70	773.10	1015.35
	千粒重(g)	42.10~ 46.97	46.80~ 46.70	43.50~ 48.00	38.80~ 46.50
品质	$\alpha -$ 氨基氮 (mg/kg)	1750~ 2570	1830~ 2090	2280~ 3040	2010~ 2650
	蛋白(%)	11.83~ 12.01	10.28~ 12.00	10.62~ 12.01	9.69~ 12.01
品种		黑啤 1 号	黑啤 1 号	红 8947	红 8947

3 结语

1995~ 1996 年在省内 11 个市县 26 个点四种类型的土壤,2 个品种上进行试验,应用数学模型得出最佳施肥量和比例,明确了以下几点:

3.1 氮、磷、钾各肥料因子与产量和品质的关系

氮、磷、钾各因子对产量的影响顺序:

黑土: 磷 > 氮 > 钾, 施肥时要控制磷的过量施入。

草甸土: 磷 > 钾 > 氮, 施肥时要增加磷的用量, 控制氮、钾的过量施入。

白浆土: 氮 > 磷 > 钾, 施肥时均要适量施入, 过量会减产。

在品质上:  $\alpha$ -氨基氮和千粒重在一定范围内随氮、磷、钾量的增加呈上升趋势; 蛋白质随氮、磷、钾的增加而增加, 磷、钾施用量超过一定范围, 有效降低蛋白质含量, 因此施肥上可减少氮量, 增加磷、钾量来控制蛋白质含量在有效范围内, 并可提高  $\alpha$ -氨基氮和千粒重, 以保证啤酒大麦品质。

### 3.2 合理的氮、磷、钾用量和比例是获得优质、高产、高效啤酒大麦的有效措施

应用数学模型得出的四种不同土壤上啤酒大麦专用肥配方, 氮、磷、钾三种肥料在不同土壤上要有不同的施用量和比例, 在一定范围内可有效控制啤酒大麦的蛋白质含量,  $\alpha$ -氨基氮含量及千粒重, 达到优质的目的。

1995~1996年用最佳施肥配方指导我省垦区大麦生产, 在6个市县应用面积达1.99万 $\text{hm}^2$ 。平均产量为3657.9 $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 比当地增产456.45 $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 增产率13.98%。由此可见, 用科学的配方指导大麦生产不仅具有提高产量, 改善品质, 增加经济效益的作用, 而且对节省肥料, 提高肥效, 减少我省由于大麦不足和品质不良从国内外购进大麦造成的资金外流问题。因此啤酒大麦专用肥配方的研究对推动我省啤酒大麦的生产具有一定的社会 and 经济效益。

## Study on Special Fertilizer Prescription For Beer-used Barley by Mathematical Model

Teng Xianfeng Wei Dan

(Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

Zhao Xiaoyu

(Seed Administration Bureau of Heilongjiang Province)

**Abstract** The amount of beer consumption is the largest in Heilongjiang province and the beer-used barley is the major raw material to brew beer. But the potential of fine varieties can not be fully expressed because of lacking reasonable fertilizing system. Studying reasonable and scientific prescription of special fertilizer is very important for improving yield and quality of beer-used barley.

**Key words** Mathematical model, Beer-used barley, Special fertilizer