

# 耐密型玉米光合速率和光合产物 转运分配研究

冯春生 尹枝瑞 赵述文 李维岳

(吉林省农业科学院)

## 摘 要

应用 $^{14}\text{C}$ 同位素示踪技术,研究耐密型玉米的光合速率和光合产物转运分配规律。结果表明,玉米光合速率在耐密型和普通型之间没有显著差异。在8~16时,光合作用强度较高,光合速率在 $50\sim 70\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$ ,有午睡现象。在12~14时,叶质重增加明显,光合速率与叶质重呈正相关。穗位叶的光合物质,有80%输送给其它组织器官,其中果穗占50%~60%。掖单13比对照丹玉13平均增产18%。耐密型玉米能耐密植,增加了单位面积株穗数,从而获得高产。

关键词 玉米 光合作用  $^{14}\text{C}$ 示踪

## 前 言

耐密型玉米品种能耐密植而获得较高的产量,已成为当今世界玉米发展的新趋势。1991~1992年,我们应用 $^{14}\text{C}$ 同位素示踪技术,研究耐密型玉米的光合作用和光合产物转运积累规律及其影响因素,深入了解耐密型玉米的生长发育规律。

## 材 料 与 方 法

试验地:吉林省农科院玉米所试验地,土壤肥力上等,常年玉米产量9750公斤/公顷。

供试品种:耐密品种掖单13,吉单194,普通品种丹玉13,吉单304。

试验设计:小区面积为10米×10垅。种植密度分6.0万株/公顷和4.5万株/公顷。在每小区选5株样株,在繁殖生长期测定光合作用强度和光合产物转运分配规律。

试验方法:应用 $^{14}\text{C}$ 示踪技术和常规方法研究。光合速率用FGC-2型 $^{14}\text{C}$ 植物光合速率测量仪测量,具体方法是对测试样叶饲喂 $^{14}\text{C}$ 标记的 $300\text{mg}/\text{kg}^{14}\text{CO}_2$ 空气,光合标记20秒钟,取样测定 $^{14}\text{C}$ 放射性总强度<sup>[1]</sup>。

光合产物转运分配规律研究,在掖单13和对照丹玉13的两种种植密度小区,各选两株作为样株,在8月1日抽丝期,8月14日的灌浆期和9月16日腊熟期,上午10时,把样株的果穗叶套入 $12\times 100\text{cm}$ 的聚乙烯薄膜袋中,排除袋内空气,用细导管充入 $^{14}\text{C}$ 标记,总强度为 $200\mu\text{Ci}$ 的 $200\text{mg}/\text{kg}^{14}\text{CO}_2$ 空气3.5升,在自然生长状态下,光合标记30分钟,然后去除套袋,72小时取样。样株按①果穗叶及叶鞘。②穗轴。③子粒(抽丝和灌浆两期与穗轴合在一块)。④苞叶,穗柄和花丝。⑤穗节以上茎叶和雄穗。⑥穗节以下茎叶。⑦根部7个部分取样,烘干称重,粉碎,测量 $^{14}\text{C}$ 总强度。

## 试验结果

### (一) 光合作用

#### 1. 光合日变化

1991年8月22日,天气晴好,玉米处于灌浆期。从5时至18时,对掖单13,吉单194,丹

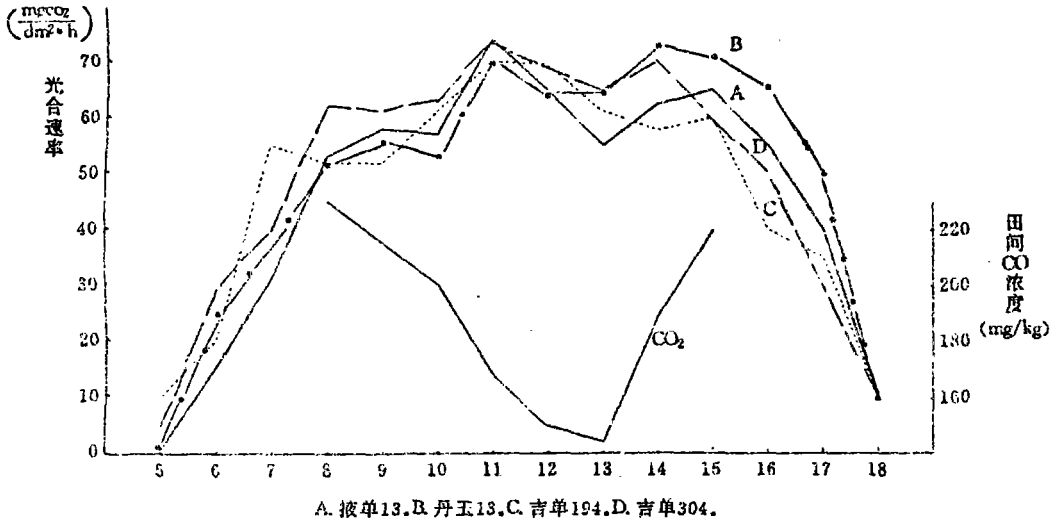


图1 玉米灌浆期光合速率日动态(1991,8,21)

玉13和吉单304四个品种玉米的冠层主要功能叶,测定光合速率日动态(图1)。F值变量分析结果表明, $F=0.11$  小于  $F_{0.05}=2.8$  值,四个品种玉米光合速率日变化差异不显著。8~16时,光合效率高,为  $50\sim70\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$ ;11时,光合速率达最高值  $70\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$ ;13时光合作用出现午睡现象,降到  $60\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$ ,掖单13和丹玉13表现明显。13时试验小区的  $\text{CO}_2$  浓度也降至最低点,为  $140\text{mg/kg}$ 。我们用 $^{14}\text{C}$ 示踪技术测得的光合日变化与高学增(1988)用红外线  $\text{CO}_2$  分析仪测定的结果基本一致<sup>[4]</sup>。玉米光合作用出现午睡现象,主要原因是生态环境中  $\text{CO}_2$  供给不足和株体内水分亏缺所致<sup>[5]</sup>。

#### 2. 各生长期的光合强度

玉米叶片随叶龄增长,形体由小到大的发育,光合作用能力也随之增强。叶片在完全展叶后一段时间内,保持较高的光合强度。在营养生长期,冠层叶是光合作用的主要功能叶,冠层叶的叶面积大,叶质重和叶绿素含量高,生理代谢功能强,是叶子发育旺盛时期。冠层叶着生植株上端,接受的光照强度、温度和  $\text{CO}_2$  量都高于株体中下部叶,因此,光合生产率高<sup>[6]</sup>。

玉米植株各节位叶的光合速率平均

值,从拔节到灌浆,吉单194保持在  $58\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$ ,掖单13和丹玉13,在大口期和灌浆期较高,而在吐丝期下降到  $50\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$  以下,出现马鞍型。吉单304大口期高,为  $57\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{h}$ ,而后随生长期进展,逐渐降低(图2)。

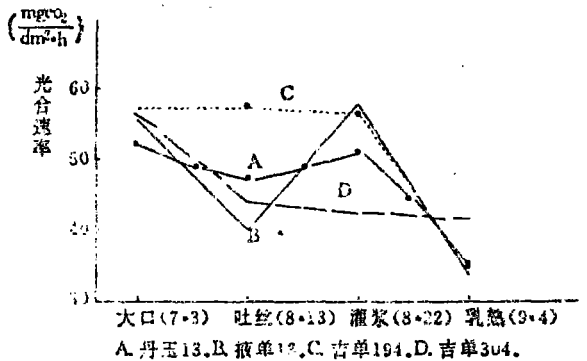


图2 玉米各节位叶平均光合速率

在 4.5 万株/公顷和 6.0 万株/公顷种植密度下,种植密度对单株叶的光合速率有影响,低密度大于高密度,6.0 万株的光合速率平均值是  $50\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ ,4.5 万株的光合速率平均值是  $60\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ 。密植蔽光,透光率减小,降低了单株叶的总光合强度,但是,密植增加了叶面指数,增加光合势和光能利用率,提高了群体总光合强度<sup>[5]</sup>。

总之,对于单株,耐密型玉米的光合速率与普通型无显著差异,而对于群体,耐密型玉米总光合作用强度高于普通型玉米。

## (二)光合产物转运和积累

光合作用合成的有机物质是作物自身生命代谢活动所必需的营养物质,各组织器官吸收光合器官输送来的营养物质,积存于器官内,完成生长发育。在各生育期光合产物转运重点部位和分配数量是不同的。我们应用<sup>14</sup>C 示踪技术,研究玉米光合产物转运分配规律。

### 1. 叶质重

叶质重是叶片干物质比重,光合作用强度与叶质重及叶绿素含量呈正相关<sup>[6]</sup>。试验结果表明,在各生育期,玉米叶质重从拔节到吐丝增加缓慢,从吐丝到灌浆增加显著,最大值平均为  $6\text{mg}/\text{cm}^2$ ,此后叶质重随叶子老化而逐渐减少。

玉米植株各节叶的叶质重上大下小,拔节期第 9 叶较大,平均  $4.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 。吐丝期第 15 叶较大,为  $5.5\text{mg}/\text{cm}^2$ ;灌浆期第 15~17 叶大,最大值达  $7\text{mg}/\text{cm}^2$ 。单株各节位叶叶质重平均值为  $5.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 。四个品种相比较,经 F 值检验,无显著差异。

在两种密度小区,对穗位叶、穗上第 3 叶和穗下第 3 叶的三个层次叶测试结果表明,穗上第 3 叶的叶质重>穗位叶>穗下第 3 叶。种植密度对叶质重有影响,4.5 万株/公顷的叶质重较高,为  $5.5\sim 6.0\text{mg}/\text{cm}^2$ ;6.0 万株/公顷的叶质重偏低,为  $5.0\sim 5.5\text{mg}/\text{cm}^2$ ,叶质重与植密度呈负相关<sup>[6]</sup>。

冠层叶质重日动态测试表明,白天叶片的光合产物,除了输出和本身代谢消耗外,还有一部分积存于叶子内,叶质重增加(图 3)。5 时至 14 时,同化积累,叶质量由  $5.5\text{mg}/\text{cm}^2$  增至  $6.5\text{mg}/\text{cm}^2$ ,增加比率 18%;12 至 14 时,中午时间增加最明显,14 时达最大。以后由于光强减弱,光合强度下降,再加上生理代谢消耗,叶质重减少。丹玉 13 叶质重增加幅度较大,5 时至 15 时,由  $5.5\text{mg}/\text{cm}^2$  增至  $7.1\text{mg}/\text{cm}^2$ ,增长率 32%,掖单 13 增加 24%,吉单 194 增加 20%,吉单 304 增加 14%。四个品种比较,品种间有差异,种型间差异不显著。

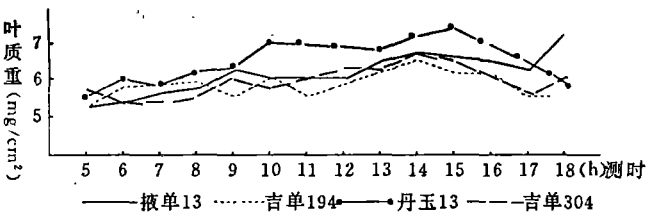


图3 玉米冠层叶质重日动态 (1991, 8)

### 2. 光合物质转运与分配

玉米穗位叶和果穗着生在同一茎节,光合作用强度较大,功能期长,光合生产率高,是子粒所需营养物质的主要供给源,对研究子粒库源关系具有代表性。在繁殖生长期,对两种种植密度的掖单 13 和对照种丹玉 13,应用<sup>14</sup>C 示踪技术研究光合产物转运三天后的分配和积累规律。结果表明,穗位叶的光合物质经三天转运,叶内只存留 20%左右,有 80%的光合物质输给其它的组织器官。其中,果穗有 50%~60%,穗上茎叶部分约有 3%,穗下茎叶部分有 20%~30%,根部有 2%(见表 1)。可见,生长后期穗位叶是果穗和植株下部茎叶的主要物质

供给源<sup>(6)</sup>。

表1 玉米穗位叶光合产物72小时后转运分配比率(1992) (%)

品种	样品	种植密度 4.5 万株/ha			种植密度 6.0 万株/ha		
		抽丝(8·1)	灌浆(8·14)	腊熟(9·16)	抽丝(8·1)	灌浆(8·14)	腊熟(9·16)
丹 玉 13	穗位叶	21.2±5.9	29.4±14.3	12.4±11.5	19.3±4.1	16.9±1.4	22.7±0.1
	穗轴	23.6±4.5	53.5±10.8	3.9±1.4	20.5±11.6	59.2±2.3	4.8±0.9
	子粒			53.2±3.6			52.1±2.9
	苞叶	37.9±3.2	9.1±2.7	3.2±0.8	35.8±2.8	13.7±1.3	3.8±1.3
	穗上部分	1.1±0.1	2.3±0.5	2.0±0	1.4±0.1	2.4±0.4	3.6±0.1
	穗下部分	15.4±2.1	5.4±0.1	23.0±15.9	21.1±10.6	7.5±1.8	12.4±0.2
	根	0.9±0.2	0.4±0.2	2.5±1.4	2.1±0.2	0.4±0	0.8±0.6
	全株	100	100	100	100	100	100
掖 单 13	穗位叶	18.4±2.1	16.2±1.0	18.8±5.7	20.4±4.4	21.9±3.0	22.5±6.9
	穗轴	28.3±0.5	53.6±4.8	3.8±1.2	19.9±4.4	53.8±3.2	6.2±1.2
	子粒			42.3±14.5			49.5±2.8
	苞叶	16.0±5.4	13.3±4.1	4.2±1.0	20.1±1.1	13.8±3.4	5.8±1.4
	穗上部分	0.7±0.1	1.1±0.5	5.0±0	0.8±0.1	1.7±0.3	7.0±0.8
	穗下部分	34.2±7.5	15.5±2.2	20.0±7.3	36.8±8.3	8.7±3.0	7.4±0.5
	根	2.5±1.0	0.4±0.1	6.0±3.7	2.0±1.7	0.3±0.1	1.8±0.3
	全株	100	100	100	100	100	100

注:抽丝期和灌浆期穗轴包括子粒。

玉米茎叶生长是从下向上发育,中部果穗特别是繁殖器官子粒最后成熟。光合物质输送遵循就近供给原则,重点是生长点,因此,随生育期的进展,光合产物转运部位和分配比率不同。果穗是由苞叶、穗轴和子粒三个主要部分组成。子粒是主要生长点,是光合物质主要供给中心。在公顷4.5万株小区试验结果表明,穗位叶光合产物转运到果穗的分配比率是,在抽丝期(8月1日),掖单13为44%(苞叶16%,轴28%),丹玉13为55%(苞叶35%,轴20%)。灌浆期(8月14日),掖单13为67%(苞叶13%,轴54%),丹玉13为62%(苞叶9%,轴53%)。腊熟期(9月16日),掖单13为48%(子粒42%,苞叶4%,轴4%),丹玉13是60%(子粒53%,苞叶3%,轴4%)。6.0万株小区的结果与4.5万株小区基本一致。随生长期进展,子粒吸收光合产物的比例迅速增高,玉米子粒干物质主要来源于生长后期的光合产物的积累,以穗位叶为主的中间叶是子粒最重要的物质源。

种植密度对穗位叶的光合物质转运果穗的分配比率无明显影响,在两个品种上表现出差异,丹玉13子粒接收量比掖单13高。

### 3. 产量

玉米产量是群体产量,来源于光合物质在子粒中的积累,与光合势和光合生产率呈正相关。耐密型玉米能耐密植,为增加单位面积株穗数量,提高叶面积指数和光能利用率而获高产创造有利条件。1991~1992年,对耐密型玉米掖单13(6.0万株/公顷)和对照种丹玉13(4.5万株/公顷)的几项指标做测试,两年平均结果是掖单13产量等几项指标都高于对照丹玉13(见表2)。叶面积指数吐丝期高30%,成熟期更高,光合势高39%,产量每公顷11371公斤,比对照增产18.4%。

表2 玉米叶面积指数、光合势和产量

项 目	吐丝期叶面积指数		光合势( $\times 10^4 \text{m}^2 \cdot \text{d}/\text{ha}$ )		产量 (kg/ha)	
	掖单 13	丹玉 13	掖单 13	丹玉 13	掖单 13	丹玉 13
1991	4.9	3.8	376.5	283.5	11 564	8 954
1992	5.5	4.1	439.5	301.5	11 180	10 251
$\bar{A} \pm \sigma \bar{A}$	$5.2 \pm 0.3$	$4.0 \pm 0.2$	$408 \pm 31.8$	$292.5 \pm 9.1$	$11 372 \pm 193$	$9 603 \pm 650$
%	130	100	139.5	100	118.4	100

综上所述,耐密型和普通型玉米植株,在光合速率和光合产物转运和分配方面没有显著差别,对群体有明显差异,耐密型优于普通型。掖单 13 高产主要原因,一是能耐密植,增加了单位面积株穗数,使单位面积总粒数增加 23%~25%。二是群体叶面积指数增加 30%以上,提高了光能利用率和光合生产率,增加了光合产物的积累和千粒重,从而获得高产。

## 参 考 文 献

- (1)冯春生等,FGC-2型 $^{14}\text{C}$ 植物光合速率测量仪,《核农学报》,1987,1(2),105~111.
- (2)冯春生等:应用 $^{14}\text{C}$ 示踪方法测定人参光合速率,《核农学报》,1988,2(4):226~230.
- (3)冯春生等:应用 $^{14}\text{C}$ 示踪技术测定大豆光合速率,《大豆科学》,1989,8(4):351~356.
- (4)高学增等:不同玉米群体二氧化碳含量和光合作用研究,《山东农业科学》,1988,1:19~22.
- (5)胡昌浩等:高产夏玉米群体光合速率与产量关系研究,《作物学报》,1993,19(1):63~69.
- (6)山东农科院玉米所编,《玉米生理》,农业出版社,1987.
- (7)A. Tanaka, soil sci. plant nutrit, 1983, 29(2):147~158.
- (8)Bunce, J. A., Field crops research, 1990, 24(3~4):261~271.

## STUDIES ON THE PHOTOSYNTHETIC RATE AND THE TRANSPORTATION OF THE PHOTOSYNTHATE IN HIGH-DENSITY TOLERANCE TYPE OF CRON

Feng Chunsheng Yin Zhirui Zhao Shuuen Li Weiyao

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gong Zhu Ling 136100)

## ABSTRACT

The photosynthetic rate and the transportation of the photosynthate in high-density-tolerance corn were studied by using  $^{14}\text{C}$  tracing technique. The results indicated that, the photosynthetic rate of corn hasn't more difference between corn types. The photosynthesis was higher at 8—14 hours, and the photosynthetic rate  $50\text{—}70\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$ . The photosynthesis of corn has a noon-nap. The specific gravity of leaf was increased within 12—14 hours in relation to the photosynthetic rate. Eighty percent of photosynthate of leaf at ear position was transported to other tissue and organ. The amount absorbed by ear was 50%—60%. The yield of Yiedan 13 increased 18% over Danyu13, on the average. Because the condensed planting increased the number of ears per unit area, the high density tolerant corn had higher yield.

Key words: Corn, Photosynthesis,  $^{14}\text{C}$  tracing.