

种植密度和氮磷钾肥对育苗移栽玉米产量的影响

王宇先,李清泉,刘玉涛,连永利,贯春雨,闫 锋,王 成

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为进一步探讨玉米高产栽培措施,采用四元二次通用旋转组合设计,对寒地育苗移栽玉米产量与施氮量、施磷量、施钾量的定量及种植密度的定量关系进行初步研究,建立产量为目标函数的数学模型。结果表明:建立的回归模型氮、磷、钾肥和种植密度对产量达显著水平。各栽培因子对育苗移栽玉米产量的影响大小顺序为:氮肥>密度>钾肥>磷肥,通过方程模拟寻优得出,寒地育苗移栽玉米产量大于 $8\,706.37\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的栽培方案为:施纯氮量为 $159.0\sim 171.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、施纯磷量为 $111.1\sim 133.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、施纯钾量为 $72.3\sim 94.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、密度为 $6.8\text{ 万}\sim 7.3\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

关键词:玉米;密度;氮、磷、钾肥;产量;效应

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)06-0021-05

高纬度地区无霜期短、积温不足、温度年际变化率大,采用传统的直播方式,种植玉米经常会遭受春季晚霜和秋季早霜低温冻害的影响,加之近年来春季干旱日益严重,土壤墒情差,在缺少灌溉

条件的地区,种子出苗率和幼苗成活率都很低的,严重影响了北方寒地种植业发展^[1]。玉米育苗移栽技术的应用,使玉米跨区种植得到科学保证^[2]。为了探讨玉米高产栽培措施,曾进行了许多单因子试验,实际上玉米产量往往受多种因素的综合影响,总的增产效果,并不等于各个单因素增产效果简单的相加。为此,将几项可控的单因子作为定性基础,采用四元二次通用旋转组合设计,借助 DPS 系统进行分析,建立数学模型,找出了对产量影响较大的主次因子,确定置信区间,为寒地

收稿日期:2011-03-23

第一作者简介:王宇先(1982-),男,黑龙江省鸡西市人,硕士,助理研究员,从事旱作农业研究。E-mail: wyx13836209470@163.com。

通讯作者:李清泉(1968-),男,黑龙江省齐齐哈尔市人,在读硕士,副研究员,从事作物栽培研究。E-mail: zls1968@163.com。

马铃薯品种抗旱性评价的生理指标。

参考文献:

- [1] 张明生,谈锋,张启堂.快速鉴定甘薯品种抗旱性的生理指标及方法的筛选[J].中国农业科学,2001,34(3):260-265.
- [2] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.

- [3] 田丰,张永成,张凤军,等.不同品种马铃薯叶片游离脯氨酸含量、水势与抗旱性的研究[J].作物杂志,2009(2):73-75.
- [4] 张正斌,山仑.作物生理抗逆性的若干共同机理研究进展[J].作物杂志,1997(4):10-12.

Study on Free Proline Content, Water Potential and Drought Resistance in Leaves of Kexin 13

HU Zun-yan

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heilongjiang, Keshan 161606)

Abstract: Under controlling water in different potatoes growth periods conditions, the relation between free proline content, water potential in leaves and drought resistance of different growth periods was studied. The results showed that there was significant correlation between the relative values of free proline content and water potential in leaves and drought resistance of corresponding varieties. The larger drought resistance coefficient of different periods, the stronger drought resistance. The relative values of free proline content and water potential in leaves both increased with growth periods delay and strengthening controlling water level.

Key words: potato; proline; water potential; drought resistance

旱区玉米育苗移栽高产农艺措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于 2010 年在讷河市农业技术推广中心试验地进行,试验区地势平坦,土质肥沃,地力均匀一致。为风沙半干旱类型区,土壤类型为黑钙土,土壤肥力状况中等(见表 1)。

表 1 试验地土壤基础肥力

有机质 /%	碱解氮(N) /mg·kg ⁻¹	速效磷(P ₂ O ₅) /mg·kg ⁻¹	速效钾(K ₂ O) /mg·kg ⁻¹	pH
2.001	70.34	101.0	226.86	6.9

1.2 试验材料

供试品种为当地玉米育苗移栽主栽品种先玉 335,氮肥为尿素,磷肥为重过磷酸钙(三料),钾肥为氯化钾。

1.3 试验设计

采用四元二次回归通用旋转组合设计方案^[3-4],设氮肥(X₁)、磷肥(X₂)、钾肥(X₃)及密度(X₄)4个因子,因子变量水平编码见表 2。

表 2 育苗移栽四因素五水平二次回归通用旋转组合设计各因素水平编码

编码值	X ₁ /kg·hm ⁻²	X ₂ /kg·hm ⁻²	X ₃ /kg·hm ⁻²	X ₄ /万株·hm ⁻²
2	270	220	170	9
1	200	160	120	7.5
0	130	100	70	6
-1	60	40	20	4.5
-2	0	0	0	3

按试验设计设 31 个处理,每个处理 3 次重复,种植密度按试验需要调整株距。4 月下旬做苗床,4 月 28 日,玉米用冷水浸种,4 月 29 日催芽,4 月 30 日凉芽,5 月 1 日在纸筒中播种育苗,5 月 15 日移栽。试验区管理按常规进行,播种时按密度要求进行人工摆栽,磷肥和钾肥随整地一次追入,氮肥的 1/3 作种肥,2/3 作追肥,于拔节期施入。

2 结果与分析

2.1 模型的建立

按通用旋转组合设计的要求,将田间试验所测定的产量参数,通过 DPS 数据处理系统对试验产量结果进行分析(见表 3),得出玉米育苗移栽

表 3 育苗移栽四元二次通用旋转组合设计试验方案及产量

编号	编码值				施肥量/kg·hm ⁻²				产量 /kg·hm ⁻²
	c1	c2	c3	c4	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	
1	1	1	1	1	200	160	120	7.5	10956.6
2	1	1	1	-1	200	160	120	4.5	9166.3
3	1	1	-1	1	200	160	20	7.5	9205.8
4	1	1	-1	-1	200	160	20	4.5	8642.7
5	1	-1	1	1	200	40	120	7.5	9855.8
6	1	-1	1	-1	200	40	120	4.5	7899.4
7	1	-1	-1	1	200	40	20	7.5	8913.8
8	1	-1	-1	-1	200	40	20	4.5	8829.2
9	-1	1	1	1	60	160	120	7.5	8553.8
10	-1	1	1	-1	60	160	120	4.5	7956.7
11	-1	1	-1	1	60	160	20	7.5	8563.5
12	-1	1	-1	-1	60	40	20	4.5	7392.1
13	-1	-1	1	1	60	40	120	7.5	7669.6
14	-1	-1	1	-1	60	40	120	4.5	7473.4
15	-1	-1	-1	1	60	40	20	7.5	8452.2
16	-1	-1	-1	-1	60	40	20	4.5	7090.4
17	-2.00	0	0	0	0	100	70	6	5456.7
18	2.00	0	0	0	270	100	70	6	8263.5
19	0	-2.00	0	0	130	0	70	6	8668.9
20	0	2.00	0	0	130	220	70	6	8591.0
21	0	0	-2.00	0	130	100	0	6	9500.3
22	0	0	2.00	0	130	100	170	6	9814.0
23	0	0	0	-2.00	130	100	70	3	8230.0
24	0	0	0	2.00	130	100	70	9	8998.6
25	0	0	0	0	130	100	70	6	9433.8
26	0	0	0	0	130	100	70	6	9537.8
27	0	0	0	0	130	100	70	6	9746.1
28	0	0	0	0	130	100	70	6	9017.2
29	0	0	0	0	130	100	70	6	9121.4
30	0	0	0	0	130	100	70	6	9642.5
31	0	0	0	0	130	100	70	6	9954.3

产量与各因素间数学表达式,可建立回归方程:

$$Y = 9\,493.300\,00 + 663.812\,50X_1 + 170.745\,83X_2 + 186.220\,83X_3 + 385.754\,17X_4 - 627.307\,29X_1^2 - 184.844\,79X_2^2 - 15.544\,79X_3^2 - 188.757\,29X_4^2 + 43.293\,75X_1X_2 + 133.206\,25X_1X_3 + 66.743\,75X_1X_4 + 201.043\,75X_2X_3 + 32.681\,25X_2X_4 + 84.943\,75X_3X_4 \quad (1)$$

对回归方程(1)进行方差分析表明(见表4) $F_1=2.516\,28 < F_{0.05(10,6)}=4.06$,失拟项不显著,表明其它试验因素对试验结果影响不大; $F_2=$

$9.539\,26^{**} > F_{0.01(14,16)}=3.45$,达极显著水平,说明氮肥、磷肥、钾肥和密度四因素与先玉335育苗移栽的产量存在明显的函数关系,并与实际情况拟合得很好,可以进行预报。各项回归系数经 $\alpha=0.10$ 显著水平剔除不显著项后,简化后的回归方程为:

$$Y = 9\,493.300\,00 + 663.812\,50X_1 + 170.745\,83X_2 + 186.220\,83X_3 + 385.754\,17X_4 - 627.307\,29X_1^2 - 184.844\,79X_2^2 - 188.757\,29X_4^2 \quad (2)$$

表4 试验结果方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	偏相关	比值F	P-值
X_1	10575529.0238	1	10575529.0238	0.8676	48.6841	0.0001
X_2	699699.3623	1	699699.3623	0.4094	3.2210	0.0916
X_3	832276.7846	1	832276.7846	0.4395	3.8314	0.0680
X_4	3571350.7112	1	3571350.7112	0.7119	16.4406	0.0009
X_1^2	11252838.5939	1	11252838.5939	-0.8741	51.8020	0.0001
X_2^2	977047.8970	1	977047.8970	-0.4684	4.4978	0.0499
X_3^2	6909.8915	1	6909.8915	-0.0445	0.0318	0.8607
X_4^2	1018846.8167	1	1018846.8167	-0.4761	4.6902	0.0458
X_1X_2	29989.5811	1	29989.5811	0.0925	0.1381	0.7151
X_1X_3	283902.4855	1	283902.4855	0.2748	1.3069	0.2698
X_1X_4	71275.6518	1	71275.6518	0.1418	0.3281	0.5747
X_2X_3	646697.4416	1	646697.4416	0.3961	2.9770	0.1037
X_2X_4	17089.0259	1	17089.0259	0.0699	0.0787	0.7827
X_3X_4	115447.0526	1	115447.0526	0.1793	0.5315	0.4765
回归	29010683.9669	14	2072191.7119	$F_2=9.53926$		0.0001
剩余	3475643.4408	16	217227.7151			
失拟	2806452.6408	10	280645.2641	$F_1=2.51628$		0.0484
误差	669190.8000	6	111531.8000			
总和	32486327.4077	30				

2.2 模型解析

2.2.1 主因子分析 经过无量纲线性编码值代换后,偏回归系数已标准化。回归系数绝对值的大小可以判断各因子对产量的影响程度,从方程的一次项回归系数可以看出,试验中各因素对产量影响的大小顺序为:氮肥($b=663.812\,50$)>密度($b=385.754\,17$)>钾肥($b=186.220\,83$)>磷肥($b=170.745\,83$)。

2.2.2 降维分析 当考虑到二次项效应时,对回归方程进行降维分析,将其它因子固定在零水平,可由方程(2)得到下列单因素X对产量Y的一元二次模型:

氮肥: $Y_1 = 9\,493.300\,00 + 663.812\,50X_1 - 627.307\,29X_1^2$ (3)

磷肥: $Y_2 = 9\,493.300\,00 + 170.745\,83X_2 - 184.844\,79X_2^2$ (4)

钾肥: $Y_3 = 9\,493.300\,00 + 186.220\,83X_3$ (5)

密度: $Y_4 = 9\,493.300\,00 + 385.754\,17X_4 - 188.757\,29X_4^2$ (6)

将各因素不同水平值分别代入(3)~(6)可得出各因素不同水平值相对应的产量(见图1)。

由图1可知, X_1 、 X_2 、 X_4 与产量的关系曲线为抛物线,即 X_1 、 X_2 、 X_4 在 $[-2,2]$ 水平区域内,随着 X_1 、 X_2 、 X_4 水平的增加,育苗移栽玉米产量也随之

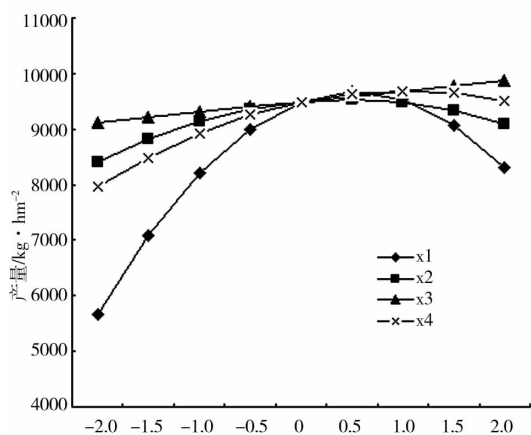


图1 玉米育苗移栽产量与各因素的对应关系

增加,当超过临界值时,随着 X_1 、 X_2 、 X_3 水平的增加为报酬递减函数,育苗移栽玉米产量开始下降。 X_3 (钾肥)与育苗移栽玉米产量的关系曲线为直线,即 X_3 在 $[-2, 2]$ 水平区域内,随着 X_3 水平的增加,育苗移栽玉米产量也随之增加。

2.2.3 边际效应分析 在农业经济分析时,需要探讨产量随各因素水平值变化增减速率。边际产量可直接反映出因素的最适投入量和单位投入量变化对产量增减速率的影响。边际效应方程可通过对回归子模型(3)~(6)求一阶偏导:

$$dy/dx_1 = 663.81250 - 1254.61458X_1 \quad (7)$$

$$dy/dx_2 = 170.74583 - 369.68958X_2 \quad (8)$$

$$dy/dx_3 = 186.22083 \quad (9)$$

$$dy/dx_4 = 385.75417 - 377.51458X_4 \quad (10)$$

将不同编码值代入此方程,便可求得各因素不同水平的边际效应值,由图2可知, X_1 (氮肥)、 X_2 (磷肥)、 X_4 (密度)对产量影响的速率随水平变化而变化,产量变化速率 $|X_1| > |X_2| > |X_4|$ 。其中 X_1 (氮肥)的边际产量在 $(-2, 0.5291)$ 为正值,即增产,随着 X_1 (氮肥)的增加,其产量增长率减小,说明增加施氮量越多,则增产效

应递减,在 $(0.5291, 2)$ 为负值,随着 X_1 (氮肥)的增加,其产量负增长率增加,减产效应递增; X_2 (磷肥)边际产量在 $(-2, 0.4617)$ 为正值,即随着 X_2 (磷肥)的增加其产量增长率减小,在 $(0.4617, 2)$ 为负值,随着 X_2 (磷肥)的增加,其产量负增长率增加,减产效应递增; X_4 (密度)边际产量在 $(-2, 1.0218)$ 为正值,即随着 X_4 (密度)的增加其产量增长率减小,在 $(1.0218, 2)$ 为负值,随着 X_4 (密度)的增加,其产量负增长率增加,减产效应递增; X_3 (钾肥)对产量影响的速率不随水平变化而变化,即增施钾肥不能获得的增产效益。

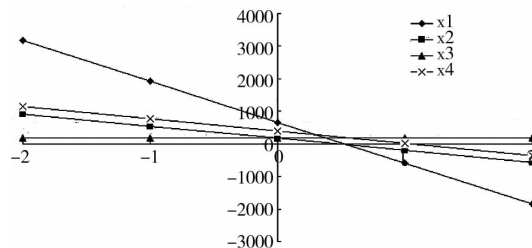


图2 各因素在不同水平下对产量影响的速率

2.2.4 数学模型寻优 利用简化的产量为目标的回归方程在 $-2 \leq X_j \leq 2$ 中用计算机寻求最高产量的栽培方案,可得其最高产量和各因素组合。即 $X_1 = 1.0000$, $X_2 = 0.0000$, $X_3 = 2.0000$, $X_4 = 1.0000$, 也就是当施纯氮 $200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、纯磷 $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、纯钾 $170 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、播种密度 $7.5 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,育苗移栽玉米可以达到 $10099.2400 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的最高产量。当然,在该试验条件下获得的这种最优解在大面积生产实践中应用不一定是最优的,不能代表实际的最佳水平且具有一定的风险性,为增加栽培管理决策信息量,减少或避免小概率实践的风险,尚需进一步做产量频率分析^[5]。对其产量大于 $8706.37 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的156个方案进行频数分析(见表5)。结果表明:寒地育苗移栽玉米产量大于 $8706.37 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的栽培方案为:施纯氮量为 $159.0 \sim 171.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、施纯

表5 各变量取值的频率分布

水平	X_1	频率	X_2	频率	X_3	频率	X_4	频率
-2.0000	0	0.0000	8	0.0513	24	0.1538	0	0.0000
-1.0000	2	0.0128	34	0.2179	28	0.1795	24	0.1538
0.0000	76	0.4872	40	0.2564	28	0.1795	42	0.2692
1.0000	76	0.4872	40	0.2564	34	0.2179	48	0.3077
2.0000	2	0.0128	34	0.2179	42	0.2692	42	0.2692
加权均数		0.5000		0.3720		0.2690		0.6920
标准误差		0.0440		0.0950		0.1140		0.0820
95%的置信区间		0.4143~0.586		0.185~0.558		0.046~0.492		0.531~0.854
农艺措施		159.0~171.0		111.1~133.5		72.3~94.6		6.8~7.3
单位		$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$		$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$		$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$		万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$

磷量为 $111.1 \sim 133.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、施纯钾量为 $72.3 \sim 94.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、密度为 $6.8 \text{ 万} \sim 7.3 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

3 结论与讨论

在该试验条件中,氮磷钾的施用量及种植密度对寒地育苗移栽玉米产量有显著影响,其影响大小顺序为:氮肥>密度>钾肥>磷肥。氮肥施用量和种植密度应作为寒地育苗移栽玉米生产中重点调控的因子。通过各因素综合效应分析,提出了寒地育苗移栽玉米产量大于 $8706.37 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的栽培方案为:施纯氮量为 $159.0 \sim 171.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、施纯磷量为 $111.1 \sim 133.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、施纯钾量为 $72.3 \sim 94.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、密度为 $6.8 \text{ 万} \sim 7.3 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

寒地育苗移栽技术能够实现玉米安全跨区种

植,保证苗齐苗壮、能够抵御低温冷害,从而实现玉米产量和效益的大幅度提高。随着产量的提高,玉米施肥水平和栽培措施也应随之进行提高。以上结果仅为典型地区一年单点情况下所得,而寒地育苗移栽玉米的产量受温度、移栽期、水分及光照等其它因子综合影响,产量结果可能有所不同,今后将作进一步研究。

参考文献:

- [1] 李生秀. 中国旱地农业[M]. 北京:中国农业出版社,2004.
- [2] 封俊,曾爱军,顾世康,等. 我国玉米育苗移栽技术的现状与前景[J]. 农机与食品机械,1997(6):4-5.
- [3] 白厚义,肖俊璋. 试验研究及统计分析[M]. 西安:世界图书出版社,1998.
- [4] 卢恩双,宋世德,郭满才. 回归通用旋转设计的几个问题[J]. 西北农林科技大学学报,2002(10):110-113.
- [5] 李玉军,陈林,刘婷婷. 密度及氮磷钾施肥对兴海 201 产量的影响[J]. 耕作与栽培,2009(6):26-27.

Effects of Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Density on Yield of Raising Seedling and Transplanting Maize

WANG Yu-xian, LI Qing-quan, LIU Yu-tao, LIAN Yong-li,

GUAN Chun-yu, YAN Feng, WANG Cheng

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161041)

Abstract: In order to further discuss high yield cultivation techniques of maize, the effects of applications of nitrogen, phosphate, potassium and density on the yield were studied based on the universal rotary composition designing method of 4 factors and 5 levels, and the objective function to establish the mathematical model was set up. The results indicated that the differences of N, K, P applications and the density with the yield were significant. The effect order of all cultivation factors on yield was $N > \text{density} > K > P$. According to the mode, the fertilizer plan which the yield surpassed $8706.37 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ was $159.0 \sim 171.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ N, $111.1 \sim 133.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ P_2O_5 and $72.3 \sim 94.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ K_2O , the density ranged $6.8 \times 10^5 \sim 7.3 \times 10^5 \text{ plants} \cdot \text{hm}^{-2}$.

Key words: maize; density; N, P, K fertilizer; yield; effect

(该文作者还有胡继芳和谭可飞,单位同第一作者)

冬小麦春季抓四防

为了保证冬小麦高产稳产,开春后,冬小麦在管理上应及时抓4防。

1 **防渍害** 开春后一般雨水多,如果排水不畅,土壤湿度过大,极易发生渍害。应及时清沟排水,行间撒草木灰,疏松土壤,增加土壤通透性。

2 **防倒伏** 倒伏对小麦产量影响很大,应及早抓好防倒工作。对小麦苗期有倒伏趋势的地块,在小麦拔节前深中耕和镇压;在小麦拔节初期,趁晴天露水干后,喷施浓度为 $0.2\% \sim 0.4\%$ 的矮壮素溶液。

3 **防早衰** 小麦抽穗后,根、茎、叶基本停止生长,生长中心转向穗部,茎叶制造和贮存的有机养

分不断向籽粒输送。这个时期,常因缺肥使叶片早衰,造成千粒重下降而减产,因此应及时补肥。通常采用叶面喷肥,在小麦孕穗到灌浆初期,叶面喷施氮肥、磷肥、钾肥,以补充土壤养分的不足,延长叶片功能期。方法是,在 $0.2\% \sim 0.3\%$ 的磷酸二氢钾溶液中加入 1% 的尿素喷施,每隔 10 d 喷 1 次,连喷 2~3 次,出齐叶时加喷 1 次效果更好。喷肥时间最好在傍晚,不宜在中午前后烈日下喷施,如果喷后 8 h 内遇雨,要补喷。

4 **防病虫** 小麦中后期是赤霉病、锈病、纹枯病和蚜虫等病虫害高发时期,对产量和品质影响很大,应及早防治。