

玉米群体结构对年际间气象因子变化的反应

李海燕¹, 史振声^{1*}, 李凤海¹, 吴玉群², 杨翠翠¹,
王志斌¹, 王宏伟¹, 吕香玲¹, 朱 敏¹

(1. 沈阳农业大学特种玉米研究所, 辽宁 沈阳, 110866; 2. 辽宁省农业科学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要: 以晚熟稀植品种丹玉 39 和中晚熟密植品种郑单 958 为试材, 通过 5 年的定点栽培试验, 对玉米群体结构与年际间气象因子变化的关系进行研究。结果表明: 玉米群体结构对年际间气象因子变化的反应不同, 并导致不同年份的适宜密度和适宜密度范围发生变化, 最终对产量造成影响。降水量及时间分布是影响群体结构的最主要因子, 其次为日照时数。受影响最大的是叶面积指数, 其次依次为叶向值、株高、透光率。6 月下旬的降水量对 LAI 影响较大; 7 月上旬日照时数与叶向值密切相关; 株高形成期的降水量是影响株高变化的根本原因。

关键词: 玉米; 群体结构; 气象因子; 适宜密度; 产量

中图分类号: S513; S162.5⁺1 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2013)06-0050-07

Response of population structure of maize to annual changes of meteorological factors

LI Hai-yan¹, SHI Zhen-sheng^{1*}, LI Feng-hai¹, WU Yu-qun², YANG Cui-cui¹,
WANG Zhi-bin¹, WANG Hong-wei¹, LV Xiang-ling¹, ZHU Min¹

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, 110866, China)

Abstract: The relationship between annual changes of meteorological factors and population structure of maize were studied through the 5-year experiment with Danyu 39 (late maturing variety) and Zhengdan 958 (mid-late maturing variety) as test materials. The results indicated that the annual changes of meteorological factors had a significant effect on the population structure of maize and caused the changes of optimum density and suitable density range of different maize hybrids which affected the yield finally. Precipitation and its temporal distribution were the most important factors affecting population structure, followed by the sunshine duration. Leaf area index (LAI) was most heavily affected, followed by leaflet orientation value (LOV), plant height and light transmittance. LAI was influenced greatly by the precipitation in the last ten-day of June; LOV was closely related to the sunshine duration in the first ten-day of July; and plant height was fundamentally affected by the precipitation in formative period of plant height.

Keywords: maize; population structure; meteorological factor; suitable density; yield

作物群体结构状况与产量密不可分。群体结构是指单位土地面积上的植株个体数目、形状及空间分布状况。群体结构及产量形成受品种^[1-4]、气候^[5-8]、栽培措施^[9-13]等多种因素的影响, 其中气象条件是重要的影响因子。对玉米群体结构与产量的关系已有较多研究, 但大部分都是通过盆栽或不同季节播种, 人工模拟不同气象条件进行。因此, 其结果与实际的气象条件差异较大。本课题在辽北地

区开展长期定点试验, 研究不同年份间气象条件变化对玉米生长发育及产量的影响。本文以 5 年的试验结果, 探讨年际间气象条件变化对玉米冠层结构的影响, 旨在为辽宁玉米生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2007—2011 年在辽宁省昌图县金家镇

收稿日期: 2013-06-02

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD16B12); 辽宁省科技厅重大重点项目(2011201018)

作者简介: 李海燕(1985—), 女, 博士, 主要从事玉米栽培及育种研究。E-mail: lihaiyan9970@163.com。

* 通信作者: 史振声(1954—), 男, 教授, 博士生导师, 从事玉米育种与栽培生理研究。E-mail: shi_zhensheng@163.com。

试验点进行(东经 123°32′ ~ 124°26′, 北纬 42°23′ ~ 43°29′)。以中晚熟耐密植品种郑单 958 和晚熟稀植品种丹玉 39 为试材。

2007 年、2008 年、2011 年试验设 5 个密度处理。丹玉 39 的密度为 45 000、49 500、54 000、58 500、63 000 株·hm⁻², 郑单 958 密度为 52 500、60 000、67 500、75 000、82 500 株·hm⁻²; 2009 年试验设 2 个密度, 丹玉 39 密度为 54 000、63 000 株·hm⁻², 郑单 958 密度为 52 500、60 000 株·hm⁻²; 2010 年试验设 4 个密度, 丹玉 39 为 49 500、54 000、58 500、63 000 株·hm⁻², 郑单 958 为 60 000、67 500、75 000、82 500 株·hm⁻²。随机区组排列, 6 行区, 行长 5.0 m, 行距 0.6 m, 步道 0.6 m, 间隔道 0.4 m, 小区面积 18.0 m², 3 次重复。试验地地势平坦, 前茬为玉米。施肥量为 N 240.0 kg·hm⁻²、P₂O₅ 123.8 kg·hm⁻²、K₂O 132.0 kg·hm⁻²。田间管理与当地生产田相同。各年的试验地块、品种、施肥量、种植密度及田间管理措施相同。

1.2 测定指标及方法

在抽雄吐丝期选择 10 株具有代表性的植株, 用卷尺测定株高。

在吐丝期、灌浆中期、成熟期测定叶面积指数(LAI), 叶面积 = 长 × 宽 × 系数(系数为 0.75)。LAI = 单株叶面积 × 单位土地面积内株数/单位土地面积。

在灌浆中期测定叶向值(LOV), 测定穗位上两片叶、穗位下两片叶, 每小区取 3 株, 计算公式为:

$$LOV = \sum_{i=1}^n Q(L_f/L)/n$$

式中, θ 为叶片与水平方向的夹角, L_f 为叶基部到叶片最高处的长度, L 为叶片全长, n 为叶片数。

在灌浆中期, 采用仪器为 TES-1339 照度计, 在距地表 180、120、60 cm 的三个层面上测定透光率。每个层面测 3 点, 每个点测 5 个值。同时测定自然光的光照强度, 计算田间的透光率。透光率(%) = 测定层光强/冠层顶部光强 × 100%。

1.3 气象资料

玉米生育期间即每年 5 月 1 日—9 月 30 日的气象资料, 由当地县气象观测部门提供, 包括日均温度、旬降水量和旬日照时数。

分析气象因子与群体结构参数关系时, 因密度不同会造成群体结构差异较大, 所以不同年份均选取同一密度, 即丹玉 39 为 54 000 株·hm⁻²、郑单 958

为 60 000 株·hm⁻²。

1.4 数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS12.0 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 试验所在地年际间气象因子的变化

辽北地区是辽宁省四大玉米主产区之一, 自然气候条件良好, 水分、光照充足。玉米生长期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2 800 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 降水量 450 ~ 600 mm, 其中 7—8 月 307 ~ 365 mm, 日照时数 1 200 ~ 1 300 h。但与其它地区一样, 受大气环流的影响, 年际间气象因子变化较大, 给玉米生产带来影响。2007—2011 年试验期间, 试验地所在昌图县经历了正常年、干旱年和多雨寡照年, 基本上代表了该地区的气候变化状况(表 1)。其中 2007 年、2008 年和 2011 年属于正常年份, 特别是 2008 年降水量较多且在生长期分配比较均匀, 是该地区的丰收年。2009 年属于高温干旱年, 降水量仅为 274.6 mm, 比正常年的 2007 年、2008 年、2011 年分别减少 42.6%、53.9%、35.2%, 灌浆中期最为严重, 8 月份降水量仅为 44.4 mm, 远低于正常年份。2010 年属于典型的多雨寡照年, 降水量高达 707.2 mm, 比 2007 年、2008 年、2011 年同期高 47.8%、18.7%、67.0%; 阴天时间长, 其中 7 月、8 月份表现尤为突出, 降水量达 294.5 mm 和 237.4 mm, 比 2008 年同期高出 63.9% 和 79.2%; 平均日照时数仅为 5.5 h 和 6.9 h, 比 2008 年同期分别低 25.7% 和 18.8%。

2.2 密度对年际间气象因子变化的反应

试验结果表明, 品种的适宜密度对年际间气象因子变化的反应有所不同。以参试品种在各年的适宜密度即产量最高的密度进行比较可见, 年际间存在明显差异(表 2)。2008 年的适宜密度最高, 丹玉 39 和郑丹 958 适宜密度分别为 58 500 株·hm⁻² 和 75 000 株·hm⁻², 分别比其适宜密度最低的年份高出 9 000 株·hm⁻² 和 15 000 株·hm⁻²。丹玉 39 在 2007 年、2010 年、2011 年的适宜密度分别为 54 000、49 500、49 500 株·hm⁻², 分别比 2008 年减少 4 500、9 000、9 000 株·hm⁻²; 郑单 958 的适宜密度在 2007 年、2010 年、2011 年分别为 60 000、67 500、67 500 株·hm⁻², 分别比 2008 年适宜密度减少 15 000、7 500、7 500 株·hm⁻²。

表 1 2007—2011 年试验点玉米生长期间的主要气象因子资料

Table 1 Main meteorological data during growth period of maize in different testing sites from 2007 to 2011

气象因子 Meteorological factors	年份 Year	月份 Month					合计 Total	平均值 Average	变异系数/% Coefficient of variation
		5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September			
温度 Temperature /℃	2007	17.1	24.2	23.5	23.0	18.4	3249.7	3155.5	2.0
	2008	15.6	21.0	23.8	22.9	17.4	3085.5		
	2009	18.7	20.0	22.9	23.8	17.3	3147.7		
	2010	16.6	23.7	23.8	22.5	17.4	3183.4		
	2011	16.6	20.6	24.6	23.8	15.9	3111.0		
降水量 Precipitation /mm	2007	81.4	30.3	192.8	158.3	15.6	478.4	495.9	33.3
	2008	120.2	110.4	179.9	132.5	52.6	595.6		
	2009	57.4	79.5	79.7	44.4	13.6	274.6		
	2010	96.8	31.7	294.5	237.4	46.8	707.2		
	2011	72.8	76.5	140.7	122.2	11.3	423.5		
平均日照时数 Sunshine hours /h	2007	9.3	10.4	7.5	7.6	8.0	1311.9	1231.2	7.0
	2008	7.7	7.2	7.4	8.5	9.1	1220.5		
	2009	8.9	8.1	8.2	9.6	8.4	1318.8		
	2010	7.2	9.3	5.5	6.9	7.5	1112.4		
	2011	8.3	7.2	7.0	7.0	8.2	1192.6		

适宜密度范围是在最高产量基础上增产 ± 5% 的密度范围。由表 2 可见,适宜的密度范围与适宜密度相似,年际间变化较大。在 2007 年、2008 年、2011 年适宜密度范围较宽,其中 2008 年较为明显,适宜密度的最高限有所增加。丹玉 39 和郑单 958 适宜密度范围分别为 45 000 ~ 63 000 株·hm⁻²和 60 000 ~ 82 500 株·hm⁻²。而在 2010 年适宜密度范围相对较窄,丹玉 39 和郑单 958 的适宜密度范围分别为 49 500 ~ 54 000 株·hm⁻²和 67 500 株·hm⁻²。

结合气象因子进行分析可见:2007 年、2008 年属于正常年份,降水量适宜、光照充足,在高密度下,即使个体间竞争比较激烈,仍能满足个体发育对水

分和光照的需求,群体结构良好,使得品种的适宜密度升高,适宜密度范围变宽,其中 2008 年表现更为明显;2011 年的降水量虽然属于正常年份范围,但两个品种的适宜密度范围差异较大。进一步分析发现,7 月上旬降水量(10.8 mm)偏少,此时正值中晚熟品种的开花、授粉期,受干旱影响较重。而晚熟品种由于生育进程在此之后,受影响相对较小。而 2010 年属于典型的多雨寡照年,尤其是 7—8 月降水量偏多,光照不足,使群体内个体的需求难以满足,严重影响幼穗发育和籽粒形成。因此,高密度下导致空秆比例高和严重秃尖,致使品种的适宜密度降低,适宜密度范围变窄。

表 2 不同年份的适宜密度及适宜密度范围

Table 2 The optimum density and suitable density range in different years

年份 Year	丹玉 39 Danyu 39			郑单 958 Zhengdan 958		
	最高产量 Maximum yield /(kg·hm ⁻²)	最适宜密度 Optimum density /(株·hm ⁻²)	适宜密度范围 Suitable density range /(株·hm ⁻²)	最高产量 Maximum yield /(kg·hm ⁻²)	最适宜密度 Optimum density /(株·hm ⁻²)	适宜密度范围 Suitable density range /(株·hm ⁻²)
2007	10123.5	54000	49500 ~ 58500	12058.5	60000	52500 ~ 67500
2008	11065.5	58500	45000 ~ 63000	12796.5	75000	60000 ~ 82500
2010	7854.0	49500	49500 ~ 54000	9042.0	67500	—
2011	10992.0	49500	49500 ~ 63000	11355.0	67500	60000 ~ 67500

2.3 冠层结构参数对年际间气象因子变化的影响

2.3.1 株高 由图 1 结果可见,同一品种在年际间变化较大,变异系数为 5.3% ~ 7.5%,其中 2008 年

最大。晚熟品种丹玉 39 在 2008 年株高最高,为 329.8 cm,2010 年最低,为 278.4 cm。两年相差 51.4 cm,达 15.6%。2009 年的株高明显低于 2008 年,两

年相差 45.3 cm,即 13.7%。2007 年、2011 年与 2008 年的差异相对较小,分别比 2008 年降低 2.1% 和 10.9%;中晚熟品种郑单 958,除了 2007 年以外,其株高在年际间的变化趋势与丹玉 39 一致(图 1)。2010 年比 2008 年降低 10.78%。2007 年分别比 2009 年和 2010 年降低 6.66% 和 1.80%。可见玉米株高受环境条件影响很大。

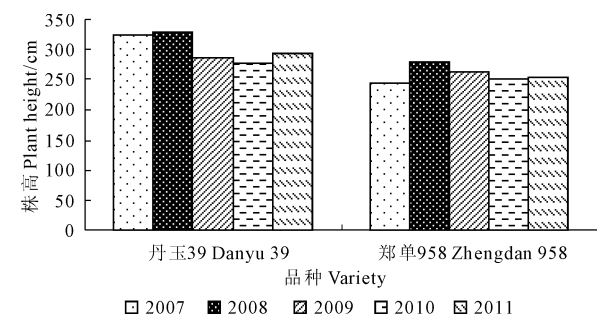


图 1 不同品种年际间的株高变化

Fig.1 The change of plant height of different varieties in different years

注:图中 2007—2011 分别代表 2007、2008、2009、2010、2011 年,下同。

Notes: 2007—2011 in the figure represent the year of 2007, 2008, 2009, 2010 and 2011, respectively. The same as below.

与各气象因子进行相关分析表明,拔节至抽雄期间的降水量对玉米株高的影响较大。参试品种在 6 月 20 日左右进入拔节期,7 月 20 日左右株高伸长结束。考虑到降水对土壤水分含量影响的后效性,以 6 月 10 日至 7 月 10 日期间的降水量与株高进行相关分析,结果表明,丹玉 39 株高与 6 月中旬至 7 月上旬降水量呈正相关关系,相关系数为 0.88($P < 0.05$),达到显著水平(图 2)。郑单 958 的株高与此期降水量之间无明显的相关关系,但进一步研究发现,郑单 958 株高与 6 月中旬至 6 月下旬的降水量关系密切(图 3)。相关分析表明,二者之间存在极显著的正相关关系,相关系数 0.96($P < 0.01$),显然与该品种生育期相对较短、茎的发育较丹玉 39 更早有关。积温和日照时数与株高无明显的相关关系。丹玉 39 和郑单 958 的株高与积温、日照时数的相关系数分别为 0.21、-0.45 和 -0.63、-0.48,均未达显著水平。说明该地区拔节期至抽雄期的降水量对玉米株高形成影响较大,积温和日照时数则对其影响较小。

2.3.2 叶面积指数 对叶面积指数分析表明(表 3),年际间 LAI 存在一定的差异。丹玉 39 年际间 LAI 差异较大,2007 年和 2008 年各时期 LAI 明显低于 2010 年和 2011 年。郑单 958 年际间 LAI 变化则

相对较小。进一步分析发现,2008 年丹玉 39 和郑单 958 吐丝期到灌浆中期的 LAI 下降速度明显小于 2007 年、2010 年、2011 年,说明 2008 年高产的原因在于灌浆前期有较大叶面积指数和较长的叶片功能期。虽然 2010 年在成熟期也保持较高的叶面积指数,但是由于低温寡照严重影响玉米干物质的合成、转运,进而使产量明显低于常年。

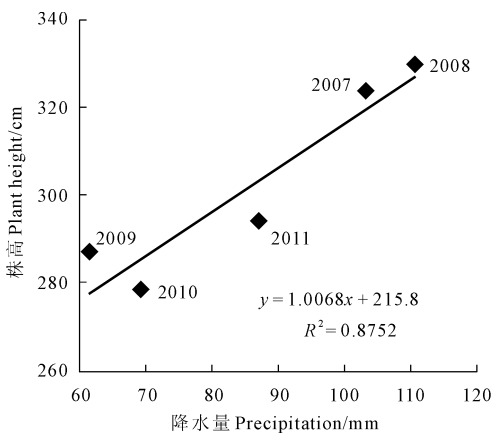


图 2 丹玉 39 株高与 6 月中旬至 7 月上旬降水量的关系

Fig.2 The relationship between plant height of Danyu 39 and precipitation from June 11 to July 10

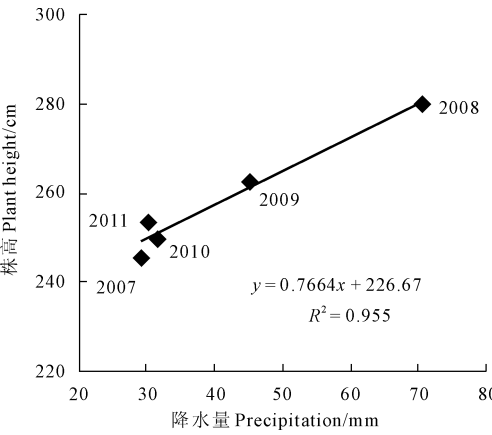


图 3 郑单 958 株高与 6 月中、下旬降水量的关系

Fig.3 The relationship between plant height of Zhengdan 958 and precipitation from June 11 to 30

拔节至抽雄期是玉米快速生长期,此期间的环境条件对玉米最大叶面积指数形成影响较大。以最大叶面积指数与气象因子进行相关分析表明,此期间的降水量对 LAI 影响较大,其次为积温,再次为日照时数。进一步分析发现,6 月下旬降水量与叶面积指数呈负相关关系,丹玉 39、郑单 958 的相关系数为 -0.96($P < 0.05$)和 -0.97($P < 0.05$),均达到显著水平(图 4,图 5)。6 月下旬降水量偏多,光照较弱,利于节间伸长生长,叶片也相应变窄,叶面积指数并未明显增加。

表 3 不同时期的叶面积指数变化
Table 3 The change of LAI in different growth stages

品种 Variety	生育时期 Growth stage	年份 Year							
		2007		2008		2010		2011	
		LAI	比 CK 增加 Comparison to CK(± %)	LAI	比 CK 增加 Comparison to CK(± %)	LAI	比 CK 增加 Comparison to CK(± %)	LAI	比 CK 增加 Comparison to CK(± %)
丹玉 39 Danyu 39	吐丝期 Silking stage	4.86	CK	4.35	CK	5.2	CK	5.28	CK
	灌浆中期 Middle filling stage	3.94	18.89	4.03	7.36	4.58	11.95	4.61	12.73
	成熟期 Maturity stage	2.82	42.04	2.67	38.68	3.58	31.13	3.47	34.36
郑单 958 Zhengdan 958	吐丝期 Silking stage	4.89	CK	4.82	CK	5.00	CK	5.09	CK
	灌浆中期 Middle filling stage	3.96	19.03	4.17	13.49	3.93	21.25	4.34	14.66
	成熟期 Maturity stage	2.23	54.38	2.74	43.26	2.61	47.81	3.06	39.77

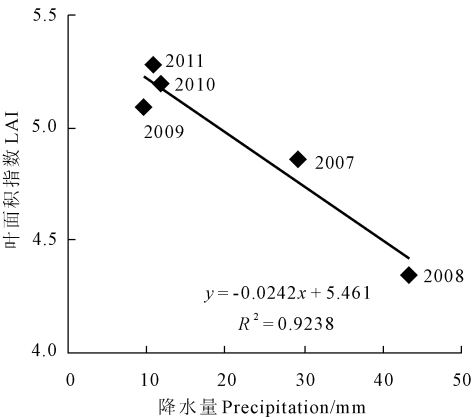


图 4 丹玉 39 LAI 与 6 月下旬降水量的关系
Fig.4 The relationship between LAI of Danyu39 and precipitation from June 21 to 30

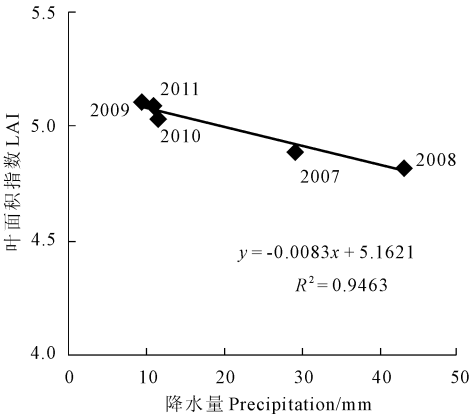


图 5 郑单 958 LAI 与 6 月下旬降水量的关系
Fig.5 The relationship between LAI of Zhengdan 958 and precipitation from June 21 to 30

2.3.3 叶向值 叶向值表示叶片上冲或在空间下垂的程度,是衡量植株形态的指标。对各年的叶向值分析表明(图 6),同一品种叶向值在年际间变化较大,变异系数为 5.2% ~ 23.3%,在 2011 年最高,

2007 年最低。丹玉 39 在 2011 年叶向值最高为 44.8,在 2007 年最低为 25.1,两年相差 19.7,即 43.9%。2008 年、2010 年叶向值与 2011 年相差相对较少,分别减少 22.8%和 11.2%。郑单 958 叶向值变化趋势与丹玉 39 完全一致,但年际间差异较小。在 2011 年叶向值最高为 56.6,2007 年最低为 50.1,两年相差 6.5,即 11.6%。2008 年、2010 年叶向值分别比 2011 年减少 6.5%、3.4%。

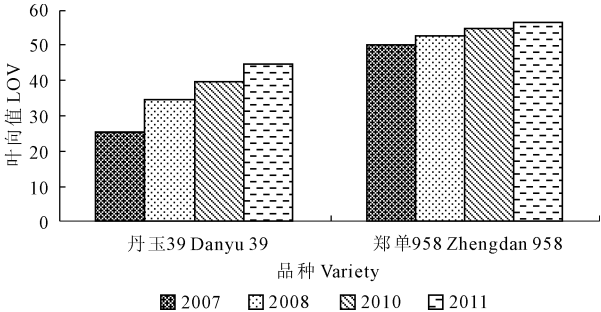


图 6 不同品种年际间叶向值的变化
Fig.6 The annual change of LOV of different varieties

叶向值与各气象因子相关分析表明,叶向值与整个生育期的积温、降水量、日照时数并无明显的相关关系。进一步分析发现,丹玉 39 和郑单 958 叶向值与 7 月上旬日照时数呈正相关,相关系数分别为 0.95($P < 0.05$)、0.96($P < 0.05$),均达到显著水平(图 7,图 8)。与 7 月上旬至 7 月中旬的积温呈正相关,相关系数分别为 0.93($P < 0.05$)、0.94($P < 0.05$),均达到显著水平。结合日照时数与叶向值的关系分析,温度与叶向值这种相关关系其实是由日照时数直接作用的结果。7 月上旬正值玉米抽雄前期,上部叶片尚未完全展开,会根据光照时间的长短及强弱,自动调节角度的大小,以适应外界环境条件的变化,使其处于最佳的受光状态。

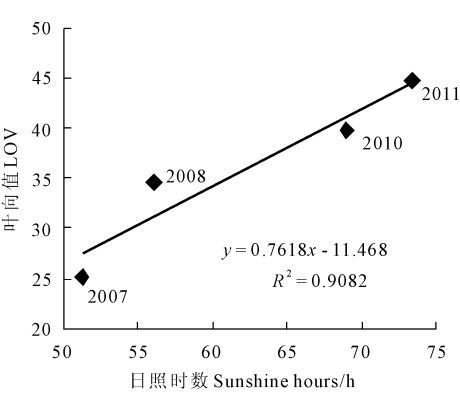


图 7 丹玉 39 叶向值与 7 月上旬日照时数的关系
Fig.7 The relationship between LOV of Danyu 39 and sunshine hours from July 1 to 10

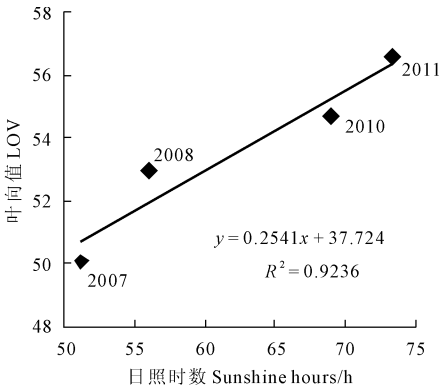


图 8 郑单 958 叶向值与 7 月上旬日照时数的关系
Fig.8 The relationship between LOV of Zhengdan 958 and sunshine hours from July 1 to 10

2.3.4 透光率 透光率是表示群体通透性即个体受光程度的指标。年际间冠层的透光率存在较大差异(图 9),越是下层差距越大。以郑单 958 为例,2011 年各层面的透光率最高,2010 年最低;在距地表 180 cm 处,年际间的透光率差异达到 12.6%,而在 120 cm 和 60 cm 处则分别达到 122.4% 和 244.4%。

以距地表 120 cm 处的透光率与各气象因子进行相关分析表明,透光率与各生育时期积温、降水

量、日照时数并无明显的相关关系。丹玉 39 和郑单 958 的透光率与积温、降水量、日照时数的相关系数分别为 -0.58 、 -0.51 、 -0.37 和 -0.41 、 -0.94 、 0.40 ,差异均未达显著水平。透光性除与群体密度有关以外,还与株形、株高及繁茂度等密切相关。以郑单 958 为例,透光率与株高、叶向值相关系数分别为 $0.84(P < 0.05)$ 、 $0.74(P < 0.05)$,均达到显著水平。进一步说明不同年份群体结构存在差异,群体结构良好有利于通风透光及光合产物的积累。

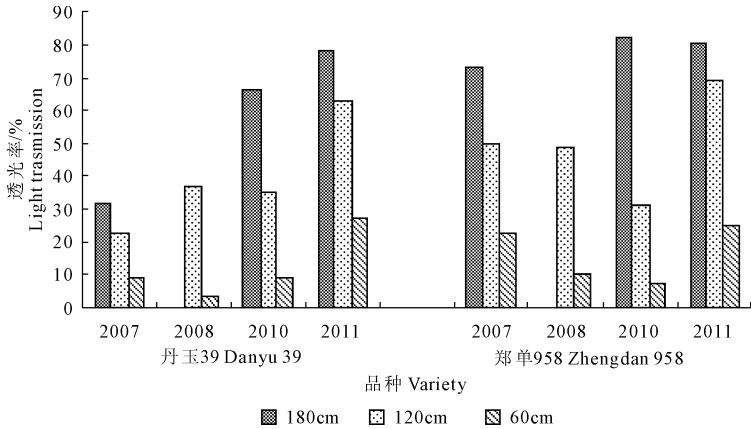


图 9 年际间不同层次透光率的变化
Fig.9 The annual change of light transmittance with different levels

3 结论与讨论

综合上述结果,玉米的群体结构对不同年份气象因子变化的反应不同。降水量和降水的时间分布是影响玉米群体结构的主要因子,其次是日照时数。受影响最大的是叶面积指数,其次依次为叶向值、株高、透光率。最终导致年际间的适宜密度和适宜密度范围发生变化,因而对产量产生影响。

群体结构主要取决于品种遗传特性和生理生化过程,同时也受种植方式和环境条件的影响。其中

种植密度对群体结构和功能的影响最大^[14],为避免密度的干扰,本研究在各年份均在同一密度下进行。

本试验表明,株高在不同年份间有较大差异。引起年际间株高变化的根本原因是降水,株高与株高形成期间的降水量密切相关,积温和日照时数对其影响较小。吐丝期到乳熟期群体叶片光合特性,特别是中上部叶片光合作用持续时间长短直接决定籽粒产量^[15-16],本试验研究结果与之基本一致。LAI 同株高一样,与拔节至抽雄期即株高形成期间的环境条件密切相关。其中 6 月下旬的降水量是影

响 LAI 形成的重要因子,而此期间积温、日照时数对其影响较小。

叶向值是冠层结构的一个重要组成部分,影响群体的受光状态。叶向值越大即叶片越直立,群体透光性越好,反之透光率越差。本试验表明,年际间其叶向值差异较大,叶向值与 7 月上旬的日照时数密切相关,此时光照时间长短及强弱对上部叶片的伸展状态产生影响。

冠层的透性及光的分布与冠层结构密切相关,透光率是一个重要指标。本试验表明,年际间透光率存在较大差异。透光率与气象因子并无明显的相关关系,但进一步分析发现,透光率与叶向值呈显著正相关关系,株高的高低对透光率也有一定的影响。

本研究仅反映郑单 958 和丹玉 39 群体结构对年际间气象因子变化的反应。它不同于一般性的单因子试验,尽管品种、密度、施肥及田间管理等是在人为控制下进行的,但各气象因子都是自然条件下的、变化的和不可控的,各因子之间既有其独立性又存在错综复杂的相互关系。其它品种是否有同样的结果还有待于进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 黄高宝,张恩和,胡恒觉.不同玉米品种氮素营养效率差异的生态生理机制[J].植物营养与肥料学报,2001,7(3):293-297.
[2] 李少昆,赵 明.不同基因型玉米光合作用强度的调控研究

[J].石河子大学学报,1998,2(3):245-250.
[3] 陈 亮,史振声,李凤海,等.辽宁省不同熟期玉米品种的产量及其相关性状比较[J].种子,2010,29(5):68-71.
[4] 史振声,杨 扬,李凤海,等.玉米品种丹玉 39 的增产潜力研究[J].种子,2010,29(3):72-74.
[5] 田志刚,田俊芹,曹治彦,等.播种期对夏玉米产量及主要性状的影响[J].河北农业科学,2006,10(4):14-15.
[6] 李言照,东先旺,刘光亮,等.光温因子对玉米产量及产量构成因素值的影响[J].中国生态农业学报,2002,10(2):86-88.
[7] 马雅丽,王志伟,栾 青,等.玉米产量与生态气候因子的关系[J].中国农业气象,2009,30(4):565-568.
[8] 东先旺,刘绍棣,刘培利,等.光温条件对高产夏玉米产量及产量性状的影响[J].莱阳农学院学报,1991,8(3):192-197.
[9] 李潮海,刘 奎,周苏玫,等.不同施肥条件下夏玉米光合对生理生态因子的响应[J].作物学报,2002,28(3):265-269.
[10] 齐 华,梁 熠,赵 明,等.栽培方式对玉米群体结构的调控效应[J].华北农学报,2010,25(3):134-139.
[11] 张永亮,史振声,李凤海,等.稀植与密植型玉米品种对密度反应的差异[J].中国种业,2008,(6):30-32.
[12] 史振声,孙 萌,李凤海,等.辽宁西部地区玉米密植潜力研究[J].玉米科学,2010,18(4):99-102.
[13] 杨国虎,李 新,王承莲,等.种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究[J].西北农业学报,2006,15(5):57-60.
[14] 李 明,李文雄.肥料和密度对寒地高产玉米源库性状及产量的调节作用[J].中国农业科学,2004,37(8):1130-1137.
[15] 胡昌浩,董树亭,岳寿松,等.高产夏玉米群体光合速率与产量关系的研究[J].作物学报,1993,19(1):63-69.
[16] 王 谦,陈景玲,孙治强.用 LA-2000 冠层分析仪确定作物群体外活动面高度[J].农业工程学报,2005,21(8):70-73.

(上接第 14 页)

[16] 张玉烛,刘 洋,曾 翔,等.覆盖方式对旱作水稻后期冠层生理生态特性及产量的影响[J].中国水稻科学,2010,24(5):487-492.
[17] 刘冬青,辛淑荣,张世贵.不同覆盖方式对旱地棉田土壤环境及棉花产量的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(2):18-21.
[18] 傅兆麟,马宝珍,王光杰.小麦旗叶与穗粒重的关系[J].麦类作物学报,2001,21(1):92-94.
[19] 蔡庆生,吴兆苏.小麦籽粒生长各阶段干物质积累与粒重的关系[J].南京农业大学学报,1993,16(1):27-32.
[20] 郭文善,封超年.小麦开花后源库关系分析[J].作物学报,1995,21(3):334-340.
[21] Saratha Kumudini, David J Hume, Godfrey Chu. Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration[J]. Crop Science, 2001,41(3):391-398.
[22] 陈艳秋,宋书宏,张立军,等.夏播菜用大豆生长动态及干物质积累分配的研究[J].大豆科学,2009,28(3):468-471.
[23] 闫志利,吴 兵,党占海,等.农田旧膜再利用方式对胡麻生理特性及产量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(2):1-6.
[24] 潘廷慧,张振福,李殿一,等.亚麻干物质积累与氮磷钾吸收分

配的研究[J].中国麻作,1996,18(1):34-36.
[25] Gan Y T, Steobbe E H. Seedling vigor and grain yield of roblin wheat affected by seed size[J]. Agron J, 1996,88:456-460.
[26] 孟凡德,马 林,石书兵,等.不同耕作条件下春小麦干物质积累动态及其相关性状的研究[J].麦类作物学报,2007,27(4):693-698.
[27] 闫志利.豌豆对水分胁迫的响应及复水效应研究[D].兰州:甘肃农业大学,2009.
[28] 孙志洁.棉田残膜污染调查及其危害[J].河南农业科学,2006,(4):61-62.
[29] 刘志锋.残膜对棉花生长的影响及应对措施[J].农机科技推广,2009,(3):35-36.
[30] 王甲辰,刘学军,张福锁,等.不同覆盖物对旱作水稻生长和产量影响[J].生态学报,2002,22(6):922-929.
[31] 陈奇恩.中国塑料膜覆盖农业[J].中国工程科学,2002,4(4):12-17.
[32] 赵聚宝,梅旭荣,薛军红.秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J].中国农业科学,1996,29(2):59-66.
[33] 高亚军,李生秀.旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J].农业工程学报,2005,21(7):15-19.