

茎用莴苣氮磷钾肥最优回归试验初报

蔡开地

(福建省莆田县土壤肥料技术站,福建莆田 351100)

Preliminary study on optimization of N, P, and K application in lettuce

CAI Kai-di

(Soil and Fertilizer Station, Putian, Fujian 351100)

中图分类号:S147.22

文献标识码:B

文章编号:1008-505X(2003)01-0126-03

随着平衡施肥技术向园艺经济作物的推广,如何拿出令人信服的试验数据扭转、矫正农家滥用氮素化肥的现状,把握蔬菜作物合理施肥量已成为蔬菜生产面临的紧迫问题。本试验运用最优回归试验设计,在兴化平原蔬菜主产区灰埭田设置茎用莴苣平衡施肥试验,期望拟建平衡施肥效应函数,寻求最(较)佳经济施肥量(Z_{opt})与最(较)高产量施肥量(Z_{max}),为茎用莴苣科学施肥决策提供依据。

1 材料与方方法

1.1 供试材料

1.1.1 土壤类型 试验区位于城郊长丰灰埭田,其土壤理化性状 pH 5.68,有机质 27.09 g/kg,全氮 1.80 g/kg,碱解氮 134 mg/kg,速效磷 13 mg/kg,速效钾 56 mg/kg。

1.1.2 供试品种 特选高产油麦(18),产地四川,广东伟兴种子店包装。8月26日播种,自育秧苗,9月27日移栽,叶龄 8.5 叶。

1.1.3 供试肥料 尿素含 N 46%,永安智胜化工有限公司出品;普钙含 P_2O_5 12%,福州一化硫酸化工有限公司出品;氯化钾含 K_2O 60%,俄罗斯产;熟石膏,青海互助石膏厂出产;硼镁肥含 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 80%~87%, H_3BO_3 5%~12%,国营张家口化工厂制造。

1.2 试验方法

试验采用 311-A 拟饱和最优回归设计^[1],另增设 12 (-2, -2, -2)不施氮、磷、钾肥对照区,其因素水平设置见表 1。

试验设置 12 个处理组合,2 个区组,一共 24 个试验小区。小区面积 $2.40 m \times 6.20 m = 14.88 m^2$,96 株/小区,折合为 64500 株/hm²。氮肥(Z_1)基施 30%,追施 70%,分 4 次

追肥平均施用;磷肥(Z_2)100%基施;钾肥(Z_3)基施与 4 次追肥计 5 次平均施用。基肥 9 月 23 日施用,一追 10 月 5 日施用,10 月 10 日二追,10 月 15 日三追,10 月 22 日四追;考虑茎用莴苣对 Ca、B 的嗜好,结合二追每个小区统一施用石膏(600 kg/hm²)与硼镁肥(54 kg/hm²)的肥底,以防莴苣枯顶生理障碍的发生^[2]。11 月 8 日取样考种,11 月 9 日收获。

表 1 试验因素水平设置

Table 1 The levels of experimental factors

处理 Treat- ment	编码值 Coding values			实施量 Applications (kg/hm ² ·4)		
	x_1	x_2	x_3	尿素 Urea	普钙 Superphosphate	氯化钾 KCl
1	0	0	2	244.6	375.0	300.0
2	0	0	-2	244.6	375.0	0
3	-1.414	-1.414	1	71.7	109.9	225.0
4	1.414	-1.414	1	417.5	109.9	225.0
5	-1.414	1.414	1	71.7	640.1	225.0
6	1.414	1.414	1	417.5	640.1	225.0
7	2	0	-1	489.1	375.0	75.0
8	-2	0	-1	0	375.0	75.0
9	0	2	-1	244.6	750.0	75.0
10	0	-2	-1	244.6	0	75.0
11	0	0	0	244.6	375.0	150.0
12	-2	-2	-2	0	0	0

2 结果与分析

2.1 试验结果

茎用莴苣考种数据和产量结果汇总整理列于表 2。

表 2 不同试验处理产量及考种结果

Table 2 Examinations of lettuce growth and yields in different experimental treatments

处理 Treatment	株高 Plant ht. (cm)	茎粗 Stem diameter (mm)	叶片数 Leaf number		单株重 Plant weight (g)		收获指数 Harvest index (%)	平均产量 Average yield (kg/hm ²)		
			总数 Total	绿叶数 Green leaves	生物产量 Biological	经济产量 Economic		I	II	\bar{y}
1	62.6	35.5	45.8	33.8	312.2	232.6	74.5	13.928	12.737	13.333
2	54.8	24.1	37.4	26.4	125.6	92.4	73.6	8.678	6.035	7.357
3	57.4	31.0	43.2	33.2	264.8	195.0	73.6	11.508	12.780	12.144
4	37.2	20.32	32.0	23.0	83.0	64.2	77.3	4.157	4.395	4.276
5	61.2	36.4	47.8	38.4	320.4	245.0	76.5	17.246	16.238	16.742
6	61.4	32.0	48.0	37.4	257.0	178.8	69.6	11.759	12.608	12.184
7	75.8	26.5	48.0	37.6	195.2	127.6	65.4	6.915	9.536	8.226
8	51.0	22.8	33.2	24.0	122.0	98.2	80.5	6.618	7.860	7.239
9	76.46	35.6	50.8	41.0	311.6	210.0	67.4	14.222	12.930	13.576
10	45.6	24.8	29.4	23.6	119.0	89.0	74.8	5.861	5.430	5.646
11	65.2	34.6	47.2	38.8	280.2	189.2	67.5	12.318	15.845	14.082
12	43.41	20.6	28.6	20.6	83.2	73.0	87.7	4.571	5.606	5.089

2.2 茎用莴苣产量效应函数及频率分析

通过数学模拟,建立莴苣产量与氮磷钾三要素的码值效应函数为:

$$\hat{y} = 12.336 - 1.121x_1 + 1.951x_2 + 1.266x_3 - 0.639x_1^2 - 0.169x_2^2 - 0.425x_3^2 + 0.705x_1x_2 - 0.931x_1x_3 + 0.405x_2x_3$$

经检验, $F = 33.041^{**} > F_{0.01}(9, 14) = 4.03$, 达极显著水平,复相关系数 $r = 0.977$,也大于高度相关的下限,说明所获得茎用莴苣施肥效应函数能反映生产实际情况,茎用莴苣商品产量与氮磷钾施肥量之间存在极显著的回归关系。求解效应函数赫森矩阵各阶顺序主子行列式分别为: $|A_1| = -1.278$, $|A_2| = -0.065$, $|A_3| = 0.026$, 矩阵 A 为不定。经函数极值判别,上述产量与肥料效应回归方程为非典型函数,不能采用边际分析方法进行施肥推荐,宜用频率分析方法寻优^[3]。

计算氮磷钾三要素对产量指标的贡献率^[3]分别为: $\Delta_1 = 2.746$, $\Delta_2 = 1.7105$, $\Delta_3 = 2.487$ 。可知因素对产量的作用为 $x_1 > x_3 > x_2$ 。

将码值 X_1, X_2, X_3 在试验设计范围内以步长为 1 划分出 (2, 1, 0, -1, -2) 5 个水平, 构成 $T = 5^3 = 125$ 个处理组合, 上机计算这些处理组合的回归产量, 选定产量回归值在 8.0~19.0 t/hm² 区间内组合数 $K = 82$, 计算码值 X_1, X_2, X_3 在不同施用水平出现频数(即频率)的加权平均数, 得其较高产量施

肥量 (Z_{\max}) 优化处理组合方案为: $X_1 \pm S_1 = -0.2683 \pm 1.3256$, $X_2 \pm S_2 = 0.5488 \pm 1.2411$, $X_3 \pm S_3 = 0.2927 \pm 1.2924$, 据 $Z_j = Z_{0j} + \Delta_j X_j$ 求出较高产量的优化施肥量为 $Z_1 = 97.41$ kg/hm² N, $Z_2 = 57.35$ kg/hm² P₂O₅, $Z_3 = 103.17$ kg/hm² K₂O, 三要素比例为 1:0.589:1.059, 其较高商品产量 $\hat{y}_{\max} = 13.98$ t/hm²。

2.3 茎用莴苣施肥利润效应函数及频率分析

按质论价, 计算每个试验处理商品产量的产值并扣除施肥成本后^[1], 获得施肥利润见表 3。

以获得施肥利润作为效应指标, 通过数学模拟, 建立茎用莴苣施肥利润 (π) 与氮磷钾三要素的码值效应函数为:

$$\pi = 8721.65 - 1250.76X_1 + 1716.31X_2 + 1050.86X_3 - 737.00X_1^2 - 46.00X_2^2 - 317.98X_3^2 + 312.52X_1X_2 - 761.81X_1X_3 + 462.77X_2X_3。$$

同理, 在 $8000 < \pi < 16065$ 元/hm² 约束条件下, 落入给定区间内的组合数 $K = 41$ 。在 95% 置信度的预报区间, 茎用莴苣施肥利润码值优化组合方案为: $X_1 \pm S_1 = -0.658 \pm 1.0502$, $X_2 \pm S_2 = 0.591 \pm 0.9685$, $X_3 \pm S_3 = 0.854 \pm 0.9768$, 其较佳施肥利润 $\pi_{\text{opt}} = 12090.12$ 元/hm²。即获得较佳经济施肥量 Z_{opt} 的优化施肥方案为 $Z_1 = 75.480$ kg/hm² N, $Z_2 = 66.390$ kg/hm² P₂O₅, $Z_3 = 128.430$ kg/hm², 其三要素施用比例为 1:0.880:1.702。

表3 莴苣商品产量、质量、产值、成本和利润统计表

Table 3 Statistics of yield, quality, output, cost, and profit of commodity in lettuce

试验处理 Treatment	商品产量 Commercial yield (t/hm ²)	质量等级 Quality grade	单价 Price (Yuan/t)	产值 Output (Yuan/hm ²)	化肥成本 Fertilizer cost(Yuan/hm ²)	利润 Profit (Yuan/hm ²)
1(0,0,2)	13.333	1	840	11200	882	10318
2(0,0,-2)	7.357	3	580	4267	492	3775
3(-1.414,-1.414,1)	12.144	2	650	7894	437	7457
4(1.414,-1.414,1)	4.276	3	580	2480	921	1559
5(-1.414,1.414,1)	16.741	1	840	14062	649	13413
6(1.414,1.414,1)	12.184	2	650	7920	1133	6787
7(2,0,-1)	8.226	2	650	5347	932	4415
8(-2,0,-1)	7.239	3	580	4199	248	3951
9(0,2,-1)	13.576	1	840	11404	740	10664
10(0,-2,-1)	5.646	2	650	3670	440	3230
11(0,0,0)	14.082	1	840	11829	687	11142
12(-2,-2,-2)	5.089	3	580	2952	0	2952

3 结论

3.1 试验结果表明,兴化平原灰埭田上栽培茎用莴苣施用氮磷钾三要素肥料,对其商品产量指标和施肥利润指标都有显著的效应,它们对产量的作用为氮>钾>磷。

3.2 试验模拟出茎用莴苣商品产量、施肥利润与氮磷钾三要素肥料的2个码值效应函数的求解结果表明,当 $X_1 = -0.2683$, $X_2 = 0.5488$, $X_3 = 0.2927$ 时,即施用 $97.41 \text{ kg/hm}^2 \text{ N}$, $57.35 \text{ kg/hm}^2 \text{ P}_2\text{O}_5$, $103.17 \text{ kg/hm}^2 \text{ K}_2\text{O}$,其比例为 $1:0.589:1.059$,商品产量较高, $y_{\max} = 13.98 \text{ t/hm}^2$;而当 $X_1 = -0.658$, $X_2 = 0.591$, $X_3 = 0.854$ 时,即施用 $Z_1 = 75.48 \text{ kg/}$

$\text{hm}^2 \text{ N}$, $Z_2 = 66.39 \text{ kg/hm}^2 \text{ P}_2\text{O}_5$, $Z_3 = 128.43 \text{ kg/hm}^2$,其比例为 $1:0.880:1.702$,施肥利润较佳, $\pi_{\text{opt}} = 12090.12 \text{ 元/hm}^2$ 。

3.3 本试验条件下拟建的茎用莴苣产量和施肥利润效应函数,有待今后大田推广应用中进一步探索修正与完善。

参考文献:

- [1]王兴仁,张福锁,等.现代肥料试验设计[M].北京:中国农业出版社,1995.81-185.
- [2]张振贤,于贤昌.蔬菜施肥原理与技术[M].北京:中国农业出版社,1996.276-280.
- [3]徐中儒.回归分析与试验设计[M].北京:中国农业出版社,1997.102-158.