

宁夏中部雨养农田宁亚10号胡麻 高产优质栽培模型研究

高国强,尚自烨

(宁夏盐池县农业技术推广服务中心,宁夏 盐池 751500)

摘 要:应用五因素二次通用旋转组合设计方法,探讨以盐池为代表的宁中地区在干旱雨养立地条件下宁亚10号胡麻高产优质栽培模型。5个可控栽培因子分别为播量、施农肥量、施氮量、施磷量、抗旱剂,效应因子为胡麻籽粒产量、产量性状以及品质性状。通过模拟选优,胡麻产量高于1 200 kg/hm²、籽粒含油率大于37%、亚油酸含量大于12%的优化栽培方案为:播量46.05~50.85 kg/hm²,施农肥量21.50~24.96 t/hm²,施氮量(纯氮)84.45~91.95 kg/hm²,施磷量(P₂O₅)55.65~62.70 kg/hm²,喷施抗旱剂2~3次。

关键词:胡麻;数学模型;农艺方案;干旱雨养

中图分类号: S343.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)02-0131-06

胡麻是我国北方重要的优质油料作物,胡麻含有特殊的营养物质,并且抗旱、抗寒、耐瘠薄,有着明显的区域优势,在农业结构调整中具有重要作用^[1]。2001~2007年,全国胡麻年均种植面积和总产量分别是40.12万hm²和36.24万t。目前,中国胡麻主要集中在河北、山西、内蒙古、甘肃、宁夏和新疆。而上述六省区的年均种植面积和总产量分别占全国的97.31%和97.30%。宁夏是全国6个胡麻主产区之一,年播种面积7.5万hm²左右,总产量达6.5万t^[2-4]。盐池县位于宁夏中部干旱带的东部,该县南部黄土丘陵区麻黄山、大水坑镇等6个乡镇历年有较大面积胡麻种植,也是当地主要油用作物。但长期以来与宁夏南部山区的多数区域一样,习惯将胡麻在“下茬”(低肥力地)地、低肥甚至无肥条件下种植,一般单产旱地600~750 kg/hm²^[5]。目前,国内对胡麻氮、磷、钾的吸收动态以及不同施肥方法对产量的影响等做了研究,取得了一定的成果^[6-16],但有关胡麻施肥研究较其他主要农作物仍显落后^[5]。为了使当地雨养农田胡麻产量潜力及经济优势得到应有的重视和开发利用,我们应用二次通用旋转组合设计及其数学模型对影响胡麻籽粒产量、产量性状及品质性状的主要农艺措施进行了研究,以期为当地以及国内同类地区进一步提高雨养农田胡麻产量和改善品质性状提供技术参考。

1 材料和方法

供试品种为宁亚10号,种子千粒重8.53 g。试

验于2007—2008年在盐池县大水坑镇红井子村进行。试区海拔1 300 m,年均温度7.8℃,≥10℃积温3 112℃,年降水290 mm,平均日照7.78 h/d,无霜期185 d。土壤属耕种普通灰钙土,前茬为糜子。肥料秋施前0~20 cm耕层有机质含量0.71%,全氮0.030%,全磷0.062%,碱解氮24.99 mg/kg。

试验因子为播量(X_1)、施农肥量(X_2)、施氮量(X_3)、施磷量(X_4)和抗旱剂(X_5)。农肥全部秋施;氮肥用尿素(含N 46%),全部秋施;磷肥用普通过磷酸钙(含P₂O₅ 12%),2/3秋施,1/3种施。秋施肥时间为2007年10月29日。抗旱剂选用旱地龙(主要成份为黄腐酸FA),叶面喷施量每次900 g/hm²,加水900 kg/hm²,浓度0.1%,喷施1次的于现蕾期进行,喷施2次的于现蕾、开花期进行,喷施3次的于分枝、现蕾、开花期进行,喷施4次的于分枝、现蕾、开花、灌浆期进行。采用五因子五水平二次通用旋转组合设计(1/2实施),32个小区($M_c = 16$, $M_r = 10$, $M_o = 6$),因子编码水平见表1。

小区面积为2.4×4(m²),每小区人工划锄开沟播种20行,行距12 cm。4月7日沿南北方向依次沟施种肥、籽粒(用小纸袋分行分装)。播后26 d出苗(平均出苗率为56.48%),5月29日进入分枝期,6月7日现蕾,6月12日开花,6月27日灌浆,7月25日收获,生育期109 d。收获时各小区去两边行,以实收面积计产。每小区随机取样20株、取样3点(每点面积0.48 m²),分别测定产量性状、生物产量

收稿日期:2011-11-05

基金项目:宁夏盐池县旱作节水农业示范基地建设项目(宁农发[2007]26号)

作者简介:高国强(1966—),男,宁夏盐池人,高级农艺师,硕士,主要从事旱作节水农业研究与推广工作。E-mail:gaoguoqiang66@126.com。

通讯作者:尚自烨(1971—),女,宁夏盐池人,农艺师,主要从事旱作节水农业研究与推广工作。E-mail:goodshang@126.com。

和经济产量。籽粒含油率、亚油酸和亚麻酸含量由西北农林科技大学中心实验室测定。

表 1 因子编码水平

Table 1 Factor encoding scheme

因子水平 Coding level	播量 (X_1) Sowing (kg/hm ²)	施农肥量 (X_2) Organic fertilizer (t/hm ²)	纯氮 (X_3) N (kg/hm ²)	磷 (X_4) P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	抗旱剂 (X_5) Frequency of application of drought-resistant agents(次)
-2	22.50	0	0	0	0
-1	37.50	11.25	26.25	22.50	1
0	52.50	22.50	52.50	45.00	2
1	67.50	33.75	78.75	67.50	3
2	82.50	45.00	105.00	90.00	4
Δi	15.00	11.25	26.25	22.50	1

表 2 试验结构矩阵及目标函数结果

Table 2 Test structure matrix and measured objective values

区号 Code	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y_a 籽粒产量 Yield (kg/hm ²)	Y_b 籽粒含油率 Oil content (%)	Y_c 籽粒亚油酸 Linoleic acid (%)	Y_d 单株结果数 Number of fruit per plant
1	-1	-1	-1	-1	1	1055.55	33.44	10.23	9.30
2	-1	-1	-1	1	-1	1019.25	36.27	11.62	10.55
3	-1	-1	1	-1	1	1146.75	33.96	11.31	10.65
4	-1	-1	1	1	-1	1151.55	32.58	11.86	13.65
5	-1	1	-1	-1	1	1058.85	34.88	11.56	8.58
6	-1	1	-1	1	-1	1190.70	38.39	11.75	18.63
7	-1	1	1	-1	1	1274.70	35.64	11.87	13.30
8	-1	1	1	1	-1	1281.60	36.40	12.89	10.88
9	1	-1	-1	-1	1	1056.00	35.10	10.83	9.28
10	1	-1	-1	1	-1	1161.00	40.82	10.83	5.65
11	1	-1	1	-1	1	1351.05	39.18	11.21	10.95
12	1	-1	1	1	-1	1161.75	40.32	12.10	8.48
13	1	1	-1	-1	1	943.05	35.96	11.81	7.75
14	1	1	-1	1	-1	975.75	39.29	11.70	6.60
15	1	1	1	-1	-1	1144.35	38.84	12.05	10.13
16	1	1	1	1	1	1253.70	38.66	12.85	8.20
17	-2	0	0	0	0	1149.30	36.27	11.55	18.53
18	2	0	0	0	0	1143.75	42.71	12.19	6.38
19	0	-2	0	0	0	1168.50	36.77	11.43	7.80
20	0	2	0	0	0	1165.80	34.79	12.63	10.08
21	0	0	-2	0	0	1051.50	36.72	10.94	7.83
22	0	0	2	0	0	1330.35	37.53	13.25	7.48
23	0	0	0	-2	0	1170.45	32.99	11.26	9.08
24	0	0	0	2	0	1312.80	38.25	12.21	10.00
25	0	0	0	0	-2	1065.00	36.54	11.71	8.25
26	0	0	0	0	2	1141.95	38.93	12.37	9.85
27	0	0	0	0	0	1295.40	38.02	12.37	11.23
28	0	0	0	0	0	1103.70	37.44	12.01	9.13
29	0	0	0	0	0	1234.05	36.54	12.16	10.80
30	0	0	0	0	0	1189.65	36.23	11.83	11.38
31	0	0	0	0	0	1186.95	36.95	11.73	11.08
32	0	0	0	0	0	1149.45	36.59	12.30	9.10

2 结果与分析

2.1 回归模型的建立和检验

对目标函数结果(表2),分析获得一组五元二次回归方程 $Y = f_n(X_i)$,其中 $-2 \leq X_i \leq 2, i = 1, 2, 3, 4, 5, n = a, b, c, d$ 。回归系数及其显著性检验(t 测验),结果列于表3。

回归数学模型的表达式为:

$$Y = b_0 + \sum_{j=1} b_j X_j + \sum_{i < j} b_{ij} X_i X_j + \sum_{j=1} b_{jj} X_j^2 X_j$$

式中: Y 为理论估计值; X_{ij} 为决策因子的无量纲编码值; b_{ij} 为偏回归系数。

经失拟、显著性检验,回归方程 $Y = f_n(X_i)$ 失拟均在 $\alpha = 0.01$ 水平上不显著,相应回归模型均达到极显著水平,说明建立的回归模型与实际情况拟合较好,应用所得回归模型进行控制和预测具有真实性。

表3 回归系数矩阵及其显著性检验结果

Table 3 The test results of regression coefficients and regression equation

回归系数 Regression coefficient	籽粒 产量 Yield	籽粒 含油率 Oil content	籽粒亚油 酸含量 Linoleic acid	单株 结果数 Results plant	回归系数 Regression coefficient	产量 Yield	籽粒 含油率 Oil content	籽粒亚 油酸含量 Linoleic acid	单株 结果数 Number of fruit plant
Y	Y_a^{**}	Y_b^{**}	Y_c^{**}	Y_d^{**}	b_{34}	18.8445	0.9406**	-0.1119	0.6463
b_0	1197.7520	37.0233	12.1174	10.3041	b_{35}	3.5070	-0.4081	0.0331	-0.0225
b_1	-5.9745	1.6454**	0.0654	-2.2000**	b_{45}	6.2625	0.2044	-0.0244	0.4350
b_2	0.6000	0.1013	0.3704**	0.4217	b_{11}	-16.2195	-0.5704**	-0.0999	0.6559*
b_3	77.6250**	0.1271	0.4346**	0.3833	b_{22}	-11.0640	-0.3571	-0.0599	-0.2228
b_4	18.7380	1.0938**	0.2763**	0.1892	b_{33}	5.1195	-0.0208	0.0436	0.5441
b_5	28.7880	0.1829	-0.0187	0.6450	b_{44}	7.5555	-0.3971*	-0.1336	-0.0728
b_{12}	52.8570*	0.7331**	-0.0244	0.5575	b_{55}	-26.9820*	0.1317	-0.0499	-0.1953
b_{13}	-15.3000	-0.6394**	-0.0169	-0.4413	SS_M	18651.6300	149.4577	11.4392	236.8313
b_{14}	3.0945	-0.2681	0.0981	1.3163**	SS_M	2027.7390	9.7972	1.4487	21.0032
b_{15}	12.8070	0.1581	0.1056	-1.0100**	SS_M	555.1035	7.5969	1.1209	15.3659
b_{23}	-16.6695	-0.0381	0.0081	0.5000	SS_{Δ}	20679.3690	159.2550	12.8878	257.8345
b_{24}	-24.7875	0.0556	0.0581	-0.4000	R	0.9497	0.9688	0.9421	0.9584
b_{25}	-8.3625	-0.0706	0.1131	0.6938					

需要指出的是,由每果着粒数(平均7.84 g, CV% = 5.18)、千粒重(平均7.59 g, CV% = 3.90)、经济系数(平均0.4233, CV% = 4.85)以及亚麻酸含量(平均50.04%, CV% = 8.06)4项目标函数性状结果所建立的回归方程均无失拟因素存在,但未达显著水平。说明上述性状在本试验条件下受可控栽培因子影响较小,属于旱雨养农田胡麻产量性状及品质性状中较为稳定的因素。

2.2 回归模型的解析

2.2.1 单因子对籽粒产量、产量性状及品质性状的效应 依据已建立的回归模型,采用降维法,分别导出 $X_1、X_2、X_3、X_4、X_5$ 与目标函数的单因子回归模型,用变幅方差法求得幅值(用变异系数 CV% 表示),可明确各因子的效应位次。

1) 籽粒产量回归模型中,效应位次为:

$X_3 = 10.36 > X_5 = 5.94 > X_4 = 2.70 > X_1 = 2.70 > X_2 = 1.75$

施氮量对籽粒产量的影响最大,抗旱剂喷施次

数次之,施磷量、播种量和施农肥量较小。说明施氮量对籽粒产量的高低起着关键的作用,同时应用抗旱剂亦有显著的增产效果。运用边际原理(令 $dY_n/dX_i = 0$,下同),进一步分析农艺的优化参数,结果表明,除施氮量(X_3)外,决策因子在本试验范围内均出现极值: $X_1 = 0.18、X_2 = 0.03、X_4 = 1.24、X_5 = -0.53$,即播量49.80 kg/hm²,施农肥量22.85 t/hm²,施磷量72.9 kg/hm²,喷施抗旱剂1次。

2) 籽粒产量构成因素回归模型中,影响单株结果数的因子效应位次为:

$X_1 = 31.75 > X_3 = 12.85 > X_5 = 10.92 > X_2 = 7.97 > X_4 = 3.23$

播量对单株结果数影响最大,施氮量、抗旱剂次之,施农肥量及施磷量较小。对 X_1 (线性项达显著负作用)进行边际分析表明, $X_1 = 1.63$,即播量77.40 kg/hm²,单株结果数降低到最低值。

3) 籽粒品质性状回归模型中,影响籽粒含油率高低的因子效应位次为:

$X_1 = 7.36 > X_4 = 5.19 > X_2 = 1.89 > X_3 = 1.01 > X_3 = 0.55$

播量对籽粒含油率影响最大,施磷量次之,施农肥量、抗旱剂和施氮量较小。说明适度密植、增施磷肥可显著提高胡麻籽粒的含油率。边际分析结果表明, $X_1 = -1.44$ 、 $X_4 = 1.34$, 即播量 30.90 kg/hm^2 、施磷量 75.15 kg/hm^2 , 籽粒含油率出现最高值。

影响籽粒亚油酸含量的因子效应位次为:

$X_3 = 5.75 > X_2 = 4.96 > X_4 = 4.24 > X_1 = 1.79 > X_5 = 0.81$

施氮量对籽粒亚油酸含量的影响最大,施农肥量、施磷量次之,播量和抗旱剂最小,说明施肥量对胡麻籽粒的亚油酸含量高低具有显著作用。

边际分析表明,施肥量中只有施磷量出现极值: $X_4 = 1.03$, 施磷量 68.1 kg/hm^2 , 籽粒亚油酸出现最高值。进一步分析可以看出,施磷量对籽粒含油率、亚油酸含量高低均具有显著作用,故在生产上应重视增施磷肥以提高籽粒品质。

2.2.2 双因子互作对籽粒产量、产量性状及品质性状的效应 偏回归系数的显著性检验结果表明(表3),双因子对胡麻产量、产量性状及品质性状的互作效应有 6 组达显著水平:

1) 双因子互作对籽粒产量的影响。

$$Y_{a1.2} = 1197.7520 - 5.9745X_1 + 0.6000X_2 + 52.8570X_1X_2 - 16.2195X_1^2 - 11.0640X_2^2$$

由互作效应曲线图 1 可以看出,施农肥量在 0 水平以下,增加播量,籽粒产量呈降低趋势,施农肥量在 0 水平以上,提高播量,籽粒产量呈增加趋势,说明增施农肥后密植可稳定提高籽粒产量;同样,播

量在 0 水平以下,增加施农肥量,籽粒产量呈降低趋势,播量在 0 水平以上,提高施农肥量,籽粒产量呈增加趋势,说明密植后需增施农肥才可稳定提高籽粒产量。

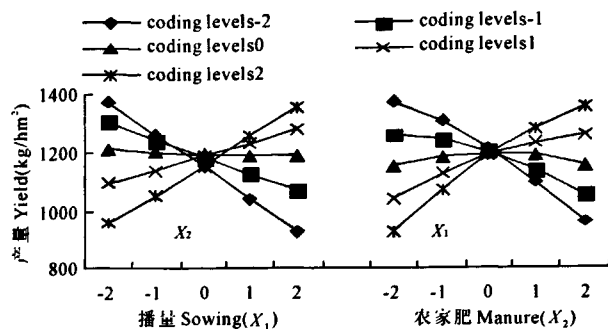


图 1 播量 × 农家肥的互作对胡麻籽粒产量的影响

Fig.1 Effects of Sowing and manure interaction on grain yield of flax

2) 双因子互作对籽粒含油率的影响。

$$Y_{b1.2} = 37.0233 + 1.6454X_1 + 0.1013X_2 + 0.7331X_1X_2 - 0.5704X_1^2 - 0.3571X_2^2$$

$$Y_{b1.3} = 37.0233 + 1.6454X_1 + 0.1271X_3 - 0.6394X_1X_3 - 0.5704X_1^2 - 0.0208X_3^2$$

$$Y_{b3.4} = 37.0233 + 0.1271X_3 + 1.0938X_4 + 0.9406X_3X_4 - 0.0208X_3^2 - 0.3971X_4^2$$

由互作效应曲线图 2 可以看出:在不同的农肥施用水平上,籽粒含油率随播量的提高呈增高趋势,播量在 0 水平以上时,籽粒含油率随施农肥量的增加呈升高趋势,播量在 0 水平以下时,籽粒含油率随施农肥量的增加呈下降趋势,分析表明适度密植,增施农肥有利于提高籽粒含油率。

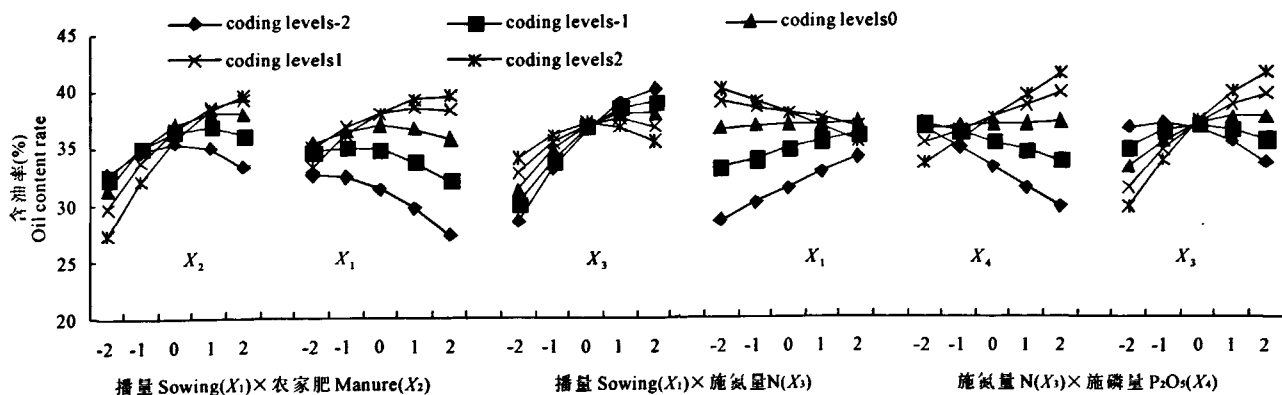


图 2 双因子互作对胡麻籽粒含油率的影响

Fig.2 Effects of two-factor interaction on flax seed oil content rate

施氮量在 0 水平以下时,籽粒含油率随播量的增加呈升高趋势,施氮量达 0 水平以上,籽粒含油

率则随播量的增大呈下降趋势;播量在 0 水平以下时,籽粒含油率随施氮量的增加呈升高趋势,播量

达 0 水平以上,籽粒含油率则随施氮量的增大呈下降趋势,分析表明适度密植时,适当控制施氮量有利于提高籽粒含油率。施氮量在 0 水平以上,籽粒含油率随施磷量的增加呈升高趋势,施磷肥在 0 水平以上,变化趋势亦相同。

上述分析表明,在适度播量范围内增施农肥的基础上,适当控制施氮量,增施磷肥,氮磷肥配合可显著提高胡麻籽粒含油率。

3) 双因子互作对单株结果数的影响。

$$Y_{d1.4} = 10.3041 - 2.2000X_1 + 0.1892X_4 + 1.3163X_1X_4 + 0.6559X_1^2 - 0.0728X_4^2$$

$$Y_{d1.5} = 10.3041 - 2.2000X_1 + 0.6450X_5 -$$

$$1.0100X_1X_5 + 0.6559X_1^2 - 0.1953X_5^2$$

由互作效应曲线图 3 可以看出,在不同施磷量水平时,单株结果数随播量的增加均呈降低趋势;但变异程度随施磷量的增加呈减缓趋势;播量在 0 水平以上时,单株结果数随施磷量的增加呈升高趋势,说明增施磷肥可在播量增加的同时,对支持较高的单株结果数具有显著的稳定作用。

播量在 0 水平以下时,单株结果数随抗旱剂喷施次数的增加而增加;播量在 0 水平以上时,喷施抗旱剂次数对单株结果数的影响呈明显减弱趋势,这是否与抗旱剂的喷施量有关尚需进一步探讨。

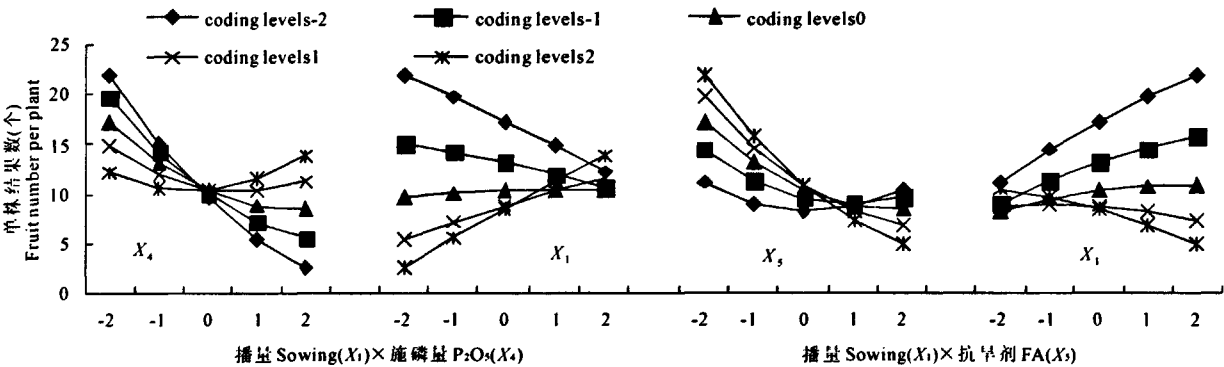


图 3 双因子互作对胡麻单株结果数的影响

Fig.3 Effects of two-factor interaction on flax fruit number per plant

2.3 综合选优

在 $-2 \leq X_i \leq 2$ 的区间内,取因子步长为 1,以产量高于 $1\,200\text{ kg/hm}^2$ 、含油率大于 37%、亚油酸含量大于 12%为约束条件,进行三目标函数频率分析,借助计算机寻优,确定出可靠度为 95%的优化农艺方案(占设计总数的 3.49%):播量 $46.05 \sim 52.35$

kg/hm^2 ,施农肥量 $21.50 \sim 24.66\text{ t/hm}^2$,施氮量 $84.45 \sim 91.95\text{ kg/hm}^2$,施磷量 $55.65 \sim 62.70\text{ kg/hm}^2$ 和喷施抗旱剂 2~3 次。

考虑到目前雨养农田胡麻栽培生产水平,另附一组适合不同生产水平的农艺方案供选用(表 4)。

表 4 干旱雨养农田胡麻农艺措施方案

Table 4 Agronomic scheme for flax in arid rain-fed area

产量 Yield (kg/hm^2)	播量 Sowing (kg/hm^2)	施农肥量 Organic fertilizer (t/hm^2)	纯氮 N (kg/hm^2)	磷 P_2O_5 (kg/hm^2)	抗旱剂 Drought-resistant agent (次 Application times)
$750 \leq Y < 900$	31.20 ~ 39.45	23.60 ~ 30.41	19.50 ~ 29.70	35.85 ~ 48.00	2 ~ 3
$900 \leq Y < 1050$	32.70 ~ 36.90	23.37 ~ 27.06	32.85 ~ 40.50	32.10 ~ 39.30	2
$1050 \leq Y < 1200$	39.30 ~ 42.75	24.09 ~ 26.97	55.20 ~ 60.45	36.00 ~ 42.30	2
$1200 \leq Y < 1350$	46.50 ~ 51.00	22.85 ~ 25.94	74.52 ~ 78.60	53.10 ~ 59.40	2 ~ 3
$Y > 1350$	34.80 ~ 39.90	9.02 ~ 12.32	90.75 ~ 95.55	68.70 ~ 75.45	2 ~ 3

3 结 论

通过研究播量、施农肥量、施氮量、施磷量和抗旱剂 5 个可控栽培因子对胡麻籽粒产量及品质性状

的影响,得出以下结论:

1) 在本试验条件下,试验因子对雨养农田胡麻产量性状及其构成因素中的每果着粒数、千粒重、经济系数以及品质性状中的亚麻酸含量受可控栽培因

子影响较小,而对籽粒产量、单株结果数以及籽粒含油率、亚油酸有显著的影响。

2) 试验结果表明,干旱雨养农田胡麻栽培,施氮量和喷施抗旱剂对籽粒产量以及构成因素中的单株结果数有显著的影响。播量对胡麻籽粒含油率影响最大,施磷量次之,施农肥量、抗旱剂和施氮量较小。施氮量对籽粒亚油酸含量的影响最大,施农肥量、施磷量次之,播量和抗旱剂最小。适度密植、增施磷肥可显著提高籽粒含油率,施肥量对籽粒亚油酸含量高低有显著影响。注重农肥的施用,经济合理地增施氮肥和喷施抗旱剂对籽粒产量增加作用显著;适度密植和增施磷肥可显著提高籽粒含油率和亚油酸含量。

3) 对建立的干旱雨养农田胡麻综合施肥措施数学模型的模拟分析,提出的胡麻产量高于 1 200 kg/hm²、籽粒含油率和亚油酸含量在 37% 和 12% 以上的优化农艺方案为:播量 46.05 ~ 52.35 kg/hm²,施农肥量 21.50 ~ 24.66 t/hm²,施氮量 84.45 ~ 91.95 kg/hm²,施磷量 55.65 ~ 62.70 kg/hm² 和喷施抗旱剂 2 ~ 3 次。

参考文献:

- [1] 帅瑞艳,刘飞虎.胡麻起源及其在中国的栽培与利用[J].中国麻业科学,2010,(5):282-286.
- [2] 张辉,贾霄云,张立华,等.我国胡麻产业现状及发展对策[J].内蒙古农业科技,2009,(4):6-8.
- [3] 秦爱红,安维太,岳国强.宁夏胡麻科研生产现状及产业化发展建议[J].甘肃农业科技,2002,(12):5-7.
- [4] 曹秀霞,张炜.宁夏胡麻生产现状及发展趋势[J].安徽农学通报,2009,15(23):87-88.
- [5] 汪磊,严兴初,谭美莲.我国胡麻施肥技术研究进展[J].湖北农业科学,2011,(1):217-219.
- [6] 秦爱红,王海燕,张艳玲,等.宁南山区纤用亚麻优化栽培数学模型研究[J].宁夏农林科技,2002,(3):29-30.
- [7] 党增春,李鼎新.宁南黄土丘陵区旱地胡麻丰产优化栽培模式研究[J].水土保持通报,1995,15(2):26-32.
- [8] 王颖,田振荣,李亚鑫,等.宁南山区优质胡麻生产优势及对策[J].内蒙古农业科技,2011,(1):94-95.
- [9] 赵崇耀,胡序分,秦友江,等.陕西关中西部山区旱地胡麻配套栽培技术研究[J].干旱地区农业研究,1993,(6):13-19.
- [10] 高小丽,刘淑英,王平,等.西北半干旱地区有机无机肥配施对胡麻养分吸收及产量构成的影响[J].西北农业学报,2010,19(2):106-110.
- [11] 郭小明,李淑华,张秀英,等.亚麻营养特点及需肥规律的研究[J].黑龙江农业科学,1991,(6):16-20.
- [12] 高翔,胡俊,王莹.种植密度对胡麻产量和含油量的影响[J].内蒙古农业科技,2003,(5):10-11.
- [13] 侯建英,罗世武.不同施肥水平与方法对胡麻的增产效应[J].内蒙古农业科技,2009,(4):33-34.
- [14] 索全义,都虎林,索凤兰,等.氮磷化肥对胡麻产量形成的影响[J].内蒙古农业科技,2001,(土肥专辑):18-19.
- [15] 潘廷慧,张振福,李殿一,等.亚麻干物质积累与氮磷钾吸收分配的研究[J].中国麻作,1996,18(1):34-36.
- [16] 于琳,李明,李冬梅,等.不同施肥水平对亚麻氮、磷、钾积累量及生长动态的影响[J].东北农业大学学报,2007,38(6):757-762.

Optimized planting scheme for Ningya No. 10 flax in rain-fed land of central Ningxia

GAO Guo-qiang, SHANG Zi-ye

(Yanchi Agricultural Technology Extension Center, Yanchi, Ningxia 751500, China)

Abstract: Five controllable factors are discussed about their effects on yields and yield and quality characters of Ningya No.10 flax in the arid rain-fed land in central Ningxia, including sowing rate, farm manure rate, applications of nitrogen, phosphorus and drought-resistant agents, with a five factors quadratic general rotary compose design. A optimized scheme with yields more than 1 200 kg/hm², oil percentage over 37% and linoleic acid content above 12% is selected by simulating: sowing rate of 46.05 kg/hm² ~ 50.85 kg/hm², farm manure application of 21.50 t/hm² ~ 24.96 t/hm², pure nitrogen and phosphorus(P₂O₅) applications of 84.45 kg/hm² ~ 91.95 kg/hm² and 55.65 kg/hm² ~ 62.70 kg/hm², and spraying drought-resistant agent two or three times.

Keywords: flax; mathematical model; agronomic programs; arid rain-fed