

旱地分带套作的小麦带距与玉米密度对地膜玉米产量的影响

张荣达 左文涵 黄 勇

(贵州省毕节地区农业技术推广站, 毕节 551700)

摘要 本文采用二元二次正交回归旋转组合设计试验方法, 研究了小麦带距、玉米密度对地膜玉米产量的影响, 建立了二因素与玉米产量关系的数学模型, 模拟优化提出了适合黔西北山区应用的地膜玉米高产的小麦带距和玉米密度方案。

关键词 地膜玉米 种植密度 小麦带距 数学模型

小麦、玉米套作是黔西北山区的主要种植制度之一。传统的单套单两种作物在共生期内对光、热、水、肥的竞争激烈, 不利于各种作物增产和全年丰收, 如何提高它们的产量水平, 是耕作制度改革一直在探索的主要课题。80年代, 谌志铭、吴善堂等对分带间套(轮)作进行了很多研究, 提出了一些有应用价值的科学结论^{(1)~(3)}。诸如: 玉米、洋芋(小麦)的双行套作有利于提高以玉米为主的全年产量, 应取代习惯的单行套作; 密度对产量的影响大于种植方式的影响; 适宜的杂交玉米密度是每亩 3000 株左右, 穴距至少不低于 40cm; 复合带距以中带幅 2m 为最佳等等。正是这些结论, 使我区的地膜玉米一开始在决策其基本技术措施上, 就进行得比较顺利, 几年来运用的效果也是好的。但是, 在地膜栽培

条件下套作玉米, 与上述不同背景中产生的结论是否完全一致, 是否可以改进? 有必要加以验证或探讨。为此, 1991~1992 年我们开展了小麦带距与玉米密度对地膜玉米产量的影响试验(下文, 一般只简称玉米、带距、密度)。

1 试验方法与实施

1.1 方 法

采用二元二次正交回归旋转组合设计, 其因素与水平详见表 1。根据设计本身要求, 田间实施共 16 个处理组合(小区), 不设重复, 设二个不完全随机区组。各处理统一为 5 个复合带(即小麦、玉米各 10 行), 小区行长 7m, 小区面积则随不同处理的不同带距而定, 不强求一致, 总的范围为 56.3~81.3m²。

表 1

小麦带距与玉米密度水平设计

(m 株/亩)

因 素	水 平					
	间 距	-1.414	-1	0	1	1.414
小麦带距(X ₁)	0.24	1.50	1.60	1.83	2.07	2.17
玉米密度(X ₂)	1273	1200	1727	3000	4273	4800

1.2 实 施

两年试验均在黔西县协和乡水井坎村同一农户同一地块进行。试验地为大黄泥, 肥力中上等, 1991 年玉米播种前取土样送贵州省

理化测试中心分析, 结果: 有机质为 2.72%、全氮 0.18%、全磷 0.13%、有效氮 120mg/kg、有效磷 2.06mg/kg、有效钾 257mg/kg。

收稿日期 1994-10-12

统一执行以下主要栽培技术:小麦品种为贵农 10 号,玉米组合为毕单 3 号,微膜为 0.01×800(mm)的聚乙烯膜;小麦播种量各处理均为每亩 5kg;玉米施肥,每亩草粪加绿肥 1250kg、尿素 25kg、普钙 50kg。其中尿素 40%作穗肥外,其余皆作底肥。小麦、玉米的其它管理措施与大田基本一致。

2 试验结果分析

本试验结果理应包括小麦、玉米两大部分。但是鉴于分带的小麦在我区现有良种和生态等条件下,亩增产量变小,加之,本试验结果,高产的玉米处理所得的小麦产量也略有增产^[6]。故本文仅从玉米方面进行论述。

2.1 产量结果及其回归模型的建立

试验取得的玉米产量数据如表 2,对表 2 数据作回归分析,得带距(X_1)和密度(X_2)对玉米产量影响的回归模型为:

$$y_{1991} = 491.5 - 11.1x_1 + 26.2x_2 + 8.3x_1x_2 - 46.8x_1^2 \pm 6_{1991} \quad (1)$$

$$y_{1992} = 541.8 - 5.8x_1 + 34.2x_2 + 6.4x_1x_2 - 11.4x_1^2 - 52x_2^2 \pm 6_{1992} \quad (2)$$

$$y_{\overline{7.4}} = 516.7 - 8.5x_1 + 30.2x_2 + 7.4x_1x_2 - 7.3x_1^2 - 49.5x_2^2 \pm 6_{\overline{7.4}} \quad (3)$$

本文所有各式中:

$y_1, \dots$ 玉米亩产量(kg)

$x_{11}, \dots$ 常距的编码值

$x_{21}, \dots$ 密度的编码值

$6_1, \dots$ 两因素对玉米亩产量影响的标准差

表 2 小麦带距与玉米密度试验的地膜玉米产量结果 (kg)

处理号	编 码 值		亩 产 量			处理号	编 码 值		亩 产 量		
	x_1	X_2	1991 年	1992 年	平均		x_1	X_2	1991 年	1992 年	平均
(1)	1	1	441.4	493.6	467.5	(9)	0	0	515.4	568.7	542.1
(2)	1	-1	385.6	422.0	403.8	(10)	0	0	455.7	498.7	477.2
(3)	-1	1	468.6	490.4	479.5	(11)	0	0	415.1	555.0	485.1
(4)	-1	-1	446.1	444.3	445.2	(12)	0	0	485.6	503.9	494.8
(5)	1.414	0	490.3	525.2	507.8	(13)	0	0	498.4	509.0	503.7
(6)	-1.414	0	491.3	544.7	518.0	(14)	0	0	537.5	597.6	567.6
(7)	0	1.414	450.3	508.7	479.5	(15)	0	0	493.6	504.9	499.3
(8)	0	-1.414	357.3	398.5	377.9	(16)	0	0	530.5	596.7	563.6

对(1)~(3)作回归的显著性检验,1991 年 $F_{2(4,11)}=5.11$,1992 年 $F_{2(5,10)}=4.34$,两年平均 $F_{2(5,10)}=3.76$,均达到 5%的显著平准;作拟合性检验, F_1 均不显著。由此看出回归模型的拟合性好,可靠性及精确度符合要求,可以应用以上各回归模型作进一步研讨。

2.2 模型的解析

从(1)~(3)式中可知,带距(x_1)、密度(x_2)对玉米产量的影响,两年试验的趋势基本一致,即:

2.2.1 依模型各项偏回归系数确定因素的重要程度,均是密度>带距。

2.2.2 作降维分析,两因素分别影响玉米产量的回归模型如表 3。其中“带距—玉米产量”各式呈直线或者不明显的抛物线;“密度——玉米产量”各式均呈开口向下的抛物线。

由此进一步证实:控制密度比控制带距对提高玉米产量,更显得重要。

2.2.3 (1)~(3)式中交互项(x_1x_2)均为正,一般表明带距、密度对玉米产量的影响具有相互促进的作用。但因其系数较小,和它们各自为负的平方项系数较大,相互抵消结果,有的处理其作用刚好相反。

2.3 玉米高产的带距、密度方案的优化。

利用(3)式,在 $-01.414 \leq x_1 \leq 1.414$ 的范围内,取步长为 0.5,可分别于计算机上模拟试验 100 次。然后对此 100 次的模拟结果再作 Fuzzy 聚类、优化,得玉米不同亩产水平的带距与密度方案,详见表 4。

表 4 中:亩产水平 $470 \leq y < 500$ kg、平均亩产 489.3kg 的带距为 1.88m,95%置信区间 1.78~1.97m,密度每亩 3477 株,置信区

表3 小麦带距与玉米密度分别影响地膜玉米产量的回归模型 (kg)

年 份	带 距——玉 米 产 量	密 度——玉 米 产 量
1991 年	$y=491.5-11.1x_1$	$y=491.5+26.2x_2-46.8x_2^2$
1992 年	$y=541.8-5.8x_1-11.4x_1^2$	$y=541.8+34.2x_2-52x_2^2$
两年平均	$y=516.7-8.5x_1-7.3x_1^2$	$y=516.7+30.2x_2-49.5x_2^2$

表4 地膜玉米不同亩产水平的小麦带距与玉米密度 (kg m 株/亩)

亩 产 水 平		小 麦 带 距 (x_1)		玉 米 密 度 (x_2)	
范 围	平 均 亩 产	平 均 带 距 (编 码 值)	95% 置 信 区 间 (编 码 值)	平 均 密 度 (编 码 值)	95% 置 信 区 间 (编 码 值)
$y<400$	372.7	1.88 (0.210)	1.73~2.03 (-0.421~0.840)	1266 (-1.362)	1200~1365 (-1.414~1.284)
$400\leq y<450$	432.0	1.83 (-0.022)	1.69~1.97 (-0.621~0.576)	2371 (-0.494)	1604~3137 (-1.096~0.108)
$450\leq y<470$	461.6	1.84 (0.020)	1.73~1.94 (-0.425~0.465)	3275 (0.216)	2532~4018 (-0.368~0.800)
$470\leq y<500$	489.3	1.88 (0.181)	1.78~1.97 (-0.225~0.587)	3477 (0.375)	3115~3839 (0.090~0.659)
$y\geq 500$	513.0	1.78 (-0.226)	1.72~1.84 (-0.499~0.048)	3400 (0.314)	3244~3555 (0.192~0.436)

间 3115~3839 株;亩产水平 $\geq 500\text{kg}$ 、平均亩产 513.0kg 的带距为 1.78m,95%置信区间 1.72~1.84m,密度每亩 3400 株,95%置信区间 3244~3555 株。符合我区地膜玉米的一些高产验收实例,是生产中可以应用的优化方案。

3 试验不同处理的玉米长势及经济性状表现

前述表明,密度对产量的影响大于带距的影响。原因之一,主要是不同密度构成的玉

米群体及其产量因素,具有极大的差异。利用表 5 数据作分析,可以获得如下诸方面的信息。

3.1 最大叶面积(LAImax)

1991~1992 年带距与密度对玉米最大叶面积系数的影响的回归模型为:

$$LAImax_{1991} = 2.72 + 0.94x_2 + 0.21x_1x_2$$
$$R = 0.939^{**}$$

$$LAImax_{1992} = 2.90 + 0.75x_2 + 0.07x_1x_2$$
$$R = 0.916^{**}$$

表5 不同处理地膜玉米长势及产量构成因素 (10⁴m²·d/亩 g/m²·d 穗粒g)

处 理	1 9 9 1 年			1 9 9 2 年			两 年 平 均			
	最大叶面积系数	光合势	净光合率	最大叶面积系数	光合势	净光合率	亩穗数	穗粒数	千粒重	穗粒重
(1)	3.79	7.89	6.11	3.24	6.42	5.51	4273	375	296.60	111.40
(2)	1.33	3.27	4.68	1.83	3.70	6.75	2021	525	381.90	200.60
(3)	3.65	6.37	6.97	3.37	6.63	7.87	4111	453	304.40	138.00
(4)	2.04	3.70	4.50	2.24	4.74	2.51	2389	503	352.10	177.00
(5)	2.69	6.09	4.70	2.83	5.16	5.05	3040	466	316.00	147.20
(6)	2.24	4.19	6.73	2.38	5.11	6.40	3130	411	353.20	145.00
(7)	3.52	8.33	5.07	3.74	6.56	4.81	4557	331	286.10	94.70
(8)	1.07	2.33	5.22	1.30	2.45	4.59	1503	640	383.00	245.10
(9)	2.83	5.23	4.98	2.74	5.88	4.54	3087	492	372.70	183.20
(10)	3.14	5.80	4.27	3.17	6.15	3.56	2961	473	351.40	166.30
(11)	2.37	5.69	5.79	3.15	5.81	4.89	2909	445	335.40	149.40
(12)	2.68	5.10	7.35	2.80	4.89	6.50	2957	432	365.60	157.80
(13)	2.77	5.10	4.78	2.91	6.23	2.89	2909	458	331.80	151.90
(14)	2.74	5.56	6.56	2.86	5.31	5.80	2909	487	353.80	172.20
(15)	2.76	5.59	2.84	2.89	4.96	5.99	3054	533	344.60	183.70
(16)	2.44	5.69	8.78	2.56	5.71	5.75	2909	454	346.20	157.20

即是玉米最大叶面积系数随密度增加而上升,扩大带距也有利于提高玉米的叶面积。但是,从产量分析和生产实践知道,最大叶面

积系数作为玉米长势的一个重要指标,它与产量呈线性的关系只在一定范围内有意义。过之,则是最大叶面积系数越大,产量反而下

降。根据前述(3)式回归模型的解析、模拟,将产量 $\geq 500\text{kg}$ 的 X_1 平均值分别代入上两式,则有亩产达到或者超过 500kg 时,最大叶面积系数为 $3.00\sim 3.13$;超过此范围,其亩产量多在 500kg 以下。这与高秆大穗型玉米高产的最大叶面积指数为3左右的结论极其相似。

3.2 光合势(LAD)和净光合率(NAR)

最大叶面积是植株长势的一个重要指标,但它仅是一个动态指标,还必须考察其最大叶面积维持时间的长短和它进行光合作用后光合产物积累的多少。因此,我们于玉米生长的10叶期和抽雄期在观察叶面积的同时,取样测定了植株的干物重,并分别计算出光合势和净光合率(前表5)。

两因素对光合势、净光合率影响的回归方程为:

$$\text{LAD}_{1991} = 5.47 + 0.47x_1 + 1.97x_2 + 0.49x_1x_2 \quad R=0.982^{**}$$

$$\text{LAD}_{1992} = 5.62 + 1.30x_2 + 0.21x_1x_2 \quad R=0.868^{**}$$

$$\text{NAR}_{1992} = 4.99 + 5.54 \times 10^{-1} x_2 - 1.65x_1x_2 - 3.31 \times 10^{-2} x_2^2 \quad R=0.6784^{**}$$

各式单位: $\text{LAD} \cdots \cdots 10^4 \text{m} \cdot \text{d}/\text{亩}$

$\text{NAR} \cdots \cdots \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

直接观察以上各式,在玉米拔节期至抽雄期,密度对光合势和净光合率的影响,仍然起主导作用;进一步计算各式、列矩阵(略),光合势是随密度和带距增加而上升,净光合率则有不同变化;在窄带距时,是随密度的增加而增加,最大值可达到 $9.01\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,相应的亩积累干物重也最多;在宽带距时,是随密度的增加反而减少,最小值只有 $2.41\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,相应的亩积累干物重也很少;在低密度时,是随带距的增加而增加,最大值可达到 $7.44\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$,但相应的亩积累干物重却偏少;在高密度时,是随带距的增加反而减少,最少值仍是 $2.41\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。由此从净光合率和亩积累干物重看,玉米的高产似乎应该出

现在窄带距、高密度时。然而,这与常规理论不符,也与本试验的实际结果不相一致。出现这种现象,一是因为我们对叶面积、干物重的观察测定不完全,缺抽雄后的数据。但实际中,不难推测,随生育进程的向后推移,窄带距、高密度的群体内部矛盾突出,一系列农田生态因子严重恶化,必然会导致净光合率和亩干物重有较大的幅度减少。二是在此窄带距、高密度下,积累的干物质转化为籽粒产量的经济系数可能不高。正如本试验的实际结果:玉米亩产 $\geq 500\text{kg}$ 时,其拔节至抽雄期的亩光合势只为 $5.95\sim 6.01(10^4 \text{m}^2 \cdot \text{d}/\text{亩})$,净光合率只为 $5.28\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。带距和密度都处于“零”水平附近。因此,其它凡属最大、最小值的带距、密度相配组合,均是不利于玉米光合产物的积累或转化的。

3.3 产量构成因素

利用前表5数据作回归分析,其系数矩阵列于表6,从表6看:

3.3.1 亩穗数随密度增加而显著增加,扩大带距有利于降低空秆率;

3.3.2 穗粒数、千粒重、穗粒重均随密度的升高而极显著下降;在相同密度下,随带距的扩大呈抛物线,且极大值均在“零”水平附近。这一结果说明,窄行窄穴(株)均不利玉米个体发育;

3.3.3 带距、密度与穗粒数、千粒重、穗粒重的各自关系中,两因素交互作用皆为负,说明带距与密度对玉米的穗部性状都具有相互抑制作用。因此,在小麦分带套作玉米时,只有带距适中,玉米密度合理,使群体与个体间矛盾协调,对高产才有利。

结合产量的模拟分析,玉米亩产 500kg 时,亩穗数为3140穗,穗粒数458粒;千粒重 344g ,穗粒重 158g 。所计算的理论产量为 495.9kg 。

4 结论与讨论

带距与密度两因素对玉米产量的影响表现是密度 $>$ 带距。因此,在带距适中的条件

表6 地膜玉米产量构成因素模型的回归系数矩阵 (穗粒g)

产 量 因 素	回 归 系 数						F	R	显 著 性
	b_0	b_1	b_2	$b_{1,2}$	$b_{1,1}$	$b_{2,2}$	值	值	
亩穗数	2962	—	1036.7	132.5	96.9	69.4	230.7	0.994	0.01
穗粒重	472	2.8	-79.6	-25.2	-16.2	—	9.0	0.875	0.01
千粒重 350	—	-33.8	-9.4	-8.0	—	14.8	0.887	0.01	
穗粒重	165	—	-42.6	-12.6	-9.9	—	29.0	0.938	0.01

下,应严格控制种植密度,其合理的范围是每亩 3240~3560 株,平均为 3400 株。这样,有 95% 的把握可以保证每亩达到 500kg 以上,平均 513kg。

所谓适中的带距,其范围是 1.72~1.84m,平均为 1.78m。但我们提倡扩行缩穴,宜宽不宜窄。其一,可以减少地膜投入;其二,又便于田间操作、管理。

带距、密度对玉米产量的影响,主要是通过影响玉米的群体结构、光合面积、光合时间及其产量构成因素而体现。根据综合分析,采用以上带距、密度可以获得这些方面的协调发展,使玉米抽雄期的叶面积系数为 3 左右,每亩能有 3200 多个玉米果穗,每穗粒数 450~460 粒,千粒重 340~350g,穗粒重 155~165g。最终,地膜玉米亩产定可达到或者超过 500kg。

本试验肯定的分带套作地膜玉米高产的带距和玉米密度,与前人对露地玉米同样内容的研究结论基本一致。

参 考 文 献

- [1] 谯志铭等,马铃薯玉米套作研究,《贵州农业科技》,1981 (4)
- [2] 吴善堂等,贵州省旱地分带轮作多熟制研究与推广,《中国高功能高效益耕作制度研究进展》,贵州科技出版社,1990,12
- [3] 邹超亚、李明刚,旱地多熟制种植方式的灰色决策初探,《中国高功能高效益耕作制度研究进展》,贵州科技出版社,1990,12
- [4] 浙江农业大学主编,《耕作学》,(南方本),上海科学技术出版社,1984,11
- [5] 刘翼浩等,《中国的多熟种植》,北京农业大学出版社,1987
- [6] 左文涵、张荣达等,黔西北山区旱地农业耕作技术研究与推广,《贵州农业科学》,1993,(5)