

不同生态类型玉米光分布规律的研究^{*}

丁希武 许晓明^{*} 郑玉龙 王秉昆^{* *} 徐善海 姜连平

(黑龙江八一农垦大学植物科技学院) (绥化市西长发镇推广站)

摘要 1994~ 1995年在沈阳农业大学校内试验地研究了紧凑型和平展型两个类型玉米品种的生长发育规律。不同密度、肥力条件下玉米冠层内的光分布、光截获、光合速率、气孔阻力的变化规律,不同密度、肥力条件下,冠层内透光率和冠层高度呈指数变化,回归方程通式为 $y = K \exp(bx)$ 。随着叶面积指数的加大,冠层内随叶层的加深光照强度降低,群体光合速率随密度增大而减少,气孔阻力随密度增大而加大。

关键词 玉米 产量 光分布

中图分类号 S513.01

据 B. Gioland(1985)推算,玉米的最高理论产量为 $27\,000\text{kg}/\text{hm}^2$ ^[1]。我国主要作物的产量水平还很低,1985年至1992年单产仅达 $4\,680\text{kg}/\text{hm}^2$ ^[2]。如果我国玉米平均单产能够达到世界最高产量纪录的一半,按现有玉米播种面积推算,玉米产量将达2.4亿吨,将完成2000年我国粮食产量5亿吨的1/2。可见,现实的产量水平或作物高产水平与潜在生产力差距是很大的。利用高产栽培技术,发挥作物品种的遗传潜力是提高作物单产和总产的重要途径。本文就紧凑型和平展型两类玉米光分布规律进行初步分析研究,以便指导生产实践。

1 试验设计与方法

1.1 1994年和1995年采用了不同的试验设计

1.1.1 复式裂区试验 1994年试验设计为两个肥力、三个密度、两个品种的复式裂区设计。两个品种为掖单13和铁单10,掖单13的三个密度为 $D_1\,5.25\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $D_2\,6.00\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $D_3\,6.75\text{万株}/\text{hm}^2$,铁单10的三个密度为 $D_1\,4.50\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $D_2\,5.25\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $D_3\,6.00\text{万株}/\text{hm}^2$ 。基肥施有机肥 $37.5\text{t}/\text{hm}^2$ 。中肥处理 F_1 施磷酸二铵 $187.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 、硫酸钾 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 、尿素 $300\text{kg}/\text{hm}^2$ 。高肥处理 F_2 施磷酸二铵 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 、硫酸钾 $300\text{kg}/\text{hm}^2$ 、尿素 $450\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

1.1.2 正交试验设计 1995年采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计,品种选用掖单13,三个重复,处理及水平见表1。

表 1 正交试验因素和水平表

水平	密度 (万株 /hm ²)	尿素 (kg /hm ²)	磷酸二铵 (kg /hm ²)	硫酸钾 (kg /hm ²)
1	4.5	150	100	100
2	6.0	300	200	200
3	7.5	450	300	300

^{*} 收稿日期 1997- 08- 26

^{*} 许晓明: 黑龙江省虎林县八五〇农场农业技术研究所; ^{*} 王秉昆: 沈阳农业大学农学系。

1.2 测定方法

光合速率,用远红外测定仪 GXH- 305型便携式红外线分析器测定玉米群体光合速率,气孔阻力,用 LI- 1600型气孔仪测定有代表性叶片的气孔阻力;光照强度测定,用 LI- 188B量子测定仪测定冠层内不同高度的 PAR光照强度 ($\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$).

2 结果与分析

2.1 玉米群体不同生育阶段的光照强度变化

叶层结果是指叶片在茎秆上的空间分布,它与光分布及其对光能的利用有着密切的关系.据 1994~ 1995年对玉米生育时期的观测 (见表 2),不同玉米群体在同一生育阶段的叶层结构不尽相同,其透光率不同,同一玉米群体在不同生育阶段的透光率也不相同.

玉米苗期,植株矮小,叶片小,叶层少单株叶面积仅达 975.465cm^2 ,叶面积指数变化在 $0.2676\sim 0.4556$ 之间,叶面积指数小于 1.此时期尚未封垄,与裸地光分布特征相似,受外界气象条件影响较大.群体内光分布很不稳定,群体中部光照强度通常变化在 $735.3\sim 1\,077.9\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 之间.整个冠层几乎全部处在充足的光照下.

玉米生育期,植株生长繁茂,叶层增加.到这一时期,单株叶面积已发展到 $6\,485.135\sim 8\,006.6\text{cm}^2$,叶面积指数达到 $3.4\sim 4.0$,上层叶片对下层叶片遮荫日益严重,光合有效辐射自上而下急剧减弱.据 1994年测定,当玉米植株顶部光合有效辐射为 $1\,576\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 时,中层 (150cm)为 $471\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$,基部光照仅为 $30\sim 80\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$.因此,玉米群体生育中期是易引起光状况恶化的重要时期,这一点在栽培中必须加以注意.

2.2透光率和密度的关系

随着密度的增加,叶面积系数明显增大,整个生育期间叶面积系数的变化均呈抛物线曲线 (图 1).吐丝前,随密度的增加,叶面积系数增大,吐丝时达到最大值,吐丝后叶面积逐渐衰减,吐丝期叶面积系数基本稳定,吐丝后叶面积衰减速度随密度的增加而迅速增加.

各生育期群体不同叶层的透光率均随密度的增加而减少,对大喇叭口期和吐丝期群体光分布影响较大 (表 2).

表 2 不同密度和肥力条件下群体的透光率
(万株 /hm² PAR%, 1994,掖单 13)

时间 (月、日)	层次 (cm)	高肥			中肥		
		5.25	6.00	6.75	5.25	6.00	6.75
6.15	0	51.14	46.56	41.79	57.20	48.00	45.70
	50	52.13	47.00	44.90	65.90	53.20	50.10
	0	9.44	83.2	7.8	9.79	8.58	7.94
7.2	50	11.89	10.59	9.39	16.38	13.21	11.89
	150	38.04	35.72	35.16	40.11	38.87	25.72
	0	6.63	6.19	4.48	6.73	6.25	4.53
7.15	50	21.23	15.00	13.07	23.66	18.81	13.95
	0	8.90	8.59	4.47	9.31	8.45	6.30
7.26	50	28.57	21.21	10.56	20.25	18.58	11.83

紧凑型玉米由于株型叶片上挺,直立的叶片使上层光较多地漏射到下层,群体下部的叶片接收的光能较多,使群体下部叶片遮荫程度减弱,满足了叶片光合作用对光能的需要.因此,紧

紧凑型玉米利用自身株型结构上的特点把所接受的光能,合理地分配到群体内各个叶层,从而使群体内透光率随着种植密度增加而降低的幅度变少。在玉米生长期间,由于种植密度、肥力水平的差异,使冠层发展速度及结构不尽相同,造成了群体对太阳能的截获和利用的差异,并导致产量的不同。

2.3 叶面积与透光率

不同玉米群体密度下叶面积指数与透光率光截获率随时间而变化(见表2)。在出苗后的早期生长阶段,由于植株较小,出苗后30天,不同玉米群体叶面积指数仍小于0.5,使大部分光能投射于地面。拔节后,叶面积指数增大较快,增加至1.0~1.5左右。此时,不同密度及肥力条件下因叶面积不同导致透光率不同。在此阶段,叶面积指数分布在1~2.1之间,从透光率看,所有群体均在50%左右,也就是说截光率在此时期占总辐射的一半左右。高肥下,密度5.25万株/hm²、6.00万株/hm²、6.75万株/hm²的地面透光率分别为51.14%、45.56%、41.7%,截光率分别为48.86%、53.5%、58.3%,中肥下的透光率分别为57.2%、48.0%、45.7%,截光率顺次42.8%、52%、54%,肥力相同情况下,截光率因密度增大而增大,密度的比例为1:1.14:1.29,高肥下群体截光率为1:1.10:1.19,中肥下群体截光率为1:1.21:1.26。从上述比例可知,在拔节期(6月15日),透光率因密度变化的变化幅度较大,达密度比例变化的1.19/1.29=0.87及1.26/1.29=0.97,即生育期为拔节期时光截获调节能力较大。至生育中期(7月3日),叶面积指数已达3.7~5.24,此时期透光率均低于10%。密度5.25万株/hm²、6.00万株/hm²、6.75万株/hm²的高肥情况下透光率分别为9.44%、8.32%、7.8%,截光率为90.56%、91.68%、92.2%,截光率之比为:1:1.011.02;中肥下透光率为9.79%、8.58%、7.94%,截光率为90.21%、91.42%、92.06,截光率三者之比为1:1.01:1.02,可见,当叶面积达到一定程度时,截光率不再大幅度增加,当叶面积指数由3.7增至5.02时,截光率由90.21%增至92.2%,漏光率由9.79%降至7.94%,至7月15日吐丝期,此时期高肥群体透光率分别为6.63%、6.19%、4.48%,截光率为93.37%、93.81%、95.52%,中肥下群体透光率为6.73%、6.25%、4.53%,截光率为93.27%、93.75%、95.47%。可见,在此时期,最大的叶面积群体(LAI=5.24)的截光率只能达95.52%,漏光率4.48%,综上所述,叶面积指数由3.7增至5.24时,截光率由90.21%增至95.52%。因此,叶面积达到一定程度(LAI=3.7),截光率增加缓慢,叶面积增加越大,单位面积获得光能越小,易引起群体内荫蔽严重,使叶片早衰光合速率下降。经回归分析表明,叶面积指数在生育中期以前和截光率呈正相关(回归方程为 $y=28.8372+14.192x, x(1.2\sim 5.0), r=0.9973^{**}$ 。

2.4 冠层内的光强度和光合强度

不同密度的群体,太阳光进入冠层后,各叶层的透光率和光强随叶层的变化而变化(图2,表3)。回归分析可知,群体的透光率随群体增加呈抛物线型变化,这一变化可用指数方程表示。密度4.5万株/hm²、6.0万株/hm²、7.5万株/hm²回归方程如下:(1)4.5万株/hm²: $y=2.840642\exp(1.353858E-02 \cdot x), r=0.9595^{*}$; (2)6.0万株/hm²: $y=1.739189\exp(1.371241E-02 \cdot x), r=0.9574^{*}$; (3)7.5万株/hm²: $y=1.382332\exp(1.464218E-02 \cdot x), r=0.9544918^{*}$ 。由图2可知,在中、后生育期,不同玉米群体在高度100cm以下的透光率不足10%,群体截光率在90%以上,但150cm处截光差异较大。在此高度到冠层,透光率呈直线增长,冠层上部2/3处光截获量达60%~90%,而穗位叶片截获光量为30%~36%,可见棒三叶对光合速率起着极其重要作用。玉米叶片的光合速率随着光强的增加而增加,即使在2000 μmol photons m⁻²·s⁻¹情况下也未达到光饱和(kalt-Torres et al. 1987)。由于光进入

冠层后光强度按 Beer- lambert定律呈指数递减,因此,保证穗位叶片的光照强度对产量的形成有重大影响。

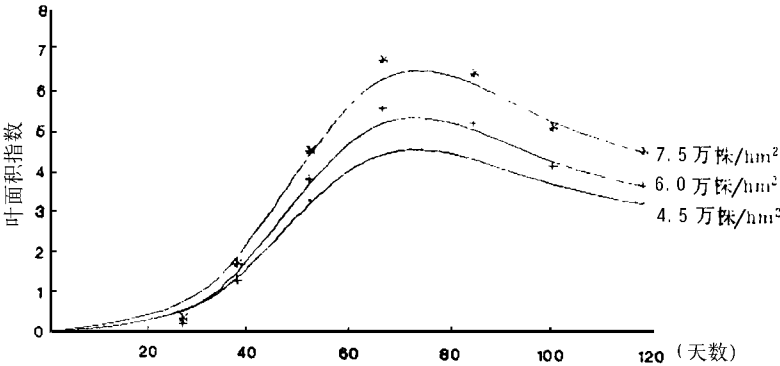


图 1 叶面积指数增长曲线(1995,掖单 13)

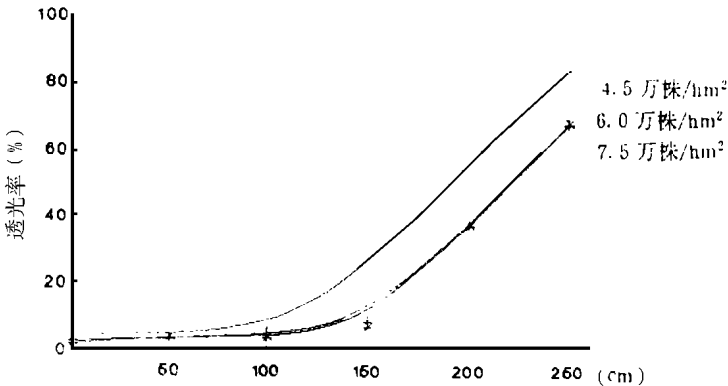


图 2 不同密度下群体透光率(1995,掖单 13)

表 3 不同密度下冠层内光照强度

(万株 /hm²,μ E° m⁻²· s⁻¹, 1995)

层次 (cm)	7月 10日 10: 00时			8月 9日 13: 00时		
	4. 5	6. 0	7. 5	4. 5	6. 0	7. 5
150	408	223	210	321	123	88. 7
200	202	131	67	769	633	481

* : 为 100cm处光照强度。

不同密度肥力条件下冠层内光照强度不同,光合速率也不同(表 4)。

从表 4可知,吐丝期群体光合效率最大,这可能与此时期光照充足,肥水条件良好,温度适宜等因素有关。高密、高肥形成的群体叶面积指数最大,群体内光照条件变劣,因而群体的光合速率较低密下降,同时气孔阻力也因密度肥力等条件的变化发生相应变化。

气孔阻力是指气孔开闭减少或增大时对光合作用中 CO₂吸收等形成的阻力。如果气孔阻力增大,那么空气中 CO₂从叶表面通过气孔扩散到叶内气室及细胞间隙就会受阻,同化 CO₂的速率降低。由于肥力水平和种植密度的不同,气孔阻力也不同,呈现随密度增加而增大的趋势(见表 5),光合强度亦相应下降。

表 4 不同密度肥力下群体光合速率
(万株 /hm², mg° CO₂ /hm²° dm⁻², 1994,掖单 13)

时间 (月、日、时)		高肥		中肥	
		4. 5	7. 5	4. 5	7. 5
7 2	10∶ 00	56. 198	40. 169	55. 591	27. 867
7 2	15∶ 00	36. 943	33. 928	33. 840	24. 448
7 15	10∶ 00	67. 083	44. 785	51. 242	44. 098
7 15	14∶ 00	52. 823	39. 138	46. 949	17. 773
7 26	10∶ 00	38. 584	30. 261	43. 193	34. 419

表 5 不同密度及肥力水平下气孔阻力
(万株 /hm², sec/cm, 1994,掖单 13)

时间 (月、日、时)		高肥			中肥		
		4. 5	6. 0	7. 5	4. 5	6. 0	7. 5
7 2	11∶ 00	0. 687	1. 01	1. 34	1. 277	1. 487	2. 353
7 15	10∶ 00	0. 300	0. 70	1. 50	0. 692	1. 210	1. 298
7 26	10∶ 00	0. 358	0. 44	0. 51	0. 320	0. 424	0. 586

参 考 文 献

1 中国农业年鉴. 各地区主要粮食作物播种面积和产量. 1986~ 1993
2 M. Tollenaar.探索玉米生产力的极限. 国外农学- 杂粮作物. 1987(3): 18~ 20
3 Bunce, J. A, 1990, Field Crops Research, 24(3~ 4): 251~ 271
4 Andrade, F. H, 1991, Field Crops Research. 28(4): 345~ 354

Studies on the Light Distribution Principle in
Different Ecological Types of Maize

Ding Xiwu Xu Xiaoming et al.

(College of Agrotechniques, Heilongjing August First Land Reclamatoin University)

Abstract The light distribution, light interception, photosynthetic rate and stomatal resistance as well as their relationships to the grain yield of compact and spreading type maizes, under different densities and fertility levels, were studied in Shenyang Agricultural University from 1994 to 1995. Under dfferent planting densities and fertilizer levels, there was an indexal change between the rate of leaking light in the canopy and the height of the canopy [the formula was y= kexp (bx)]. With the plant density rising the photosynthetic rate decreased and the stomatal resistance increased.

Key words Maize, Yield, Light distribution