

混料设计在黄瓜不同类型氮肥 配比研究中的应用

李可夫¹, 王鑫², 徐秋明³, 曹兵³, 肖朝霞², 王凤琴²

(1. 甘肃省华池县农技推广中心, 甘肃 华池 745600; 2. 陇东学院生命科学系, 甘肃 庆阳 745000;

3. 北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100089)

摘要: 采用田间试验, 研究了混料设计中的单形重心设计在黄瓜控释尿素、普通尿素配肥上的应用, 测定了黄瓜的产量及其构成, 配置了各因子的产量回归方程、解析寻优, 对肥料效应及经济效益进行了分析。结果表明, 三种氮肥比例为 x_1 (普通尿素 U)=0.20, x_2 (控释尿素 D₆₀)=0.50, x_3 (控释尿素 D₃₀)=0.30, 667 m² 纯氮实际用量为 $x_1=7.0$ kg, $x_2=17.5$ kg, $x_3=10.5$ kg 的方案组合预测最高产量可达 8 173 kg/667m²; D₃₀与 D₆₀两者配合比单施普通尿素增产 1 766 kg/667m², 增产率 29.3%, UD₆₀D₃₀比单施普通尿素增产 1 599.0 kg/667m², 增产率 26.5%, 产量差异达极显著水平。经济效益分析表明, UD₆₀D₃₀处理施肥利润为 3 753.51 元/667m², 产投比 UD₆₀D₃₀处理最高, 为 15.46:1。因此, 将普通尿素与两种控释尿素按一定比例混合施用有利于提高黄瓜产量和增加农民的经济收入。

关键词: 黄瓜; 包膜控释尿素; 混料设计; 氮肥配比; 经济效益

中图分类号: S642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)01-0058-04

混料试验是研究各因子在混料中的比例, 而不涉及混料的总量^[1], 试验中各因子的取值按所占百分比计, 且其总和等于 1(100%)^[2]。关于混料试验的设计方法, 自 1958 年 Scheffe^[3]提出了单形格子与单形重心设计后, 发展至今, 已有多种设计方法^[4]。这些方法主要应用于冶金、化工等领域^[5], 并取得了良好的效果, 农业领域遇到的不少问题也可用混料设计方法处理。

近几年来, 一些研究者就该方法在植物营养与肥料方面的应用开展了一些研究工作, 如国内外一些学者都利用单形格子设计研究了作物不同生长期肥料的分配问题^[6,7]; Schrevens 等^[8]探讨了应用混料设计研究水培营养配方的效果。在控释肥料方面的混料试验只在土壤模拟试验条件下研究控释肥料的释放特性^[2], 对控释尿素混料设计在作物上的田间试验目前未见报道。在黄瓜生产中, 施肥的单一性和盲目性导致养分比例严重失调从而影响了黄瓜的产量和品质, 致使生产成本加大、经济效益降低, 特别是控释尿素如何合理施用才能提高黄瓜的产量和品质, 针对这一突出问题, 本研究于 2004~2005 年进行了黄瓜配方施肥田间试验, 以探索黄瓜不同控释尿素与普通尿素的最佳配比, 为黄瓜的优质、高

产施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤与基础肥力

试验在黄土高原腹地的庆阳市西峰区董志乡进行。试验地为阳畦菜地, 前茬为甘兰, 供试土壤为黑垆土, 试验地基础肥力为: 有机质 13.34 g/kg, 全氮 1.93 mg/kg, 碱解氮 51.9 mg/kg, 速效磷(P) 8.3 mg/kg, 速效钾(K) 201.8 mg/kg, pH 值 8.3。

1.2 供试肥料

包膜控释尿素由北京农林科学院植物营养与资源研究所提供, 系 3~5 mm 的大颗粒尿素, 以高分子聚合物为包膜材料, 添加成孔剂制成。控释尿素 D₆₀(控释期 60 d), 控释尿素 D₃₀(控释期 30 d), 含氮量 ≥46.2%。

1.3 供试材料

黄瓜品种为津绿 3 号。

1.4 试验设计

采用 {3, 3} 单形重心设计^[4,5], 在田间试验条件下, 将控释尿素 D₆₀、控释尿素 D₃₀、普通尿素单施和配合施用, 共 7 个处理(表 1), 以施磷钾不施氮肥为对照, 随机区组, 重复 3 次, 小区面积 12 m², 纯氮用

收稿日期: 2005-09-28

基金项目: 甘肃省庆阳市科技攻关项目(GDK031-1-5); 陇东学院自然基金项目(Szzk0312)

作者简介: 李可夫(1965-), 男, 甘肃华池人, 高级农艺师, 主要从事农业推广工作。

量 35 kg/667m², 单施尿素处理 1/2 做基肥, 1/2 在需肥关键期施入; 其它各处理的肥料均在定植前于 2005 年 4 月 1 日按小区用量一次施入。试验黄瓜于 2005 年 3 月 19 日育苗, 4 月 13 日定植, 定植密

度 3 333 株/667m², 5 月 13 日开始分期采收, 分期计产, 7 月 13 日采收结束, 以总产量进行统计分析, 定期观察记载, 其它管理同大田。

表 1 黄瓜控释尿素与普通尿素配比 {3, 3} 单形重心设计

Table 1 Simplex centroid design combination of coated urea and urea on cucumber

编号 No.	处理 Treatments	编码值 Coding value			实际施肥量 Actual fertilizer rate(N kg/667m ²)		
		x ₁ (U)	x ₂ (D ₆₀)	x ₃ (D ₃₀)	U	D ₆₀	D ₃₀
1	U	1	0	0	35.00	0.00	0.00
2	D ₆₀	0	1	0	0.00	35.00	0.00
3	D ₃₀	0	0	1	0.00	0.00	35.00
4	UD ₆₀	1/2	1/2	0	17.50	17.50	0.00
5	UD ₃₀	1/2	0	1/2	17.50	0.00	17.50
6	D ₆₀ D ₃₀	0	1/2	1/2	0.00	17.50	17.50
7	UD ₆₀ D ₃₀	1/3	1/3	1/3	11.67	11.67	11.67
8	CK	0	0	0	0.00	0.00	0.00

注: U—普通尿素; D₆₀—控释期 60 d 的控释尿素; D₃₀—控释期 30 d 的控释尿素。每 667m² 施纯 P 27 kg、K 15 kg。

Note: U—urea; D₆₀—controlled release urea with 60 days of release duration; D₃₀—controlled release urea with 30 days of release duration; P and K application was 27 kg and 15 kg per 667m².

2 结果与分析

2.1 黄瓜产量的方差分析与回归方程的建立

表 2 表明, 试验各处理与普通尿素处理比较, 控释尿素 D₆₀、D₃₀ 两者配合施用、普通尿素与控释尿素 D₆₀、D₃₀ 三者配合施用比普通尿素分别增产 1 766.5 kg/667m²、1 599.9 kg/667m², 增产率分别为 29.3% 和 26.5%, 产量差异均达极显著水平; D₆₀、D₃₀ 单独施用比普通尿素分别增产 1 033.3 kg/667m²、1 256.8 kg/667m², 增产率为 17.1% 和 20.8%, 产量差异均达显著水平; UD₆₀、UD₃₀ 配合施用虽有增产, 但未达显著水平。说明与普通尿素比较, 控释尿素 D₆₀、D₃₀ 分别配合施用或普通尿素与控释尿素 D₆₀、D₃₀ 三者配合施用可显著提高黄瓜产量。

试验各处理与对照比较, 黄瓜产量均显著高于对照, 处理 6 最高, 处理 7 次之, 但两者差异不显著; 单施尿素的处理 1 与处理 4、处理 5 比较差异未达显著水平, 与其它处理比较均达显著水平, 说明普通尿素无论是单施或与 D₃₀、D₆₀ 两者分别配合施用都不能显著提高黄瓜产量。处理 6、处理 7 与处理 1、对照比较产量差异达极显著水平, 与其它处理比较未达极显著水平; 处理 6 与处理 7、处理 3 比较未达显著水平, 与其它处理比较均达显著水平。处理 7 除与处理 3、处理 2 比较未达显著水平外, 与其它处理比较均达显著水平, 说明 D₃₀ 与 D₆₀ 两者配合、普

通尿素与 D₃₀、D₆₀ 三者配合均能显著提高黄瓜产量。

将表 2 试验产量结果代入 (I) $b_i = y_i$, (II) $b_{ij} = 4y_{ij} - 2(y_i + y_j)$, (III) $b_{ijk} = 27y_{ijk} + 3(y_i + y_j + y_k) - 12(y_{ij} + y_{ik} + y_{jk})$ 配置得编码值回归方程为: $y = 6033x_1 + 7066x_2 + 7290x_3 - 22x_1x_2 - 650x_1x_3 + 2484x_2x_3 + 17154x_1x_2x_3$

对上述回归方程经控制点检验^[4], $|\Delta y_i|$ 为 1 个控制点的试验结果 $y_i (i = 1, 2, \dots, l)$ 与用所得的回归方程求出的相应点的预测值 \hat{y}_i 间的差值, 所有的 $|\Delta y_i| < \epsilon = 50 \text{ kg}/667\text{m}^2$ 。说明配置的回归方程是适宜的, 该模型可以反映试验的实际情况。

2.2 优化方案的解析

采用频数分析法^[7], 根据模型, 将因子按一定间隔变化, 将满足 $\sum x_i = 1$ 的模型组合模拟出来, 并按高产量要求, 对高于某产量的配合方案进行频数分析, 其结果为 $x_1 = 0.20, x_2 = 0.50, x_3 = 0.30$; 换算为 667m² 纯氮实际用量为 $x_1(\text{U}) = 7.0 \text{ kg}, x_2(\text{D}_{60}) = 17.5 \text{ kg}, x_3(\text{D}_{30}) = 10.5 \text{ kg}$, 该方案组合预测最高产量可达 8 173 kg/667m²。

2.3 黄瓜混合施用控释尿素与普通尿素的效应

用差减法^[9]由表 2 产量结果计算出控释尿素与普通尿素的肥料效应, 结果表明: 普通尿素与 D₃₀、D₆₀ 配合呈负效应, 与 D₃₀ 配合负效应达显著水平, 与对照呈显著的正效应。D₃₀ 与各种氮肥配合均呈现正效应, 与 D₆₀、UD₆₀ 配合达显著水平, 与对照达极

显著水平;D₆₀也与各种氮肥配合均呈现正效应,除与U、D₃₀配合未达显著水平外,其它与D₃₀相似。UD₃₀、UD₆₀配合效应均未达显著水平,D₃₀D₆₀配合效应达极显著水平,各种氮肥配合与对照相比,差异均达极显著水平。进一步说明两种控释尿素混合施用可显著提高黄瓜的产量。

2.4 黄瓜混合施用控释尿素与普通尿素经济效益分析

从表 2 可以看出,单位面积的施肥利润以 D₃₀

D₆₀混合施用为最高,每 667 m² 经济收入为 3 921.84元,UD₆₀D₃₀次之,每 667 m² 增加经济收入为 3 753.51元,但从产投比来看,则是以 UD₆₀D₃₀处理最高,为 15.46:1,其原因是化肥的成本降低,因此,将普通尿素与两种控释尿素按一定比例混合施用有利于增加农民的经济收入。

表 2 控释尿素与普通尿素混料试验经济效益分析

Table 2 Economic benefit analysis of mixture experiment design with controlled release urea and urea

处理 Treatments	鲜果产量 Fresh fruit yield (kg/667m ²)	增产率 Yield- increasing rate (%)	增产率 Yield- increasing rate (%)	总产值 Output (Yuan/667m ²)	增产值 Value increase (Yuan/667m ²)	化肥成本 Chemical fertilizer cost (Yuan/667m ²)	施肥用工 Labor cost (Yuan/667m ²)	利润 Profit (Yuan/667m ²)	产投比 Output- input ratio		
U	6032.7	c	BC	1266.6	26.5	8445.78	1773.24	109.55	80.00	1583.69	9.35
D ₆₀	7066.0	b	AB	2299.9	48.2	9892.40	3219.86	304.50	20.00	2895.36	9.92
D ₃₀	7289.5	ab	AB	2523.4	52.9	10205.30	3532.76	304.50	20.00	3208.26	10.89
UD ₆₀	6543.8	c	AB	1777.7	37.3	9161.32	2488.78	207.03	20.00	2261.75	10.96
UD ₃₀	6499.4	c	AB	1733.3	36.4	9099.16	2426.62	207.03	20.00	2199.59	10.69
D ₆₀ D ₃₀	7799.2	a	A	3033.1	63.6	10918.88	4246.34	304.50	20.00	3921.84	13.09
UD ₆₀ D ₃₀	7632.6	ab	A	2866.5	60.1	10685.64	4013.10	239.59	20.00	3753.51	15.46
CK	4766.1	d	C	—	—	6672.54	—	—	—	—	—

注:黄瓜鲜重按 1.40 元/kg 计,普通尿素纯氮按 3.13 元/kg 计,控释尿素纯氮按 8.70 元/kg 计。施肥用工按每人 20 元计,产投比为增产值比化肥成本与施肥用工之和。LSD_{0.05}=727.7 kg/667m², LSD_{0.01}=1 388.1 kg/667m²。

Note: The price of fresh cucumber fruit was supposed to be RMB 1.40 yuan per kilogram, the price of N in urea and controlled release urea was supposed to be RMB 3.13 and 8.70 yuan per kilogram, the labor cost was RMB 20 yuan per person each day, output-input ratio was the result of value increase divided by chemical fertilizer cost and labor cost. LSD_{0.05}=727.7 kg/667m², LSD_{0.01}=1 388.1 kg/667m²。

3 结论

1) 研究表明,控释尿素 D₃₀与 D₆₀两者配合、普通尿素与 D₃₀、D₆₀三者按一定比例配合均能显著提高黄瓜产量。D₃₀与 D₆₀两者配合比单施普通尿素增产 1 766 kg/667m²,增产率 29.3%,UD₆₀D₃₀比单施普通尿素增产 1 599.0 kg/667m²,增产率 26.5%,产量差异达极显著水平。

2) 采用频数分析法^[7],根据模型,并按高产量要求,对高于某产量的配合方案进行频数分析,其结果为 $x_1=0.20$, $x_2=0.50$, $x_3=0.30$;换算为 667m² 纯氮实际用量为 $x_1(U)=7.0$ kg, $x_2(D_{60})=17.5$ kg, $x_3(D_{30})=10.5$ kg,该方案组合预测最高产量可达 8 173 kg/667m²。

3) 从施肥效应来看,以 D₃₀D₆₀混合效应最高,为 1 599.9 kg/667m²,达极显著水平,说明两种不同控释期的控释尿素按一定比例混合施用可显著提高黄瓜产量,在黄瓜生产中应大力推广应用。

4) 经济效益分析表明,UD₆₀D₃₀处理单位面积的施肥利润为 3 753.51 元/667m²,产投比以 UD₆₀D₃₀处理最高,为 15.46:1。因此,将普通尿素与两种控释尿素按一定比例混合施用有利于增加农民的经济收入。

参考文献:

- [1] 张国祯,孙秉寅,黄占斌,等.混料设计在花椒培肥试验研究中的应用[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(6):135-138.
- [2] 王小利,周建斌,郑险峰,等.控释氮肥养分控释效果及合理施用研究[J].植物营养与肥料研究,2003,9(4):390-395.
- [3] Scheffe H. Experiments with mixtures[J]. J Roy Stat Soc B, 1958,20:344-360.
- [4] 白厚义,肖俊璋.试验研究及统计分析[M].西安:世界图书出版公司,1998.
- [5] 刘春光,周建斌,董竹君.混料设计在肥料配比研究中的应用[J].西北农林科技大学学报,2001,29(1):59-62.
- [6] Duda G G. Use of simplex-latticedesign techniques to determine optimum distribution of fertilizers between times of their appli-

cation[J]. Fertilizer Research, 1992, 31:193-207.

[7] 李 隆. 肥料试验中应用的单形格子设计及其统计分析[J]. 土壤通报, 1992, 23(6):275-276.

[8] Schrevens E, Cornell J. Design and analysis of mixture systems;

Applications in hydroponic, plant nutrition reasearch[J]. Plant and Soil, 1993, 15(4):45-52.

[9] 王 鑫. 陇东旱原冬油菜氮磷与硼锌配施的效果[J]. 土壤肥料, 2000, (2):17-19.

Application of mixture design to the test of combination of different types of nitrogen fertilizer on cucumber

LI Ke-fu¹, WANG Xin², XU Qiu-ming³, CAO Bing³, XIAO Zhao-xia², WANG Feng-qin²

(1. Agricultural Technical Extension Center of Huachi County, Huachi, Gansu 745600, China;

2. Department of Life Sciences, Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China;

3. Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agriculture and Forestry, Beijing 100089, China)

Abstract: Field tests were carried out to study the simplex centroid design combination of coated urea and urea on cucumber, and the yield and its composition of cucumber were determined. By establishing yield regression equation of all factors, analysis of fertilizer efficacy and its economic benefits was made. The results show that in the rate of $x_1(\text{urea U})=0.20$, $x_2(\text{release-controlled urea D}_{60})=0.50$ and $x_3(\text{release-controlled urea D}_{30})=0.30$, which can be converted into the actual combination of nitrogen fertilization as $x_1=7.0$ kg, $x_2=17.5$ kg and $x_3=10.5$ kg per 667 m^2 , the expected highest yield can reach $8\ 173\text{ kg}/667\text{ m}^2$. The combination of D_{30} and D_{60} can increase the cucumber yield by $1\ 766\text{ kg}/667\text{ m}^2$ compared with only urea fertilization, with an increase rate of 29.3% . While the results of the economic benefit analysis indicate that the treatment of $\text{UD}_{60}\text{D}_{30}$ can gain a profit of $3\ 753.51\text{ yuan}/667\text{ m}^2$, with an output-input ratio of $15.46:1$. Therefore, the mixture of urea and two kinds of release-controlled urea in certain rate is favorable to increasing cucumber yield and farmers' income.

Key words: cucumber; coated release-controlled urea; mixture design; rate of nitrogen fertilizer combination; economic benefit