

北疆地区春播大豆高产优质 灌水模式的研究*

季 良

(新疆农业科学院粮食作物研究所 乌鲁木齐 830000)

张振泰

(新疆气象局乌兰乌苏农业气象试验站 石河子 832021)

摘 要

本试验以大豆品种黑农 33 为材料,以灌水次数和灌水量为决策变量,采用二次通用旋转组合设计进行研究。结果表明,灌水次数和灌水量对产量的综合影响显著,而对百粒重、硬实率和脂肪含量的综合影响虽显著,但却受年份的影响。灌水次数对产量的影响大于灌水量;偏旱年份灌水量对硬实率的影响大于灌水次数;偏润年份对百粒重的影响亦如此,但对脂肪含量的影响则反之。在北疆地区黑农 33 达到 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上产量指标的最佳灌水模式为:从开花期开始,到 8 月 20 日截止,每隔 11~13 天灌一水,每次灌水量 $1020\sim 1110\text{m}^3/\text{hm}^2$;偏旱年份每隔 13 天灌一水,每次灌水量 $1023\sim 1260\text{m}^3/\text{hm}^2$,以保持硬实率在 1% 以下;偏润年份每隔 13~16 天灌一水,每次灌水量 $825\sim 1026\text{m}^3/\text{hm}^2$,以保证百粒重达 21g 以上和脂肪含量达 21% 以上。

关键词 春播大豆;灌水;模式

引 言

新疆地处欧亚大陆中心,四面环山,具有典型的大陆型气候特点。同时,又属于干旱半干旱区,年降水量仅 250mm 左右,大豆生育期间降水量则低至 121.7mm,而蒸发量则高达 1529.6mm。因而,生育期灌溉对于大豆的生长发育及其取得高产就起到至关重要的作用。但在有限水源条件下,如何经济合理地进行灌溉则是新疆大豆生产发展的一个重要课题。本试验利用二次通用旋转组合设计来探索北疆地区春播大豆灌水次数和灌水量对大豆产

* 本文于 1995 年 3 月 29 日收到。

This paper was received on March 29, 1995.

量和品质的影响,提出灌水指标,为制定合理灌溉制度提供理论依据。

材料和方法

本试验于 1991~1992 年在新疆气象局乌兰乌苏农业气象试验站(北纬 44°17',东经 85°49',海拔 468.2m)进行。1991 年属偏旱年份,大豆生育期间降水和蒸发分别较历年同期平均值减少 16.43%和 11.99%;1992 年属偏润年份,降水较历年同期平均值增加 18.10%,蒸发减少 20.47%。基础肥力为 0~40cm 土壤有机质 2.42%,全氮 0.124%,速氮 89.5mg/kg,全磷 0.0847%,速磷 21.4mg/kg,pH8.04,碳酸钙 5.39%。选用中早熟品种黑农 33,播期为 5 月 14 日(1991)和 4 月 25 日(1992)。采用二次通用旋转组合设计,2 因素 5 水平(见表 1),小区面积 3.0×7.0m²,5 行区,60cm 行距,共计 13 个小区^[1],随机排列。在每小区四周用塑料薄膜埋深 70cm 防渗,定时定量灌溉。播前条施基肥,尿素 225kg/hm²、三料过磷酸钙 150kg/hm²(1991)以及磷酸二铵 225kg/hm²(1992),保苗密度 33 万株/hm²,生育期间人工除草。

表 1 二因素二次通用旋转组合设计因子水平编码

Table 1 Factor, level and code of two factor secondary common rotatable regression design

编 码 Code	X ₁ 灌水间隔(次数) Irrigation intervals (days)	X ₂ 灌水量 Irrigating quotas (m ³ /hm ²)
-1.414	8	476
-1	10	600
0	15	900
1	20	1200
1.414	22	1324
间距△spacing	5	300

注:开花期至 8 月 20 日

Notes:From flowering period to August 20

成熟时去掉保护行测产,测产面积 10.80m²。并从计产籽粒中随机取 500g 进行品质测定。项目为百粒重、褐斑率、爆裂率、硬实率、蛋白质和脂肪含量,其中硬实率用 13.5~14.0℃温水浸泡 24 小时计算。试验结果用微机统计分析。

结果和分析

1991 和 1992 年籽粒产量和品质性状测定结果列于表 2。

表 2 主因素结构矩阵及 1991 和 1992 年籽粒产量和品质性状的测定结果
Table 2 Main factor structure matrix as well as measuring results of
seed yield and quality characters in 1991 and 1992

处理组合 Treatment and combination	主因素结构矩阵 Main factor structure matrix		籽粒产量 Seed yield (kg/hm ²)		百粒重(g) Hundred seed weight		褐斑率(%) Brown mottled seed rate	
	X ₁	X ₂	1991	1992	1991	1992	1991	1992
T ₁	-1	-1	2848.65	3684.45	20.80	22.69	49.50	42.00
T ₂	-1	1	3345.75	3909.45	21.95	21.93	41.50	31.50
T ₃	1	-1	1986.45	2687.10	18.95	20.01	35.50	39.50
T ₄	1	1	2359.65	3667.80	20.65	22.07	28.00	32.00
T ₅	-1.414	0	3138.15	3917.85	20.88	22.24	44.00	39.50
T ₆	1.414	0	2557.50	2568.60	21.88	20.46	37.50	21.00
T ₇	0	-1.414	2174.40	3122.40	18.75	21.48	36.50	26.50
T ₈	0	1.414	3240.30	3836.25	21.38	21.30	34.50	57.50
T ₉	0	0	3091.65	3637.20	20.95	22.46	42.50	26.00
T ₁₀	0	0	2729.55	3552.00	19.70	21.39	39.00	27.50
T ₁₁	0	0	3192.90	4004.85	21.33	22.83	55.00	41.00
T ₁₂	0	0	3422.25	3975.15	20.45	21.78	42.00	37.50
T ₁₃	0	0	3061.20	3267.75	21.30	23.04	39.50	39.50

处理组合 Treatment and combination	爆裂率(%) Burstsed seed rate		硬实率(%) Hard seed rate		蛋白质(%) Protein content		脂 肪(%) Fat content	
	1991	1992	1991	1992	1991	1992	1991	1992
T ₁	25.50	15.00	1.25	1.15	39.20	36.54	22.24	21.38
T ₂	17.50	14.00	1.25	0	39.09	35.94	22.34	21.50
T ₃	23.50	16.00	4.25	3.50	39.11	33.68	22.01	22.24
T ₄	27.50	13.50	1.25	0.50	38.75	34.41	22.08	22.20
T ₅	13.50	21.00	1.50	0	38.76	35.61	21.66	20.97
T ₆	30.00	14.00	1.00	4.55	38.50	35.06	21.82	21.95
T ₇	29.00	18.00	4.25	1.50	38.92	34.57	21.93	22.43
T ₈	16.50	13.50	0.75	0	38.02	35.97	22.32	21.50
T ₉	28.00	16.00	0	0	39.87	36.89	22.40	21.52
T ₁₀	14.50	12.00	1.50	0	37.89	34.17	21.80	21.98
T ₁₁	33.00	19.00	1.50	0	39.14	33.19	21.32	21.78
T ₁₂	32.00	19.50	1.00	0	37.46	36.32	22.90	22.04
T ₁₃	24.50	15.50	2.00	0	37.56	35.96	22.56	21.94

(一)产量数学模型及分析

$y_a=3100.1820-333.7179x_1+297.2303x_2-30.9750x_1x_2-162.0135x_1^2-232.2300x_2^2$ (1)

$y_b=3688.2030-393.4143x_1+276.9273x_2+188.9250x_1x_2-191.2425x_1^2-73.2285x_2^2$ (2)

对回归方程的实际意义进行 F 测验,结果为 $F_{a_2}=6.229^*$, $F_{b_2}=6.734^*$,说明产量回归方程与实际拟合较好。故对回归系数进行测验, $t_{a_1}=3.635^*$, $t_{b_1}=4.290^*$, $t_{a_2}=3.238^*$, $t_{b_2}=3.020^*$,说明灌水次数和灌水量对产量有极显著和显著影响,其交互项和平方项对产量的影响均不显著。

1. 主效应分析

由于回归系数经无量纲线性编码处理,已达标准化,方程中交互项和平方项的回归系数均不显著,故可用一次项回归系数的绝对值大小来判断试验因子对产量性状的影响顺序^[2],即 x_1 (灌水次数) $>x_2$ (灌水量)。说明在北疆地区要获大豆高产应进行多次灌水。

表 3 春播大豆黑农 33 产量达 3000kg/hm² 以上的频数分析和综合农艺措施

Table 3 Frequency analysis of and comprehensive agronomic measures for yield over 3000kg/hm² of spring soybean Heinong 33

编 码 Code	1991				1992			
	x ₁ 灌水次数		x ₂ 灌水量		x ₁ 灌水次数		x ₂ 灌水量	
	Irrigation intervals		Irrigating quotas		Irrigation intervals		Irrigating quotas	
	(days)		(m ³ /hm ²)		(days)		(m ³ /hm ²)	
	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency
-1.414	3	0.33	0	0	5	0.25	3	0.15
-1	3	0.33	0	0	5	0.25	3	0.15
0	3	0.33	3	0.33	5	0.25	4	0.20
1	0	0	3	0.33	3	0.15	5	0.25
1.414	0	0	3	0.33	2	0.10	5	0.25
合计 Total	9	1	9	1	20	1	20	1
平均数 \bar{X}_j Average number	-0.80		0.80		-0.31		0.24	
标准误 Sx_j Standard error	0.20		0.20		0.22		0.24	
95%置信区间 Confidence region of 95%	-1.20~0.40		0.40~1.20		-0.75~0.13		-0.24~0.72	
农艺措施 Agronomic measures	9~13		1020~1260		11~16		825~1110	

2. 单因子效应

采用降维法将回归方程(1)、(2)中一因素固定于零水平,看另一因素和产量的关系,得出子模型。将编码值分别代入子模型,得单因子效应。再对子模型求导得出各因子极值。1991年 $x_1=-1.030$, $x_2=0.640$; 1992年 $x_1=-1.029$, $x_2=1.891$ 。通过计算看出,在1991年干旱年份每10天灌一次水,灌水量为1092m³/hm²,而在1992年湿润年份也每隔10天灌

一次水,但灌水量明显增加,可能在 $1500\text{m}^3/\text{hm}^2$ 以上增产效果更好。

3. 频数分析

通过步长分析看出,在北疆地区黑农 33 产量达 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日终止,每隔 11~13 天灌一水,每次灌水量 $1020\sim 1110\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

(二)品质性状数学模型及分析

对百粒重、褐斑率、爆裂率、硬实率、蛋白质和脂肪等性状进行了统计,其中百粒重、硬实率和脂肪性状显著,回归方程分别为:

$$Y_d(\text{百粒重}, 1992) = 22.3052 - 0.6322x_1 + 0.1307x_2 + 0.7050x_1x_2 - 0.4029x_1^2 - 0.3829x_2^2 \quad (3)$$

$$Y_i(\text{硬实率}, 1991) = 1.2005 + 0.2867x_1 - 0.9938x_2 - 0.7500x_1x_2 + 0.0560x_1^2 + 0.6808x_2^2 \quad (4)$$

$$Y_j(\text{硬实率}, 1992) = 0.0004 + 1.1606x_1 - 0.7840x_2 - 0.4625x_1x_2 + 1.0808x_1^2 + 0.3186x_2^2 \quad (5)$$

$$Y_n(\text{脂肪}, 1992) = 21.8572 + 0.3683x_1 - 0.1544x_2 - 0.0400x_1x_2 - 0.1708x_1^2 + 0.0816x_2^2 \quad (6)$$

对上述方程进行 F 测验, $F_{11} = 1.701 \times 10^{35}^{**}$, 说明除试验因子外,还有其他未控因子产生了极显著影响,有待于进一步研究。故将 1992 年硬实率数据剔除, $F_{d_2} = 4.212^*$, $F_{i_2} = 4.340^*$, $F_{n_2} = 4.891^*$, 说明百粒重、硬实率和脂肪回归方程与实际拟合较好,但年际间变化较大。进一步对回归系数进行测验, $t_{d_1} = 3.053^*$, $t_{d_2} = 2.407^*$, $t_{i_2} = 3.494^*$, $t_{n_1} = 4.123^{**}$, 说明灌水次数及灌水次数和灌水量的交互项对百粒重有显著影响,灌水量对硬实率有显著影响,灌水次数对脂肪有极显著影响。

1. 主效应分析

由于百粒重回归方程中交互项的回归系数显著,不能再用一次项回归系数的绝对值大小来判断试验因子对目标性状的影响顺序,而采用回归平方和的分解来判断试验因子对目标性状的影响顺序^[2]。即 $SS_{\text{回归}} = SS_{x_1} + SS_{x_2} + SS_{x_1x_2}$, 其中 SS_{x_1} 和 SS_{x_2} 与 x_1 和 x_2 有关, $SS_{x_1x_2}$ 与 x_1 和 x_2 均无关。若 SS_{x_1} 或 SS_{x_2} 越大,则 $SS_{\text{回归}}$ 就越大。本试验中 $SS_{x_1(d)} = -65.1481 < SS_{x_2(d)} = -64.8277$, 即百粒重 $x_1 < x_2$ 。而硬实率和脂肪回归方程仍可用一次项回归系数绝对值大小判断试验因子对性状的影响顺序,即硬实率 $x_1 < x_2$, 脂肪 $x_1 > x_2$ 。从而说明,无论干旱或湿润年份灌水量对百粒重和硬实率的影响都大于灌水次数,而湿润年份对脂肪的影响则小于灌水次数。

2. 单因子效应

将品质性状回归方程中不显著的因素固定于零水平,看显著因子和性状的关系,得其子模型。将编码值分别代入子模型,得单因子效应。再对模型求导得出各因子极值。 $X_{1l}(\text{百粒重}, 1992) = -0.785$, $X_{2l}(\text{硬实率}, 1991) = 0.730$, $X_{1l}(\text{脂肪}, 1992) = 1.078$ 。通过计算看出,在 1992 年湿润年份每隔 11 天灌一次水对百粒重有明显影响,每隔 20 天灌一次水可提高脂肪含量;在 1991 年干旱年份灌水量 $1119\text{m}^3/\text{hm}^2$ 有利于减少硬实率。

3. 频数分析

大豆品质性状年际间变化不同,在相同年度内品质性状综合农艺措施的重叠部分即为我们所要寻找的优质灌水次数和灌水量指标。因而,在北疆地区黑农 33 偏旱年份硬实率保持 1% 以下的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日终止,每隔 13~21 天灌一水,每次灌水量 $1023\sim 1275\text{m}^3/\text{hm}^2$; 偏润年份百粒重达 21g 以上、脂肪含量达 21% 以上的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日终止,每隔 13~16 天灌一水,每次灌水量

783~1026m³/hm²。

表 4 春播大豆黑农 33 百粒重达 21g 以上、硬实率 1% 以下和脂肪含量达 21% 以上的频数分析和综合农艺措施

Table 4 Frequency analysis of and comprehensive agronomic measures for 100 seed weight over 21g, hard seed rate under 1% and fat content over 21% of spring soybean Heinong 33

编码 Code	百粒重(1992)≥21g 100 seed weight				硬实率(1991)≤1% Hard seed rate			
	x ₁ 灌水次数 Irrigation intervals (days)		x ₂ 灌水量 Irrigating quotas (m ³ /hm ²)		x ₁ 灌水次数 Irrigation intervals (days)		x ₂ 灌水量 Irrigating quotas (m ³ /hm ²)	
	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency
	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency
-1.414	4	0.22	3	0.17	1	0.14	0	0
-1	4	0.22	3	0.17	1	0.14	0	0
0	5	0.28	4	0.22	1	0.14	2	0.29
1	3	0.17	5	0.28	2	0.29	3	0.43
1.414	2	0.11	3	0.17	2	0.29	2	0.29
合计 Total	18	1	18	1	7	1	7	1
平均数 \bar{X}_j Average number	-0.21		0.11		0.35		0.83	
标准误 Sx_j Standard error	0.24		0.25		0.41		0.21	
95%置信区间 Confidence region of 95%	-0.69~0.27		-0.39~0.61		-0.47~1.17		0.41~1.25	
农艺措施 Agronomic measures	12~16		783~1083		13~21		1023~1275	

脂肪(1992)≥21% Fat content				
编 码 Code	x ₁ 灌水次数 Irrigation intervals (days)		x ₂ 灌水量 Irrigating quotas (m ³ /hm ²)	
	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency
	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency
	次数 Number of times	频率 Frequency	次数 Number of times	频率 Frequency
-1.414	3	0.13	5	0.22
-1	5	0.22	5	0.22
0	5	0.22	4	0.17
1	5	0.22	4	0.17
1.414	5	0.22	5	0.22
合计 Total	23	1	23	1
平均数 \bar{X}_j Average number	0.12		-0.04	
标准误 Sx_j Standard error	0.22		0.23	
95%置信区间 Confidence region of 95%	-0.32~0.56		-0.50~0.42	
农艺措施 Agronomic measures	13~18		750~1026	

从对产量性状和品质性状数学模型分析看出,产量性状年际间变化不显著,可得出一个高产灌水模式;品质性状年际间变化显著,依据不同年份可形成不同优质灌水模式。而产量和品质性状灌水模式的重叠部分即为寻找的高产优质灌水模式。在北疆地区春播大豆黑农 33 偏早年份产量达 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上、硬实率保持 1% 以下的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日终止,每隔 13 天灌一水,每次灌水量 $1023\sim 1260\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。偏润年份产量达 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上、百粒重达 21g 以上、脂肪含量达 21% 以上的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日终止,每隔 13~16 天灌一水,每次灌水量 $825\sim 1026\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

结 论

(一)灌水次数和灌水量对春播大豆产量的综合影响显著,且不受年份的影响。其中,灌水次数对产量的影响大于灌水量。

(二)灌水次数和灌水量对春播大豆百粒重、硬实率和脂肪含量的综合影响显著,但受年份的影响。偏早年份,灌水次数和灌水量对春播大豆硬实率的综合影响显著。其中,灌水量对硬实率的影响大于灌水次数。偏润年份,灌水次数和灌水量对春播大豆百粒重和脂肪含量的综合影响显著。其中,对百粒重的影响后者大于前者,对脂肪含量的影响前者大于后者。

(三)在北疆地区春播大豆黑农 33 达到 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上产量指标的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日截止,每隔 11~13 天灌一水,每次灌水量 $1020\sim 1110\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。偏早年份产量达 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上、硬实率保持 1% 以下的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日截止,每隔 13 天灌一水,每次灌水量 $1023\sim 1260\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。偏润年份产量达 $3000\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上、百粒重达 21g 以上、脂肪含量达 21% 以上的最佳灌水模式为从开花期开始,到 8 月 20 日截止,每隔 13~16 天灌一水,每次灌水量 $825\sim 1026\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

参 考 文 献

- [1] 丁希泉,1986,农业应用回归设计,长春,吉林科学技术出版社,P123~176
- [2] 庄恒扬、成敬生,1990,作物规范化栽培试验分析几个问题商榷,农业系统科学与综合研究,6(4):42~46

STUDIES ON IRRIGATION MODEL OF SPRING SOYBEAN FOR HIGH YIELD AND GOOD QUALITY IN NORTH XINJIANG

Ji Liang

(Food Crops Research Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Science, Wulumuqi, 830000)

Zhang Zhentai

*(Agrometeorological Experiment Station, Wulanwusu, Meteorological Department
of Xinjiang, Shihezi, 832021)*

Abstract

Irrigation intervals and irrigating quotas of spring soybean Heinong 33 in growing period were studied in this experiment by using secondary common rotatable regression design. The results showed that comprehensive effect of irrigation intervals and irrigating quotas on yield was significant, and on 100 seed weight, hard seed rate and fat content were significant too, but effect of year was existent. Effect of irrigation intervals on yield was higher than that of irrigating quotas. Effect of irrigating quotas on hard seed rate was higher than that of irrigation intervals in year of drought, and there was the same effect on 100 seed weight in moist year, but there was the contrary effect on fat content in moist year. The best irrigation model of spring soybean Heinong 33 for yield over 3000kg/hm² in North Xinjiang was irrigating water 1020~1110m³/hm² once every 11~13 days from flowering period to August 20; for hard seed rate under 1% irrigating water 1023~1260m³/hm² once every 13 days in year of drought was necessary; for 100 seed weight over 21g and fat content over 21% irrigating water 825~1026m³/hm² once every 13~16 days in moist year was necessary.

Key words Spring soybean; Irrigation; Model