

种植密度对玉米产量及生长发育的影响

尹枝瑞 田海云

(吉林省农科院玉米所)

摘 要

本试验研究了种植密度在产量构成中的作用。种植密度适宜时子实产量较高。密度与肥力间存在着高肥力宜密、适宜的密度范围较宽，低肥力宜稀、适宜的密度范围较窄的关系。当种植株数超过适宜密度范围的上限时，植株的生育受到阻碍，表现出叶速度慢、吐丝期延迟、雌穗小花数减少，败育粒数增多。这些现象在高肥条件下主要是光照不足造成的，在低肥条件下主要是肥力不足造成的。从丰产稳产出发，大面积生产上的种植密度，应在合理密度范围内选取中值或低值。

有关玉米种植密度的报导是比较多的，它与肥力的关系以及对植株生育的影响等方面的文章也较多。但在我省中部玉米主产区，过去对这方面的研究很少，因此我们以吉单101为基础试验材料，进行了五年的多点试验研究。主要目的明确密度对产量、植株及果穗生育的影响、与土壤肥力和施肥量之间的关系，探讨在不同条件下的适宜密度以及进一步提高产量的途径。

试验处理与方法

试验于1979—1981及1984—1985年在公主岭地区高、中、低三种肥力地块上进行。密度分级为：每公顷3.5、4.5、5.5、6.5万株。在中、低肥力地块上的施肥水平分为两个处理，一为每公顷450公斤（种肥225公斤复合肥，追肥为225公斤硝酸铵）；一为每公顷650公斤（种肥325公斤复合肥，追肥325公斤硝酸铵）。试验小区为10行区，收中间4行测产，重复3—4次。生育期间进行定株及取样调查。

试验结果与分析

一、密度对产量及其构成要素的影响

1. 对产量的影响 密度对产量是有影响的，它的影响与产量水平及肥力（土壤肥力及施肥量）有关，即随产量水平及肥力的提高，对产量的影响相对较小；反之，在产量水平低、肥力不足时，影响相对较大（表1）。在公顷产量为8,800—9,000公斤的高肥条件下，公顷保苗株数3.5—6.5万株，造成的产量之差仅在2—3%之间；产量为7,000公斤的上等肥力下，产量之差可达8%；产量为6,300公斤的中等肥力下，最大产量之差可达20%左右；在公顷产量只有3,000公斤的瘠贫肥力下，在3.0—4.5万株的密度范围内，产量相差5%左右。

若把肥力和密度的作用分别加以剖析，从表1可以看到，在高、低悬殊的肥力条件下，同为每公顷4.5万株时，产量幅度在9,000—3,000公斤之间，相差2倍；而在一般肥力条件之下，不同密度之间的产量之差一般为10—15%。说明地力和施肥是产量的基础，

表 1

种植密度对产量及叶面积的影响

项 目 密 度 (万株/公顷)	产 量		单株叶面积 (平方厘米)	叶面积 系 数	备 注
	公斤/公顷	%			
3.5	8813	97.9	9716	3.4	两年三块地 平 均
4.5	9000	100.0	8389	4.0	
5.5	8628	98.1	8727	4.8	
6.5	8761	97.2	6463	5.5	
3.5	7149	96.7	8573	3.0	两年三块地 平 均
4.5	7387	100.0	7778	3.5	
5.5	7101	96.1	6727	3.7	
6.5	6797	92.0	6462	4.2	
3.5	6151	96.8	7144	2.5	两年四块地 平 均
4.5	6352	100.0	6667	3.0	
5.5	6335	99.7	6183	3.4	
6.5	6176	97.2	6155	4.0	
3.0	5117	91.2	7334	2.2	两年两块地 平 均
3.5	5612	100.0	6573	2.3	
4.5	5192	92.5	6889	3.1	
5.5	5060	90.5	6182	3.4	
6.5	4229	79.8	5847	3.8	
3.0	3024	100.0	—	—	一年一块地
3.5	2757	91.2	—	—	
4.5	2891	95.6	5555	2.5	

合理的密度只能起到调节群体和个体的矛盾，使玉米更能充分地利用地力和光能的作用，从而获得较高的产量。

2. 对产量构成要素的影响 密度对产量的影响，是通过产量构成要素的变化反应出来的。密度增加以后，穗数随着增加，在一般的密度条件下，单穗型品种的穗数与种植株数基本相同，但是单穗粒数和百粒重却程度不同地减少。单位面积上的子实产量只有在穗数、每穗粒数以及百粒重的乘积最大时产量才最高。从表 2 可见，在公顷产量 9,000 公斤的高肥条件下，4.5 万株产量构成要素的乘积最大，在产量 3,700 公斤的低肥条件下，

表 2

密度对产量构成要素的影响

项 目 密 度 (万株/公顷)	高 肥					低 肥				
	穗数 /公顷	粒数 /穗	百粒重 (克)	单穗粒重 (克)	公斤 /公顷	穗数 /公顷	粒数 /穗	百粒重 (克)	单穗粒重 (克)	公斤 /公顷
3.0	—	—	—	—	—	3.0	480	23.9	139	4157
3.5	3.5	691	36.6	246	8808	3.5	405	24.8	100	3515
4.5	4.5	625	33.5	209	9417	4.5	334	24.8	83	3728
5.5	5.5	542	30.5	165	9091	—	—	—	—	—
6.5	6.9	458	29.5	135	8772	—	—	—	—	—

3.0万株的乘积最大。

二、密度对植株生长发育的影响

1. **植株生育速度减慢** 出叶速度，出苗后50天，在高肥区，每公顷6.5万株的比3.5万株的全展叶少0.6—1.3片，可见叶少0.8—1.7片；中肥区，全展叶少0.4—0.5片，可见叶少1.0—1.3片。

吐丝期，随密度加大而后延，若以每公顷3.0万株为基数，大约每增加700株，吐丝期就后延1.5天左右。在高肥区，6.5万株的比3.5万株的晚4天；中肥区晚3天；低肥区5.5万株的比3.0万株的晚3天。

2. **对叶面积的影响** 密度加大以后，单株叶面积随之减少，但是群体叶面积（用叶面积系数表示）还是相对加大（表1）。在高、中、低三种肥力地块上，6.5万株的与3.5万株的相比，单株叶面积缩小12—14%，群体叶面积却增加60—65%。可见，在肥力条件相同时，群体叶面积大小主要是由株数决定的。试验证明，只有叶面积适宜时，产量才相对较高，从表1可见，在每公顷产量为9,000、7,000、6,300、5,500、3,000公斤的水平下，适宜的叶面积系数顺次为4.0、3.5、3.0、2.3和2.3以下。

3. **对茎秆性状的影响** 密度对株高的影响，还伴随着土壤肥力的作用，即在高肥区，随密度加大，株高增加，6.5万株的株高为287.6厘米，比3.5万株的（株高为277.3厘米）高10.3厘米；在中肥区，基本没有变化；在低肥区随密度加大而降低，5.5万株的株高为240厘米，比3.0万株的（株高为258.7厘米）低18.7厘米，它的降低是同密度加大肥力不足生育受到抑制的表现。

穗位高，它受密度影响的变化趋势同株高相一致。在高肥区，6.5万株的为109.6厘米，比3.5万株的（穗位高为94.4厘米）高15.2厘米，并且密度大的穗位高占株高百分比升高，6.5万株的为38.1%，3.5万株的34%，它的这种变化，自然使植株上部叶片着生相对密集，呈现出一副头重脚轻的长相，生育后期遇有大风或暴雨，极易倒伏，这是高肥条件下密度加大产量不稳定的主要因素之一。在中肥区，它基本不受密度的影响。在低肥区穗位高随密度加大呈下降趋势，5.5万株的为65.2厘米，比3.0万株的（76.6厘米）低11.4厘米，也是因肥力不足，生育受到抑制的结果。

4. **对果穗发育的影响** 雌穗小花数，有随密度增加而减少的趋势，据6年（1979—1984年）的调查资料（吉单101，下同），在高肥区，每公顷3.25、4.5、6.5万株的条件下，总花数顺次为927、914、887个，密度间差异不显著，增加到8.0万株时，花数明显减少，为847个，与密度间的差异达到显著及极显著水准。在中肥区的上述密度下，花数顺次为923、916、838、836个，到6.5万株时，差异达到了显著水准。在低肥区，密度由2.75万株增加到5.5万株时，总花数由864个减少到837个。

未受精花，密度加大使未受精花增多，增多的部分主要是由于果穗发育不良，穗顶部部分小花的花丝伸不出苞叶造成的。在高肥区，3.5万株的，果穗上所有花丝全能伸出苞叶接受天然花粉；4.5万株的，只是个别果穗有极少数的花丝伸不出苞叶；6.5万株的，伸不出苞叶的花丝较多，平均每穗40个左右。在低肥区的趋势相同，即密度由2.7万株增加到5.5万株时，平均每穗伸不出苞叶的花丝由22.2个增加到49.8个。

败育粒（指受精胚在灌浆过程中停止发育的），随密度加大明显增多。其中早期败育

粒数受密度影响最大。在高肥区，6.5万株的每穗早期败育粒228.7个，比3.25万株的（73.9个）多154.8个；在低肥区，6.5万株的为321个，比3.25万株的（189.1个）多131.9个。中、晚期败育粒数受密度影响不大。

5. 对子粒灌浆的影响 子粒干物重积累的数字表明，不论在高肥区还是在低肥区，密度对子粒灌浆速度基本没有影响，但是密度大的，成熟时百粒重下降，子粒含水量偏高（表3）。1979年9月25日收获时，子粒干重相差10%，子粒含水量相差2.5%。1980年

表3 密度对子粒灌浆的影响

项 目 密度 (万株/公顷)	抽丝期 (月·日)	抽丝后10天		20天		30天		40天		50天		收获时	
		百粒干重 (克)	为最后干 重(%)	干重	%	干重	%	干重	%	干重	%	干重	水分 (%)
3.5	7·18	0.616	1.85	7.29	21.85	16.74	50.12	23.94	71.36	29.1	87.29	33.36	27.2
4.5	7·19	0.560	1.75	6.36	19.84	16.04	50.00	24.94	77.79	29.5	92.01	32.06	29.3
6.5	7·23	0.800	2.65	6.90	22.90	15.82	52.45	22.64	75.17	27.58	92.56	30.12	29.7

成熟时子粒干重相差20%以上，这主要是密度大的吐丝晚，灌浆不充分、子粒脱水慢造成的。1979和1980两年，高肥区每公顷5.5万株的和6.5万株的，于吐丝后40天开始出现程度不同的倒伏，直接影响子粒灌浆，收获时子粒含水量高、品质下降。

三、影响种植密度的因素

1. 品种特性 在同一熟期组内，由于品种特性不同，对密度的反映也不一样。在每公顷产8,000—9,000公斤的高肥地块下，吉单101、四单8等叶片平展型的品种，每公顷4.5万株产量最高；吉单122具有株型收敛、根系发达、秆强抗倒伏的特点，较耐密植，每公顷6.0万株时，产量仍然较高；吉单118每公顷4.2万株较为适宜。

2. 土壤肥力和施肥水平 适宜的种植密度，随肥力水平的高低而变动，呈现出“肥力高宜密、肥力低宜稀，并且肥力高适宜的密度范围较宽、肥力低适宜的密度范围较窄”的趋势。在高、低肥力水平之间，适宜的密度范围在每公顷4.5—3.0万株之间。随着施肥水平的提高，种植株数可以适当增加，但是增加的幅度应该与可能达到的产量水平相适应。如表4，在中肥地块上，施肥量增加以后，每公顷产量由5,612公斤提高到6,844公斤，密度由3.5万株增加到4.5万株，但超过4.5万株后，产量下降。在低肥地块，增施肥料以后，产量由3,000公斤提高到4,900公斤时，密度应由3.0万株增加到3.5万株。

表4 增施肥料对密度的影响(1980—1981年)

项 目 密度 (万株/公顷)	子粒产量			
	一般肥量区		增施肥量区	
	公斤 /公顷	%	公斤 /公顷	%
3.0	5115	91.1	5854	85.5
3.5	5612	100.0	6217	90.8
4.5	5662	90.2	6844	100.0
5.5	5062	90.2	6490	94.8

四、高密度栽培减产原因的分析

为了分析高密度栽培减产的环境因素，在1980—1982年于玉米吐丝期做了密度减半（从地面隔株砍去整个植株）试验。结果是，密度减半后叶片的光合生产率及叶绿素含量

都有所提高，在高肥区更明显（表5）。密度减半后，植株的营养状况（地上部主要是光照，地下部主要是肥力）均得到改善。在高肥区营养体繁茂，进行高密度栽培，群体内透光不良，密度减半以后，群体内的光照条件立即得到改善，光合产物增多，改善了果穗

表5 密度减半对光合生产率和叶绿素含量的影响 1980年

处 理 (万株/公顷)	项 目	光合生产率 (mg/dm ² ·小时)		叶绿素含量 (mg/100cm ²)	
		8月4日	8月18日	穗 位 叶	穗位上第2叶
高肥区	3.25	7.39	10.17	7.975	7.943
	6.5/2	5.56	10.39	7.863	7.851
	6.5	4.04	8.75	7.365	7.638
低肥区	3.25	—	—	6.547	7.092
	6.5/2	—	—	6.397	6.873
	6.5	—	—	6.351	6.820

的营养状况，表现在未伸出苞叶的花丝继续伸出，未受精花数及早期败育粒数大量减少，单穗成熟粒数显著增加，这是将要遭到削减的“库”被增多了的“源”充实的结果（表6）。

吐丝期密度减半对单穗成粒数的影响

表6 (1980—1982年)

处 理 (万株/公顷)	项 目	未受精花 (个)	败育粒 (个)				成粒数
			早	中	晚	计	
高肥	3.25	89	74	57	19	150	668
	6.5/2	116	131	50	15	196	550
	6.5	162	229	44	11	234	424
低肥	3.25	127	189	95	4	238	493
	6.5/2	165	234	85	0.7	320	346
	6.5	173	269	54	0.8	324	317

在低肥区，营养体不繁茂，地上部个体争光的矛盾不突出，密度减半后，只是早期败育粒有所减少，这是地下部的肥力状况得到缓解的表现，但中期败育粒又有增加，从总体来说，这种缓解作用对增加成粒数还是有效的（表6）。

由上可见，在高肥条件下高密度栽培，“源”不足主要是由光照不良造成的；在低肥条件下“源”不足主要是土壤肥力不足造成的。

讨 论

从试验结果可以清楚地看到：同一密度在高、中、低三种肥力条件下的产量比例大体为3:2:1，从某种意义上说，产量的高低主要是地力和施肥这一因素决定的，适宜的种植密度只是在肥力的基础上，协调了群体和个体的矛盾，获得较好的产量水平；当密度大于适宜的范围时，在高肥区群体内部光照不足，低肥区肥力不足是限制产量的主要因素；密度大的会使吐丝期延迟、子粒含水量高，在低温冷害年份容易减产；在高肥区，密度大的植株基部节间拉长、穗位升高，容易倒伏；在干旱年份，密度大的会加剧植株争水的矛盾，加重早相对子粒灌浆的危害等等。明确这些问题对纠正生产上不考虑地力水平，认为增加株数就可以提高产量，或者认为增施一些肥料就可以大幅度地增加株数的作法是有一定作用的。

从生产发展的角度看，当肥力、水分以及栽培技术水平不再是提高产量的限制因素时，进一步提高产量的途径应该是高密度栽培，但是种植的品种应该具有耐肥水、抗倒伏、株型收敛、根系发达耐密植等特点。

参 考 文 献

- [1] 哲里木盟农业科学研究所: 玉米高产途径及技术措施研究总结, 1975 (油印本)。
- [2] 山东农学院农学专业改制科研组: 不同种植方式与密度对玉米生长发育的影响, 《山东农学院科研资料选编》, 1978第二期。
- [3] 范福仁等: 玉米密植程度研究, 《作物学报》, 2卷4期 63—11。
- [4] G.H.Dungan, et al. Corn Plant Population in relation to soil Productivity Advances in Agronomy, 1958.
- [5] J.H.Wilson: Effect of plant population on ear differentiation and growth in maize, Annals of applied Biology Vol 60 No. 1, 1978.

EFFECT OF PLANT DENSITY ON GRAIN YIELD AND DEVELOPMENT OF MAIZE

Yin Zhirui, Tian Hai yun

(Maize Research Institute, Jilin Academy of Agricultural science)

ABSTRACT

This article indicate that high grain yield of maize were given by satisfactory plant density (in certain location). The higher density with larger range of suitable plant densities were allowed at rich soil, and lower density with smaller range at poor soil. Increasing plant density over the max. limit of suitable density slowed down leaf elongation, delayed silking, increased the percentage of defective kernels and decreased floweret number/ear, then plant development were restrained. These were caused by weakly light at the high fertilizer condition and by the lackness of fertilizer on the poor soil.

In the light of these experimental results, the mid or lower suitable plant density for the high yield of maize in large area should be selected.