

文章编号: 1674-7054(2013)04-0317-05

汉油9号的高产优化栽培模式

王风敏¹ 李 英¹ 张成兵¹ 谌国鹏¹ 习广清¹ 杨有来²

(1. 汉中市农业科学研究所 陕西 汉中 723000; 2. 青海互助县农技中心 青海 互助 810500)

摘 要: 采用五元二次正交旋转组合设计 研究播期、密度、氮肥、磷肥、钾肥对汉油9号产量的影响。结果显示,各栽培因子对汉油9号产量影响的大小顺序为:施氮量>施钾量>播期>磷肥>密度。用降维法分析各因素与产量的关系 结果表明,每公顷施纯氮167.85 kg 产量最高,每公顷施纯磷96.6 kg 产量最高,每公顷施纯钾75.6 kg 产量最高;播期为9月11日产量最高,密度为12.3万株·hm⁻²时产量最高;经过计算机模拟最优产量大于3150 kg·hm⁻²栽培方案有93套 相应的农艺措施为播期9月9—11日,密度11.70~12.30万株·hm⁻²,纯氮量174~186 kg·hm⁻²,纯磷量为85.95~94.05 kg·hm⁻²,纯钾量为84.90~95.10 kg·hm⁻²。

关键词: 汉油9号;高产栽培;模式研究

中图分类号: S 505.4

文献标志码: A

油菜是我国传统的油料作物,随着油菜新品种的育成与栽培技术的不断改进^[1-4],油菜生产水平在不断的提高,但是与新品种相配套的高产栽培技术研究还不够,以致一些高产优质品种未能发挥其高产潜能。汉油9号是汉中市农业科学研究所选育的甘蓝型杂交油菜新品种,具有优质、高产、多抗、适应性广等特点,2012年通过陕西省审定^[5]。多元回归试验设计和分析方法的优点:能适应多因素多水平试验、能分析找出最优组合方案、能克服因素效应和交互效应混合的问题^[6]。为了探索汉油9号高产优化栽培技术,笔者应用多元回归试验设计和分析方法对汉油9号进行了高产优化栽培模式研究,旨在为大面积推广汉油9号提供科学的栽培技术指导。

1 材料与方法

供试品种为甘蓝型油菜新品种汉油9号。采用五元二次正交旋转组合设计,以产量为目标函数,选择播期(X_1)、密度(X_2)、施N量(X_3)、施P量(X_4)、施K量(X_5) 5个因素为决策变量,每个因素上下值见表1,每个因素水平编码值见表2,试验方案及产量结果见表3。对产量的综合影响用 $y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2$ 来描述。

表1 汉油9号高产栽培试验因素上下水平表

Tab. 1 The highest and lowest levels of factors of the rape Han 9's cultivation test

因素水平 Level of factor	X_1 (天/月) X_1 (Day/day/month)	X_2 (万株·hm ⁻²)	X_3 (kg·hm ⁻²)	X_4 (kg·hm ⁻²)	X_5 (kg·hm ⁻²)
X_{2j}	20(20/9)	16.5	270	150	150
X_{1j}	0(31/8)	7.5	90	30	30

注: X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 依次为播期、密度、N肥、P肥、K肥。以下同Note: X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 denote sowing date, density, supplement of nitrogen, phosphorus, potash, respectively, similarly hereinafter

收稿日期: 2013-11-14

基金项目: 陕西省科学技术研究发展项目(2013K02-06)

作者简介: 王风敏(1981-),女,河南许昌人,农艺师。E-mail: piaopiao0202@163.com

按设计 $m_c = 16$ $m_r = 10$ $m_0 = 10$ 试验共 36 个小区, 小区面积 15.4 m^2 , 分 3 个区组, 区组内小区随机排列。试验田前作水稻, 育苗移栽, 苗龄 35 d。各小区氮肥分别按设计用量做基肥和追肥使用, 基肥于移栽时施用, 追肥于冬灌时施用。底肥与追肥的比例为 1 : 1。磷肥和钾肥按设计用量作基肥一次施用, 另外每个小区按 $7.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 用量施入硼肥作基肥。

表 2 汉油 9 号高产栽培试验因素水平编码值表

Tab. 2 The coded levels of factors of the rape Han 9's cultivation test

X_{aj}	X_1 (天, 日/月) (Day, day/month)	X_2 /(万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	X_3 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	X_4 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	X_5 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
+r	20(20/9)	16.50	270	150	150
+1	15(15/9)	14.25	225	120	120
0	10(10/9)	12.00	180	90	90
-1	5(5/9)	9.75	135	60	60
-r	0(31/8)	7.50	90	30	30

表 3 汉油 9 号高产栽培方案表

Tab. 3 The scheme of the rape Han 9's cultivation test

处理号 Treatment	X_1 (天, 日/月) (Day, day/month)	X_2 /(万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	X_3 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	X_4 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	X_5 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	Y ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
1	1(15/9)	1(14.25)	1(225)	1(120)	1(120)	3 065.64
2	1(15/9)	1(14.25)	1(225)	-1(60)	-1(60)	3 000.69
3	1(15/9)	1(14.25)	-1(135)	1(120)	-1(60)	3 000.69
4	1(15/9)	1(14.25)	-1(135)	-1(60)	1(120)	2 857.80
5	1(15/9)	-1(9.75)	1(225)	1(120)	1(120)	2 987.70
6	1(15/9)	-1(9.75)	1(225)	-1(60)	-1(60)	2 922.75
7	1(15/9)	-1(9.75)	-1(135)	1(120)	-1(60)	2 948.73
8	1(15/9)	-1(9.75)	-1(135)	-1(60)	1(120)	2 818.83
9	-1(5/9)	1(14.25)	1(225)	1(120)	1(120)	3 117.60
10	-1(5/9)	1(14.25)	1(225)	-1(60)	-1(60)	2 857.80
11	-1(5/9)	1(14.25)	-1(135)	1(120)	-1(60)	3 026.67
12	-1(5/9)	1(14.25)	-1(135)	-1(60)	1(120)	3 182.55
13	-1(5/9)	-1(9.75)	1(225)	1(120)	1(120)	2 935.74
14	-1(5/9)	-1(9.75)	1(225)	-1(60)	-1(60)	3 039.66
15	-1(5/9)	-1(9.75)	-1(135)	1(120)	-1(60)	2 974.71
16	-1(5/9)	-1(9.75)	-1(135)	-1(60)	1(120)	2 896.77
17	2(20/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	2 792.85
18	-2(31/8)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 260.49
19	0(10/9)	2(16.50)	0(180)	0(90)	0(90)	3 117.60
20	0(10/9)	-2(7.50)	0(180)	0(90)	0(90)	3 065.64
21	0(10/9)	0(12.00)	2(270)	0(90)	0(90)	3 370.91
22	0(10/9)	0(12.00)	-2(90)	0(90)	0(90)	2 662.95
23	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	2(150)	0(90)	3 039.66
24	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	-2(30)	0(90)	3 156.57
25	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	2(150)	3 331.94
26	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	-2(30)	3 026.67
27	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 377.40
28	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 383.90
29	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 364.41
30	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 370.91

续表 3 Continued						
处理号 Treatment	X_1 (天,日/月) (Day,day/month)	X_2 /(万株·hm ⁻²)	X_3 (kg·hm ⁻²)	X_4 (kg·hm ⁻²)	X_5 (kg·hm ⁻²)	Y (kg·hm ⁻²)
31	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 351.42
32	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 279.98
33	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 403.38
34	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 299.46
35	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 383.90
36	0(10/9)	0(12.00)	0(180)	0(90)	0(90)	3 481.32

2 结果与分析

2.1 产量预测模型的建立与显著性检验 试验所得数据(见表 3)应用 DPS 统计分析软件处理^[7],得回归方程 $y = 3\,373.340\,62 + 21.108\,75X_1 + 20.026\,25X_2 - 49.795\,00X_3 + 29.768\,75X_4 - 50.877\,50X_5 - 91.335\,94X_1^2 - 75.098\,44X_2^2 - 93.771\,56X_3^2 - 73.474\,69X_4^2 - 53.177\,81X_5^2 - 5.683\,12X_1X_2 + 30.039\,37X_1X_3 + 20.296\,87X_1X_4 + 36.534\,37X_1X_5 - 17.049\,37X_2X_3 + 8.930\,62X_2X_4 - 23.544\,37X_2X_5 + 5.683\,12X_3X_4 - 7.306\,87X_3X_5 + 25.168\,12X_4X_5$ 。经 F 检验(见表 4),回归达到显著($F = 2.57^*$),表明试验所得数据与所采用的数学模型模拟得好,反映了产量与几个主要栽培因子之间的关系,方程具有意义。可通过分析选择最佳农艺措施组合实现对目标因子的控制;同时,还可用之对目标因子进行预测。

表 4 试验结果方差分析
Tab. 4 Variance analysis of the test results

变异来源 Sources of variation	SS	df	F	临界 F 值 The critical value of F
X_1	10 695.9	1	0.45	$F_{0.25} = 1.43$
X_2	9 625.2	1	0.40	$F_{0.1} = 3.07$
X_3	59 509.0	1	2.50	$F_{0.05} = 4.54$
X_4	21 268.3	1	0.89	$F_{0.01} = 8.68$
X_5	62 124.5	1	2.61	
X_1^2	266 952.1	1	11.20**	$F_{0.25} = 1.43$
X_2^2	180 472.8	1	7.57*	$F_{0.1} = 3.07$
X_3^2	281 379.4	1	11.80**	$F_{0.05} = 4.54$
X_4^2	172 753	1	7.25*	$F_{0.01} = 8.68$
X_5^2	90 492.2	1	3.80	
X_1X_2	516.8	1	0.02	$F_{0.25} = 1.43$
X_1X_3	14 437.8	1	0.61	$F_{0.1} = 3.07$
X_1X_4	6 591.4	1	0.28	$F_{0.05} = 4.54$
X_1X_5	21 356.2	1	0.90	$F_{0.01} = 8.68$
X_2X_3	4 650.9	1	0.20	
X_2X_4	1 276.1	1	0.05	
X_2X_5	8 869.4	1	0.37	
X_3X_4	516.8	1	0.02	
X_3X_5	854.2	1	0.04	
X_4X_5	1 035	1	0.43	
回归 Regression variance	1 224 475	20	$F = 2.57^*$	$F_{0.05} = 2.33$
剩余 Residual variance	357 548	15		$F_{0.01} = 3.37$
总变异 Total variance	1 582 023	35		

各偏回归系数的大小 符号表示对产量影响的大小和效应。一次项对产量的影响大小顺序为施钾量 > 施氮量 > 施磷量 > 播期 > 密度 播期、密度、施磷量为正效应 施氮量、施钾量为负效应 其中施氮量、施钾量对产量的影响在 0.25 水平显著。二次项效应施氮量 > 播期 > 密度 > 施磷量 > 施钾量 均为负效应 其中播期、施氮量对产量的影响极显著 密度、施磷量对产量的影响显著 施钾量在 0.1 水平显著。交互项对汉油 9 号产量的影响均不显著 交互项 X_1X_3 X_1X_5 虽不显著 但 F 值大于 0.5 考虑其交互效应 播期与施钾量为正效应(+36.534 37) 播期与施氮量亦为正效应(+30.039 37) 早播应增加施氮量和施钾量 , 迟播应适当减少施氮量与施钾量。

2.2 主效应分析 为了进一步明确各因素与产量的关系 用降维法^[8] 分析出各因素不同水平与产量的关系。固定其中任意 4 个变量为零水平 得子模型为:

$$\text{播期: } y = 3\,373.340\,62 + 21.108\,75X_1 - 91.335\,94\,X_1^2,$$

$$\text{密度: } y = 3\,373.340\,62 + 20.026\,25X_2 - 75.098\,44X_2^2,$$

$$\text{施氮量: } y = 3\,373.340\,62 - 49.795\,00X_3 - 93.771\,56X_3^2,$$

$$\text{施磷量: } y = 3\,373.340\,62 + 29.768\,75X_4 - 73.474\,69X_4^2,$$

$$\text{施钾量: } y = 3\,373.340\,62 - 50.877\,50X_5 - 53.177\,81X_5^2.$$

从子模型可以得出: 播期、密度、施氮量、施磷量、施钾量对汉油 9 号产量影响均表现为在低水平时产量较低 随着水平值的增加 达到一定水平时产量最高 随着水平值的再增加产量降低。在 9 月 1—11 日播种 产量随播期的推迟而增加 9 月 11 日以后 产量随播期的推迟而降低; 在 7.5 ~ 12.33 万株 · hm⁻² 范围内 产量随密度的增加而增加 当密度大于 12.33 万株 · hm⁻² 时 产量随密度增加而减少; 施氮量在 167.85 kg · hm⁻² 时 产量最高 每公顷施纯氮量小于 167.85 kg 时增氮增产 大于 167.85 kg 时增氮减产; 施磷量在 96.6 kg · hm⁻² 时 产量最高 每公顷施纯磷量小于 96.6 kg 时增磷增产 大于 96.6 kg 时增磷减产; 施钾量在 75.6 kg · hm⁻² 时 产量最高 每公顷施纯钾量小于 75.6 kg 时增钾增产 大于 75.6 kg 时增钾减产。

2.4 试验因素的重要性分析 采用“贡献率法”分析各试验因素对产量的重要性^[9]。依据建立的二次回归方程求出各回归系数的方差比 $F_{(i)}$ 、 $F_{(ij)}$ 、 $F_{(ii)}$ 若 $F \leq 1$ 则令 $\delta = 0$ 若 $F > 1$ 则令 $\delta = 1 - 1/F$ 这样可以求出方程各因素对产量贡献率的大小。对于第 j 个因素 其贡献率为 $\Delta_j = \delta_j + 1/2 \sum \delta_{ij} + \delta_{jj}$ 其中 δ_j δ_{ij} 分别表示第 j 个因素一次项、二次项的贡献 δ_{ij} 表示交互项的贡献。计算得 5 个因子的贡献值分别为: $\Delta_{\text{播期}} = 0.91$, $\Delta_{\text{密度}} = 0.87$, $\Delta_{\text{氮肥}} = 1.52$, $\Delta_{\text{磷肥}} = 0.86$, $\Delta_{\text{钾肥}} = 1.36$ 。比较其数值大小 可得 5 个因子对产量的影响大小顺序为: 氮肥 > 钾肥 > 播期 > 磷肥 > 密度。因此 生产中应把氮肥作为汉油 9 号高产栽培措施的首要考虑因素 其次是钾肥 再次是播期的选择 最后是磷肥和密度。

2.5 计算机模拟寻优 利用建立的数学模型 采用频数分析方法^[7] 来寻求最佳栽培措施(见表 5) 。在约束范围 $-2.0 \leq X_j \leq 2.0$ 区间内 取步长为 1 输入计算机模拟寻优 获得产量大于 3 150 kg · hm⁻² 的栽培方案有 93 套 相应的农艺措施为播期 9 月 9—11 日 密度 11.70 ~ 12.30 万株 · hm⁻² 纯氮量 174 ~ 186 kg · hm⁻² 纯磷量为 85.95 ~ 94.05 kg · hm⁻² 纯钾量为 84.90 ~ 95.10 kg · hm⁻²。

表 5 大于 3 159 kg · hm⁻² 的优化方案因素取值频率分布

Tab. 5 The frequency distribution of factors that yield more than 3 150 kg · hm²

因素水平 Coding value	X_1		X_2		X_3		X_4		X_5	
	次数 Times	频率 Frequency	次数 Times	频率 Frequency	次数 Times	频率 Frequency	次数 Times	频率 Frequency	次数 Times	频率 Frequency
-2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1%
-1	17	18.3%	21	22.6%	17	18.3%	21	22.6%	29	31.2%
0	59	63.4%	51	54.8	59	63.4%	51	54.8	33	35.5
+1	17	18.3%	21	22.6	17	18.3%	21	22.6%	29	31.2%
+2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1%
合计 Total	93	100%	93	100%	93	100%	93	100	93	100%
标准误 Standard error	0.063		0.07		0.063		0.07		0.087	
95% 置信区间 95% confidence interval	-0.123 ~ 0.123		-0.137 ~ 0.137		-0.123 ~ 0.123		-0.137 ~ 0.137		-0.171 ~ 0.171	
栽培措施 Cultivation measures	9 月 9—11 日 Sep. 9 - 11		11.70 ~ 12.30 万株 · hm ⁻²		74 ~ 186 kg · hm ⁻²		85.95 ~ 94.05 kg · hm ⁻²		84.9 ~ 95.1 kg · hm ⁻²	

3 讨 论

本试验采用多元回归设计和分析方法研究多因素对汉油9号产量的影响,探讨了汉油9号产量与各项栽培因子之间的关系,以及各项栽培因子的优化技术指标,为汉油9号高产栽培提供了理论依据和参考。油菜的丰产性表现受多种因素的影响,包括品种特性、栽培措施和环境气候条件的影响以及品种与环境的互作等。本试验研究结果表明,氮肥、钾肥、播期是影响汉油9号产量的主要因素。尤其是氮肥效应最大,当油菜缺氮时,会阻止叶绿素和蛋白质的合成从而影响光合效率,氮素过多时,群体容易过度繁茂,致使透光不良,结实率下降,成熟延迟,加重后期倒伏和病虫害的发生。因此,在实际生产中,要合理施氮,还要合理配施钾肥、磷肥和其它微肥。汉中属于长江上游冬油菜区,冬前光温条件都比较适宜,适时早播有利于冬发,是油菜高产的重要保证。

在本研究中,磷肥和密度是影响汉油9号产量的次要因素,但并不代表磷肥和密度对产量没有影响。合理的种植密度是协调个体与群体关系,促进高产的途径之一。不同种植密度会形成不同的油菜群体结构,而群体结构内部温、光等生态条件的差异最终会影响到籽粒的产量。磷肥对作物的主要作用是增强作物的抗性、促进根的生长从而促进根对营养的吸收,在作物的生长发育中也是必不可少的。

由于影响油菜产量的因子很多,在生产上应结合实际调整各栽培因子,合理施肥,适时播种,合理密植。本研究中对汉油9号产量的影响表现出正效应的是播期、钾肥与氮肥,因此,在实际应用中,由于不可避免的气候条件的影响而早播或晚播时,应适当加大或减小对钾肥和氮肥的用量。

参考文献:

- [1]张建模,邹小云,宋来强,等. 杂交油菜主要产量性状与品质性状的关系研究[J]. 江西农业学报, 2006, 18(6): 16-20.
- [2]邵留东. 不同播期条件下种植密度对油菜生长发育及产量的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [3]任廷波,赵继献,郑治洪. 不同直播密度和施氮量对油研九号产量及品质的影响[J]. 贵州农业科学, 2004, 32(4): 23-25.
- [4]黄秀芳,范正辉,陈俊才,等. 不同播期、密度、肥运筹对宁杂3号油菜的影响[J]. 江苏农业, 2001(1): 14-15.
- [5]李英,湛国鹏,习广清,等. 甘蓝型双低油菜隐性核不育两系杂交种汉油9号的选育及栽培技术[J]. 种子, 2013(9): 109-110, 114.
- [6]张燕. 油菜优质高产栽培模式研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [7]唐启义. 实用统计分析及其DPS数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [8]荣廷昭. 农业试验与统计分析[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1993.
- [9]徐中儒. 农业试验最优回归设计[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1988.

Optimum Cultivation Patterns of Hanyou 9

WANG Fengmin¹, LI Ying¹, ZHANG Chengbin¹, CHEN Guopeng¹,
XI Guangqing¹, YANG Youlai²

(1. Hanzhong Research Institute of Agricultural Science, Hanzhong 723000, China;

2. Huzhu Agro-technical Extension Service Center, Huzhu 810500, China)

Abstract: An experiment was made to optimize cultivation of the rape Hanyou 9 (*Brassica napus*), and a quadratic orthogonal rotation combination design with 5 factors including sowing date, density, supplement of nitrogen, supplement of phosphorus, supplement of potash was arranged to observe the effect of the factors on the yield of Hanyou 9. The results showed that the 5 factors gave different effect on the yield of Hanyou 9 in the order of supplement of nitrogen > potash > sowing date > phosphorus > density. Analysis of the relationship between the factors and yield showed that the rape yielded the highest when treated with nitrogen fertilizer at a rate of 167.85 kg · hm⁻², with phosphorus fertilizer at a rate of 96.6 kg · hm⁻², or with potash fertilizer at a rate of 75.6 kg · hm⁻², or in the sowing date of September 11, or with the density of 12.30 ten thousand plants · hm⁻². Computer simulation revealed that 93 optimal sets of cultural patterns gave rapeseed yield ≥ 3 150 kg · hm⁻², with their cultural measures being that the rape is planted at the density of 11.70-12.30 ten thousand plants · hm⁻², and applied with fertilizer of nitrogen at a rate of 174-186 kg · hm⁻², phosphorus at 85.95-94.05 kg · hm⁻², and potash at 84.90-95.10 kg · hm⁻².

Key words: rape (*Brassica napus*); Hanyou 9; high yielding cultivation; pattern research