

[文章编号] 1000-2782(2000)04-0080-05

# 高粱理想株型研究

## II 不同株型结构冠层光分布与产量

孙守钧<sup>1,2</sup>, 张云华<sup>1</sup>, 曹秀云<sup>1</sup>, 裴中有<sup>1</sup>, 吕文彦<sup>1</sup>, 马鸿图<sup>1</sup>

(1沈阳农业大学 农学系, 辽宁 沈阳 110161; 2天津农学院 农学系, 天津 300384)

[摘要] 研究表明,同一种基因型不同株型结构的产量差异主要是因为冠层内光分布不同所致,冠层内光分布不同其叶片的功能期也有差异。上层透光率与产量呈正相关关系,而下层的透光率与产量呈负相关关系。故保证上层有较高的透光率,而底层不应有漏光损失则可以获得较高产量,这可通过增大上部叶向值或叶仰角来实现。

[关键词] 高粱;理想株型;光分布

[中图分类号] S514.01; S514.035 [文献标识码] A

众所周知,作物的干物质90%以上都来自光合作用,因而光能利用率的高低直接影响着产量。高粱是C<sub>4</sub>作物,具有较高的光合效率,理应具有较高的产量,但实际并非如此。在其杂种优势利用几乎达到顶极之后,产量再未有大的突破,不得不考虑其他途径,而提高光能利用率可能就是一条理想途径。但如何创造一种形态(像玉米、水稻那样),使其最大限度地利用光能,并配合以机能的协调,这方面的研究还是一个空白。虽然Monsi和Saeki<sup>[1]</sup>早就对群体光分布理论有过论述,后又有多人对其完善和补充<sup>[2,3]</sup>,但在高粱上未曾有过验证。高粱既不同于水稻,也不同于玉米,定有自己的规律可循。笔者等<sup>[4]</sup>研究表明,利用同一种基因型通过改变株型结构后,其产量也随之改变。那么,产量改变的原因何在?本研究通过对不同株型结构群体生理的研究来阐述产量变化的原因。

### 1 材料和方法

试验于1999和1998年分别在沈阳和通辽进行,本文只分析在通辽的试验结果。

#### 1.1 试验设计

改型试验 用杂种号(株型特征是:株高160 cm,上部1~6片叶平均叶长64.8 cm,叶宽9.1 cm,平均茎叶夹角63.4°,叶片最大开张幅宽90.3 cm)和忻梁52(株型特征是:株高165 cm,上部1~6片叶平均叶长56.0 cm,叶宽9.2 cm,平均茎叶夹角70.1°,叶片最大开张幅宽98.6 cm)两个品种(系),分高密度区和正常密度区种植。高密度区密度为1株/m<sup>2</sup>(行距0.55 m,株距0.1 m);正常密度区密度为1株/m<sup>2</sup>(行距0.55 m,株距0.16 m)。在抽穗期对高密度区用自制网袋吊叶及剪叶等改型处理。对高密度区设8个处理,分别是:①吊4叶10 cm(即将上部4片叶用相应网袋套起,并控制叶片开张幅宽10 cm,即茎叶夹角15°,

[收稿日期] 2000-04-17

[作者简介] 孙守钧(1961-),男,副教授。

叶片直立,其处理方法下同),简记为吊 4- 10② 吊 4叶 30 cm(叶片开张幅宽 30 cm,即茎叶夹角  $30^\circ$ ,叶片直立),简记为吊 4- 30③ 吊 6叶 10 cm,简记为吊 6- 10④ 吊 6叶 30 cm,简记为吊 6- 30⑤ 横剪上 4叶片 1/2,简记为横 4- 1/2⑥ 横剪全株叶片 1/2,简记为横全 - 1/2; ⑦ 纵剪上 4叶片 1/2,简记为纵 4- 1/2;⑧ 高密度区对照(不处理区),对正常密度区不改型只做对照,即⑨ 正常密度对照 每个处理设 3 行区,8 m 行长,3 次重复,管理同生产田。

## 1. 2 调查记载及测试方法

1. 2. 1 大田切片 于开花始期按张宪政<sup>[5]</sup>的方法进行,每 30 cm 为一层。

1. 2. 2 群体光分布的测定 用 ST-8 点式照度计,从地面开始,每隔 30 cm 为一层,每层选 10 个点,取平均值

1. 2. 3 叶向值测定 用 Pepper 公式计算叶向值(Lov):

$$Lov = \sum_{i=1}^n [Q(l_f / l)] / n$$

式中,  $Q$  为叶片和茎秆连接处叶片与水平线的夹角( $^\circ$ );  $l_f$  为叶片伸展最高点到叶基部的长度(cm);  $l$  为叶片总长(cm);  $n$  为叶数

1. 2. 4 测产考种 成熟期取每处理中间行,行两端各去掉 1 株,采下收回,测产并考种。

## 2 结果与分析

### 2. 1 叶面积的空间分布

改型的显著特征是使叶面积的空间分布发生了变化,从表 1 可以看出,吊叶处理使上部叶面积提高(由于吊叶的 4 个处理中,只有吊 4 叶和吊 6 叶两种处理对叶面积空间分布有影响,而与叶角无关,因此,这里只分析吊 4 叶和吊 6 叶),峰值上移。吊 6 叶使叶面积在空间分布上变得平缓,而剪叶使上部叶面积减少,峰值下移。两对照变化趋势一致。以上特征在两品种中表现基本一致。

表 1 散杂 号叶面积的空间分布

%

| 处理 | 1 层<br>(顶层) | 2 层   | 3 层   | 4 层   | 5 层   | 6 层<br>(底层) |
|----|-------------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| ①  | 6.53        | 19.26 | 23.03 | 31.15 | 13.65 | 6.36        |
| ③  | 5.97        | 25.28 | 26.99 | 19.79 | 16.02 | 5.94        |
| ⑤  | 5.12        | 16.93 | 23.90 | 28.50 | 19.18 | 6.37        |
| ⑥  | 4.97        | 15.58 | 30.80 | 31.95 | 13.18 | 7.22        |
| ⑦  | 2.74        | 14.69 | 22.70 | 30.30 | 19.75 | 9.83        |
| ⑧  | 2.41        | 17.10 | 27.93 | 22.74 | 21.36 | 8.46        |
| ⑨  | 1.86        | 14.38 | 32.98 | 29.31 | 18.25 | 3.21        |

### 2. 2 不同株型结构的叶向值、底层透光率与产量的关系

从表 2 可以看出,9 种处理的叶向值各不相同,以横全 - 1/2 的叶向值最高,其次是吊 6 - 10(处理③)。两个品种 9 种处理的叶向值大小排序完全一致。叶向值不同则底层透光率也不同,二者存在显著的相关关系( $r = 0.776$ )。说明叶向值决定着底层透光率的大小。缩小叶片角度(增大仰角),叶片挺直,减少叶片的长度均可使叶向值提高,而再加以缩小宽度也有利于底层透光率的提高。但相关分析表明,叶向值的大小以及底层透光率的高

低与产量均呈负相关关系,虽不显著,却预示着其叶向值太高,即透光率高,必然有漏光损失,不可能获得较高的产量。黄瑞冬等<sup>[6]</sup>也证实了这个结论。因此,根据叶向值和底层透光率的大小均不能完全评价模型结构的优劣。这在以往的育种实践中也曾注意到这种现象,有些品系材料虽叶片上冲,但长势很弱,产量也很低,特别是前期生长受到很大影响。

表2 不同株型结构叶向值和底层透光率

| 处理      | 敖杂 1号   |         | 忻梁 52   |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
|         | 叶向值     | 透光率     | 叶向值     | 透光率     |
| ①       | 48.97   | 3.38    | 48.02   | 6.60    |
| ②       | 45.26   | 2.30    | 46.50   | 5.55    |
| ③       | 56.86   | 21.5    | 55.94   | 10.01   |
| ④       | 50.71   | 3.70    | 51.44   | 8.41    |
| ⑤       | 44.72   | 2.40    | 44.87   | 7.01    |
| ⑥       | 57.69   | 23.23   | 56.50   | 22.71   |
| ⑦       | 39.97   | 1.89    | 38.69   | 5.47    |
| ⑧       | 38.55   | 1.57    | 37.73   | 4.60    |
| ⑨       | 32.78   | 3.20    | 35.90   | 8.34    |
| 与产量的相关性 | -0.0365 | -0.4160 | -0.2737 | -0.6443 |

### 2.3 不同株型结构绿色叶片持续期

从表3可以看出,种改型处理自抽穗至成熟群体内单株绿色叶片数的下降均比对照(处理⑧)平缓,即叶片功能期比对照长,基本保持活秆成熟。特别是在开花期前后(07-24~08-18),所有改型的群体单株叶片数基本没有大的变化。但到灌浆后期有效功能叶片减少较快,但很快又稳定下来,直至成熟,而高密度对照则在开花后就迅速减少。原因是改型的群体内透光增加,保持了叶片的光合活性,延缓衰老。说明改型对保持群体内较大叶面积指数(LAI)的持续期有利,从而也能保证群体较高的生产率。

表3 敖杂 1号不同株型结构不同时期的绿色叶片数

| 处理 | 绿色叶片数 |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
|    | 07-24 | 08-08 | 08-18 | 08-30 | 09-20 |
| ①  | 10.3  | 10.1  | 10.1  | 9.6   | 9.6   |
| ②  | 10.3  | 10.0  | 9.9   | 8.7   | 8.7   |
| ③  | 10.3  | 10.3  | 10.2  | 9.6   | 9.6   |
| ④  | 10.3  | 10.1  | 9.8   | 8.9   | 8.9   |
| ⑤  | 10.3  | 10.1  | 9.8   | 9.7   | 9.0   |
| ⑥  | 10.3  | 10.0  | 9.0   | 8.8   | 8.2   |
| ⑦  | 10.3  | 10.3  | 10.3  | 10.1  | 9.3   |
| ⑧  | 10.3  | 9.3   | 8.1   | 7.5   | 6.8   |

### 2.4 不同株型结构不同层次光分布

在相同的密度情况下(除正常密度对照),通过改变叶片着生状态和叶面积也使透光率发生相应的改变。在相同LAI情况下,叶仰角改变也会影响透光率,仰角越大,透光率越高(图1中的处理①②③④),降低叶面积也有利于透光率的提高。在改变叶角的处理中,各层的透光率大小排序是:③>④>①>②,且两个品种表现一致,而在改变叶面积处

理中 ⑥ > ⑤ = ⑦。

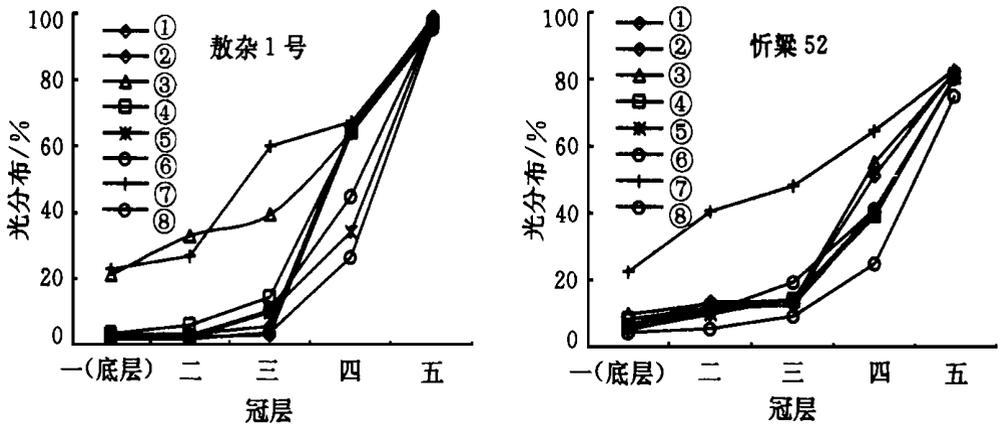


图 1 不同株型结构冠层光分布

另外,通过两个品种(种株型结构)5个层次的透光率与产量的相关分析得知,从下层到上层透光率与产量的相关系数依次为  $-0.501, -0.485, -0.451, 0.086, 0.346$ , 即是逐渐升高的,虽然都未达到显著水平,但可以说明,不同层次所需要的光是不同的。植株的上两层透光率与产量呈正相关,即透光率越大,产量也就越高,而到第三层以下则为负相关,即越往下,透光率越高,产量就越低。因此,株型的改变应该向有利于上层透光而又不使下层漏光的方向发展。

## 2 结论与讨论

在作物生产中,光是首要的环境因子。现已知叶面积的改变以及叶角的改变均影响冠层内的透光率,如何提高光能利用是高粱育种的新课题。采取何种途径使冠层内光分布合理,达到最大限度地利用光能,这是育种的策略问题。通过提高 LAI 而提高产量,这在玉米和水稻上可以通过增加单位面积株数得以实现,但在高粱上多年来是通过增加单株叶面积以求提高 LAI 的,所以 LAI 的提高是很有限的,因而产量提高不大。如果换一种角度考虑:首先,在其他途径尚难实现的情况下,适当降低叶片大小,再增加单位面积株数,以求最大光合面积,达到提高 LAI 的目的,或许是一条可行途径。其次,保证单株有较大叶面积,可以通过改变叶片着生姿态来提高冠层内的透光率,同样可增加密度而使 LAI 大幅度提高,这样或许也能实现产量的突破,从本研究中基本证实了这一点。但必须看到,在本研究吊叶的 4 种处理中,虽 LAI 相同,但产量不同<sup>[4]</sup>,其原因就是冠层内透光率不同。

按相同模式改型后,可以使不同品种在叶面积空间分布上都发生相同改变,这种物质分布模式是否对每品种都是最优,还有待于进一步研究。

改型是以光分布合理为指导思想的,所以本试验所设计的 7 种改型模式,均使叶向值有不同程度提高,从而底层透光率也有所改变,叶向值与透光率表现出显著的正相关关系。由于下部叶片的透光率提高,因而使单株绿色叶片持续的时间延长。但是否下部透光率越大越好,本试验的结果是否定的。从群体光分布看,由于上部叶片上冲或变短、窄,则下部叶片光分布增加,但籽粒产量与上部透光率存在正相关关系,越向下层,这种正相关

逐渐变小,到中下层以下时,这种相关关系变成负值,而且到底层时达到了最大负相关。表明不是下部透光率越大越好。在以前的育种实践中也观察到此种现象,即虽然整株叶片上冲,群体透光率高,但产量并不高。很显然这是漏光损失所致。另外,由于整株叶片上冲,使苗期植被覆盖率低,漏光损失严重,苗期生长不健壮,必然影响后期的物质生产。因此理想的株型在透光率上应该是上部1~4片叶有最小的光截获,使中部叶片基本上充分受光,保证底层受光在光补偿点以上即可。

### 参考文献

- [1] Monsi M, Saeki T. Concerning the light factor in plant communities and its significance for dry-matter production [J]. *Jap J of Bot*, 1953, (14): 22- 52.
- [2] 殷宏章.关于农业生产中的群体概念 [N].人民日报, 1960-06-13(1).
- [3] 王天铎.群体光能利用及其数学模拟 [A].光合作用研究进展(第2集) [C].北京:科学出版社, 1980. 188- 211.
- [4] 孙守钧,张云华,马鸿图,等.高粱理想株型研究 I 高粱理想株型的人工模拟 [J].西北农业大学学报, 2000, 28 (3): 40- 44.
- [5] 张宪政.作物生理研究法 [M].北京:农业出版社, 1992. 98- 105.
- [6] 黄瑞冬,马鸿图.高粱若干株型性状与产量关系的研究 [J].沈阳农业大学学报, 1996, 27(3): 211- 216.

## Studies on ideal plant type of sorghum

### II Canopy light distribution and grain yield in different plant types

SUN Shou-jun<sup>1,2</sup>, ZHANG Yun-hua<sup>1</sup>, CAO Xiu-yun<sup>1</sup>,  
PEI Zhong-you<sup>1</sup>, LU Wen-yan<sup>1</sup>, MA Hong-tu<sup>1</sup>

(1 *Department of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Liaoning, Shenyang 110161, China;*

2 *Department of Agronomy, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China)*

**Abstract** The study indicated that the yield varied with different plant type construction in the same genotype sorghum and the main reason was different sunlight distribution in the canopy that resulted from varied functional periods of leaves. The positive correlation existed in the upper layers between the light rate and the yield, while the negative correlation existed in the lower layers. Therefore, high yield could be achieved by assuring high rate of light in the upper layer and no light leakage in the lower layer, which could be fulfilled by increasing upper leaf orientation value or leaf angle elevation.

**Key words** sorghum; ideal plant type; light distribution