

旱作大豆综合农艺栽培措施与产量关系 模型及产量构成分析^{*}

刘克礼¹ 高聚林^{1 * *} 刘砚梅² 李惠智² 刘景辉¹

(1. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018; 2. 呼盟农业科学研究所, 扎兰屯 021100)

摘要 针对内蒙古大豆主产区,以蒙豆 5 号品种为试验材料,在旱作条件下,通过对不同施氮、磷、钾量和密度四项农艺栽培措施与产量形成的关系研究,建立了四项农艺措施与产量关系的数学模型。通过对数学模型的优化解析,提出了单产 175kg/667m² 以上目标产量的优化农艺栽培措施组合方案,即密度以 2.05—2.19×10⁴ 株/667m²、施磷(P₂O₅)量 4.0—5.5kg/667m²、施钾(K₂O)量 3.7—4.4kg/667m²、施氮(N)量 4.0—4.7kg/667m²。经田间试验验证,模型和提供的优化方案可行,对生产实践具有重要的理论意义和应用价值。除单株荚数随着密度降低而增加外,单株粒数、荚粒数、百粒重及产量均随密度、施肥量增加而呈单峰曲线变化。

关键词 旱作大豆; 农艺措施; 产量

中图分类号 S 565.1 文献标识码 A 文章编号 1000—9841(2004)01—0050—05

应用农艺措施与产量关系的数学模型研究产量的形成与措施间的关系,在玉米、大豆等多种作物生产中已得到广泛应用^[1-4]。对实现作物高产、高效栽培发挥了较大作用。高聚林等(1995)在玉米栽培上通过多年研究形成的综合农艺栽培措施优化方案在大面积生产上推广应用,取得了明显的增产增收效果^[4]。但在其他作物上还应用甚少。为使综合农艺栽培措施优化方案在大豆栽培上应用,我们于“九五”期间对大豆高产优化农艺栽培措施进行了研

究,旨在为我区大豆生产提供高产优化栽培方案,提高大豆的产量,研究结果如下。

1 材料与方法

试验于 1998—1999 年在呼盟农研所进行,年平均气温 2.4℃,年降水量 450mm—550mm,无霜期 126d。土壤耕层 0cm—20cm,有机质含量 4.68%,碱解氮 211mg/kg 土,速效磷 22.2mg/kg 土,速效钾 120.1mg/kg 土,实际 pH 值 6.16。

Table 1 Four code levels and its actual results of dry farming soybean in the yield experiment

施磷肥量(P ₂ O ₅ , X ₁) Amount of P applied (kg/667m ²)		施钾肥量(K ₂ O, X ₂) Amount of K applied (kg/667m ²)		施氮肥量(N, X ₃) Amount of N applied (kg/667m ²)		基本苗数(X ₄) Basis seedlings (×10 ⁴ 株 plants/667m ²)	
编码值 Code result	实际值 Actual result	编码值 Code result	实际值 Actual result	编码值 Code result	实际值 Actual result	编码值 Code result	实际值 Actual result
1.685	10	1.685	8	1.685	8	1.784	3
1	7.967	1	6.374	1	6.374	0.644	2.035
0	5	0	4	0	4	—0.908	1.358
—1	2.033	—1	1.626	—1	1.626	—1.494	1
—1.685	0	—1.685	0	—1.685	0		

^{*} 收稿日期: 2003—05—15
基金项目: 内蒙古自治区“九五”重大科技攻关课题(960101)资助。
^{**} 通讯作者: gaojulin@yahoo.com.cn
作者简介: 刘克礼(1937—),男,教授,主要从事作物生理生态及决策系统的研究。
©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1998 年供试品种为蒙豆 5 号, 以产量为目标函数, 设计之 X 表”方案实施。其编码水平、实施方案结构矩阵(表 1、表 2)。共 18 个处理, 两次重复, 随机排列。行距 67cm, 小区面积 72m²。

表 2 “416—A 设计之 X 表”实施方案(蒙豆 5 号, 呼盟, 1998 年)
Table 2 ”X table of 416—A design” practice scheme (Mengdou 5, Humeng, 1998)

小区 Plots	处理 Treatment	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	实测产量 Actual yield (kg/667m ²)
1	高密度 High density	0	0	0	1.784	196.73
2	低密度 Low density	0	0	0	—1.494	151.94
3		—1	—1	—1	0.644	192.50
4		1	—1	—1	0.644	219.85
5		—1	1	—1	0.644	223.08
6		1	1	—1	0.644	219.82
7		—1	—1	1	0.644	232.22
8		1	—1	1	0.644	244.73
9		—1	1	1	0.644	249.15
10		1	1	1	0.644	231.07
11	高施磷 High P applied	1.685	0	0	—0.908	133.92
12	未施磷 No P applied	—1.685	0	0	—0.908	140.13
13	高施钾 High K applied	0	1.685	0	—0.908	136.42
14	未施钾 No K applied	0	—1.685	0	—0.908	143.44
15	高施氮 High N applied	0	0	1.685	—0.908	168.56
16	未施氮 No N applied	0	0	—1.685	—0.908	135.58
17	因素中量组合 Factors middle combination	0	0	0	—0.908	219.15
18	未施肥 No fertilizer(对照 ck)	—1.685	—1.685	—1.685	—0.908	130.06

注: 17、18 为附加小区。Note: 17、18 are annexation.

1999 年供试品种为蒙豆 5 号和北 9395。将 1998 年试验所得优化模型组合方案进行田间验证, 并以当地一般生产模式(CK₁)和不施肥处理(CK₂)作对照, 试验方案(表 3), 小区面积 90m², 随机排列, 重复三次。

表 3 1999 年大豆田间试验方案 (呼盟)
Table 3 The experiment scheme in 1999 (Humeng)

小区 Plots	施磷肥量(X ₁) Amount of P applied (kg/667m ²)	施钾肥量(X ₂) Amount of K applied (kg/667m ²)	施氮肥量(X ₃) Amount of N applied (kg/667m ²)	密度(X ₄) Density (×10 ⁴ 株 plants 667m ²)
≥175(kg/667m ²)	5.05	4.07	4.36	2.12
CK ₁	4.60	0	1.8	2.0
CK ₂	0	0	0	2.12

2 结果与分析

2.1 旱作大豆综合农艺栽培措施与产量关系的数学模型

以施磷量(X₁)、施钾量(X₂)、施氮量(X₃)、密度(X₄)四项主要农艺栽培措施为决策变量, 以产量

(Y)为目标函数, 通过统计处理分析建立旱作大豆综合农艺措施与产量关系的数学模型为:

$$Y=391.549+0.589X_1+1.609X_2+11.514X_3+37.482X_4-53.791X_1^2-52.762X_2^2-48.494X_2^3-82.188X_2^4-7.65X_1X_2-3.708X_1X_3+2.68X_1X_4-3.41X_2X_3+4.066X_2X_4+1.904X_3X_4$$

$$R=0.992 \quad F=246.2>F_{0.05}(14,1)=245.0$$

Y—产量(kg/667m²), Xi=1, 2, 3, 4 分别为施磷(P₂O₅)量、施钾(K₂O)量、施氮(N)量、密度(×10⁴株/667m²)四项农艺措施的编码值。

上述方程进行 F 检验, 实测 F 值大于 F_{0.05} 的标准, 达到了 5% 的显著水平, 说明回归方程的结果可靠, 能真实反映四项农艺措施与产量的函数关系, 可直接用此模型进行优化分析。

2.2 模型优化解析与验证

2.2.1 模型优化解析

表 4 旱作大豆单产 175kg/667m² 以上频次分布及农艺措施优化组合

Table 4 The distribution of frequency and the optimum combination of agricultural measures with the yield above 175kg/667m² of dry farming soybean

编码值 Code result	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄	
	频数	%	频数	%	频数	%	频数	%
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
—1.685	9	6.0	9	6.0	7	4.7	0	0
—0.843	38	25.3	38	25.3	33	22.0	28	18.7
0	54	36.0	53	35.3	53	35.3	65	43.3
0.843	39	26.0	39	26.0	40	26.7	51	34.0
1.685	10	6.7	11	7.3	17	11.3	6	4.0
频数合计 Total of frequency	150		150		150		150	
平均编码 Average code	0.017		0.028		0.152		0.197	
S _x	0.070		0.071		0.072		0.055	
95%置信区间 95% Belief scope	—0.12—0.153		—0.110—0.166		0.010—0.293		0.089—0.304	
农艺措施 Agricultural measures	4.6—5.5 (P ₂ O ₅)		3.7—4.4 (K ₂ O)		4.0—4.7 (N)		2.05—2.19 (×10 ⁴) 密度 Density	

2.2.2 模型验证

为确保旱作大豆综合农艺措施与产量关系模型的真实性和可行性, 将 1998 年试验所得的单产

为了寻求现实而又可行的农艺措施, 采用产量决策频数分析, 求得呼盟地区旱作大豆“蒙豆 5 号”品种农艺措施优化组合方案(表 4)。

由表 4 可知, 蒙豆 5 号大豆品种在呼盟旱作条件下, 密度以 2.05—2.19×10⁴株/667m²、施磷(P₂O₅)量 4.0—5.5kg/667m²、施钾(K₂O)量 3.7—4.4kg/667m²、施氮(N)量 4.0—4.7kg/667m² 四项农艺措施组合方案下, 认真抓好各项管理措施, 可实现单产 175kg/667m² 以上目标。

175kg/667m² 以上农艺措施优化方案, 于 1999 年在生产上进行田间试验验证, 结果如表 5 所示。

表 5 旱作大豆不同品种优化栽培模型验证试验产量结果(kg/667m²)

Table 5 Validated results of yields to the optimum cultivation model of different variety in dry farming soybean

品种 Varieties	目标产量 Goal yields	实测产量 Actual yields					
		I	II	III	平均 Average	增产(%) Increased (%)	
蒙豆 5 号 Mengdou 5	≥175	178.1	190.1	189.6	185.9	25.5	11.7
	CK ₁	166.9	162.6	170.1	166.5	12.4	0
	CK ₂	146.3	141.0	157.2	148.1	0	
北 9395 Bei 9395	≥175	179.1	186.5	210.0	191.9	80.7	29.7
	CK ₁	134.3	130.4	179.1	147.9	39.3	0
	CK ₂	88.6	84.6	145.3	106.2	0	

表 5 数据表明, 在呼盟扎兰屯地区的生态条件下, 两个大豆品种经三次重复的田间验证试验, 其产量结果均达到了 ≥175kg/667m² 的预期产量目标。说明优化模型是可靠的, 按此模型在呼盟黔东南地

区指导大豆生产, 实现 175kg/667m² 以上产量目标是完全可行的, 该模型在生产上具有实用的价值。

2.3 密度、施肥量对产量及产量构成因素的影响

旱作大豆各试验处理下的产量及产量构成因素

(表 6)。由表 6 可见, 随着密度降低, 单株荚数增加, 而单株粒数、荚粒数、百粒重均以因素中量组合的最高, 表明群体密度降低时, 单株荚数和荚粒数对产量具有一定的补偿作用, 但这种补偿作用是有一定限度的, 即单株荚数的增加制约着荚粒数的增加, 当密度过低时, 由于单株荚数过多而导致荚粒数和百粒

重下降(这可能与营养物质分配到荚中比例过大有关)而减产。因此, 确立合理的种植密度是非常重要的。不同氮、磷、钾施肥量处理下, 均以中量施肥水平的单株荚数、荚粒数及单株粒数最高, 因而产量也最高, 表明密度适宜及氮、磷、钾肥适量配施是获得高产的关键。

表 6 旱作大豆产量及其产量构成因素(蒙豆 5 号, 呼盟, 1998)
Table 6 The yield and its constituent factors of dry farming soybean

处理 Treatment	株数 Plants (株 Plant/ 667m ²)	单株荚数 Pods/ Plant	单株粒数 Seeds/ Plant	荚粒数 Seeds/Pods	百粒重 100— seeds weight(g)	90%折实产量 90% of academic yield (kg/ 667m ²)	实测产量 Factual yield (kg/ 667m ²)
高密度 High density	30255	24. 60	35. 95	1. 46	20. 60	201. 65	196. 73
低密度 Low density	10430	30. 30	72. 35	2. 39	21. 80	148. 05	151. 94
高施磷 High P applied	13750	23. 50	50. 75	2. 16	22. 25	139. 74	133. 92
未施磷 No P applied	13950	23. 00	49. 75	2. 16	22. 90	143. 04	140. 13
高施钾 High K applied	13780	23. 55	47. 05	2. 00	22. 85	133. 33	136. 42
未施钾 No K applied	13675	25. 40	56. 90	2. 24	20. 85	146. 01	143. 44
高施氮 High N applied	13800	26. 20	60. 90	2. 32	21. 60	163. 38	168. 56
未施氮 No N applied	13790	21. 96	48. 10	2. 19	21. 90	130. 74	135. 58
因素中量组合 Factors middle combination	13850	26. 70	75. 55	2. 83	23. 15	218. 01	219. 15
未施肥 No fertilizer(ck)	13990	24. 19	50. 80	2. 10	20. 30	129. 84	130. 06

3 结论

3.1 本文通过对施氮、磷、钾量、密度与产量关系模型的优化解析, 提出了呼盟扎兰屯地区大豆主产区单产 175kg/667m² 以上综合农艺措施的优化方案, 即施磷(P₂O₅)量 4. 6—5. 5kg/ 667m², 施钾(K₂O)量 3. 7—4. 4kg/ 667m², 施氮(N)量 4. 0—4. 7kg/ 667m², 密度 2. 05—2. 19×10⁴ 株/ 667m²。经田间验证, 该优化方案可行, 对指导我区大豆生产, 实现高产高效栽培具有一定理论意义和应用价值。

3.2 随着密度降低, 单株荚数增加, 而单株粒数、荚粒数、百粒重则以适宜密度下最高, 表明群体密度降低时, 单株荚数和荚粒数具有一定的补偿作用, 但这种补偿作用是有一定限度的, 即单株荚数的增加制

约着荚粒数的增加, 当密度过低时, 由于单株荚数过大而导致荚粒数和百粒重的下降而减产。不同密度、施肥量对产量及其构成因素的影响均表现为单峰曲线变化, 氮、磷、钾肥适量配施是获得高产的关键。

参考文献

1 杨庆凯, 张瑞忠, 马占峰. 超早熟大豆东农 36 号农艺性状与产量的相关性及通径分析[J]. 大豆科学, 1986, 17(1): 6-10.
2 陈质卿, 马景瑞. 黑河 9 号大豆综合高产农艺措施数学模型分析[J]. 大豆科学, 1993, 12(2): 175-181.
3 徐中儒, 张瑞忠. 大豆高产栽培综合农艺措施数学模型的研究[J]. 东北农学院学报, 1985, 16(1): 25-35
4 高聚林, 刘克礼, 裴喜春, 等. 春玉米综合农艺栽培措施的产量效应分析[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1995, 16(增刊): 20-27.

THE MODEL OF RELATIONSHIP BETWEEN CULTIVATION MEASURES AND Yields IN DRY FARMING SOYBEAN AND THE ANALYSE TO YIELD CONSTITUENTS

Liu Keli¹ Gao Julin¹ Liu Yanmei² Li Huizhi² Liu Jinghui¹

(1. *Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, 010018;*

2. *Agriculture Science Institute in Humeng, Zhilantun, 021100)*

Abstract Mathematic model to describe the relation between yields and four cultivation measures was set up in the main soybean productions area of Inner Mongolia, taking Mengdou 5 as experiment material under dry farming condition, through studying the relation between different amount of N, P₂O₅, K₂O applied, different seeding rates, four cultivation measures and yield constituents; According to optimum analyzing the model, the cross scheme of optimum agricultural cultivation measures that the goal yields was above 175kg/667m² was put forward, namely the density was $2.05-2.19 \times 10^4$ plants/667m², amount of N, P₂O₅, K₂O was 4.0-4.7kg/667m², 4.05-5.5 kg/667m², 3.7-4.4 kg/667m² respectively. It had been proved that the model and the optimum scheme were feasible by experiments, and had significant theoretical meaning and applied value. The change curve of seeds/plant, seeds/pod, 100-seed weight and yield all took on single-peak curve along with the increasing density and fertilization, besides the pods/plant increases along with the reduction of density.

Key words Dry farming soybean; Agricultural measures; Yields effect