

玉米雌雄花序建成过程的研究

河北农业大学

張連桂 李伯航 馮光明

前人研究

了解与掌握玉米雌雄穗建成的时期，内外部形态建成过程以及其与生态因素的关系等，在实践和理論上都很重要。可以指导人們及时正确的安排田間管理措施，利用人为的条件，促进果穗发育，达到增产的目的。

关于玉米穗器官的建成，O.T.彭涅特(1940)、Φ.M.庫別尔曼(1958)、前华东农业科学研究所(1957)、陈善葆等(1959)、郑丕尧(1959)、北京师范大学(1959)等都先后有研究报导。但对穗建成和其它器官建成的关系，腋芽的消长过程，以及品种、播期、年分等不同因素的影响，尤其在我国条件下的表现，报导还少。茲将我校1959—1960两年研究的初步結果，介紹如下：

試驗材料及方法

供試品种：1959年为金皇后和华农二号，1960年为金皇后和北京农大四号（双杂交种）。春播播种期1959年为4月16日，1960年为4月18日；夏播播种期为6月22日。密度皆为每亩3,000株。試驗是在施肥水平較高的条件下进行的。

从出苗后四至九天起，每三天取样观察一次，每次取样五至十株（个别时期三株），观察其生殖器官分化过程并記載植株的其它

形态。收获后进行考种。穗建成过程中各个时期是按照Φ.M.庫別尔曼教授所提出的标准划分的。即（1）未伸长，（2）伸长，（3）結节，（4）小穗分化，（5）小花分化，（6）雌雄蕊分化，（7）性細胞形成，（8）抽穗（雄穗）或抽花絲（雌穗），（9）开花（雄穗）或授粉（雌穗），此后雌穗又分为：（10）乳熟，（11）蜡熟，（12）完熟。关于籽粒建成将另有专题报导。本文仅討論到雌穗建成的第九期。

試驗結果及討論

一、不同品种雌雄穗建成速度及持續日数

不同品种，由于其系統发育过程不同，因而对环境条件具有不同的要求和反映。在保定地区晚熟品种金皇后和早熟品种华农二号，二者同时播种，但在穗建成过程中各具有自己的特点（表一）。金皇后穗建成时期，較华农二号为晚，尤以雌穗的表现特別明显。从穗建成的持續日数来看，在雄穗方面，除第七期外，金皇后一般都比华农二号为长，尤其是在决定雄穗分枝和小穗数的前期长的更多。如第二、三期，金皇后約需五天，而华农二号仅三天；雄花第四、五、六期，前者分别为后者的三倍、二倍和一倍半，从而形成金皇后雄穗长、分枝多、小穗多的特点。

表一 不同品种、春、夏播穗建成速度及持续日数的差异

穗 建 成 期	春 播						夏 播					
	金 皇 后			华 农 二 号			金 皇 后			华 农 二 号		
	雄	穗	雌	雄	穗	雌	雄	穗	雌	雄	穗	雌
	日 (月/日)	持续 日数	日 (月/日)	持续 日数	日 (月/日)	持续 日数	日 (月/日)	持续 日数	日 (月/日)	持续 日数	日 (月/日)	持续 日数
1	—5/17		—5/31		—5/17		—?		—7/12		—?	
2	5/18—20	3	6/1—3	3	5/18—20	3	7/4—9*	6	7/13—22	10	7/4—6*	3
3	5/21—22	2	6/4—6	3			3/10—12	3	7/23—30	8	7/7—9	3**
4	5/23—28	6	6/7—12	6	5/21—22	2	7/13—18	6	7/31—8/2	3	7/10—18	9
5	5/29—6/3	6	6/13—18	6	5/23—28	6	7/19—27	9	8/3—6	4	7/19—22	4
6	6/4—12	9	6/19—24	6	5/29—6/3	6	7/28—8/2	6	8/7—12	6	7/23—27	5
7	6/13—24	12	6/25—27	3	6/4—18	15	8/3—9	7	8/13—16	4***	7/28—8/2	6
8	6/25—27	3			6/19—21	3	8/10—16	7	8/17—19	3	8/3—9	7
9	6/28		6/28		6/22		8/17		8/20		8/10	
2—9 期日数	—	41	—	27	—	35	—	44	—	38	—	37

* 第一次观察即为第2期
** 包括一部分第2期
*** 包括一部分第6期

关于雌穗分化。一般認為，晚熟品种生长期长，可能穗建成时期也长；但从第二期到第九期所需日数看来，金皇后反較华农二号少三天。应该指出的是：从第二期到第五期末，两个品种所需日数同为十八天。这阶段内的第二、三期，金皇后持續日数为华农二号的一倍；从第四期起，华农二号所需日数逐渐增长，超过了金皇后。

在夏播情况下，无论雄穗和雌穗，其分化所需时间，金皇后都比华农二号为长，雄穗多七天，雌穗多十三天；尤以雌穗分化第二、三期的表现较为明显。金皇后雌穗第二期需时十天，第三期需八天，而华农二号相应为三天和四天。自第四期至第八期完成，二者所經日数却极相近，金皇后需二十天，华农二号为十八天。更应指出的是：夏播条件下，金皇后雌穗分化第二期早三天于七月十三日开始。所有这些，都是金皇后果穗长大的有利条件。試驗結果表明：大穗型晚熟品种穗分化所需时间不一定长，有时反而較短；但在穗分化的某些阶段，还是需要較长的日数。

二、玉米雌穗（腋芽）
分化的消长动态

玉米果穗是由其植株上部腋芽发育而成，腋芽数的多少，关系到玉米的产量。一般晚熟品种叶数多，腋芽也多，早熟品种生长期短，叶少，腋芽也少。据观察，自第二真叶以上至頂端倒数第三至第六叶以下的各叶腋内都有腋芽。金皇后春播約有十四至十七个腋芽，夏播有十六至十九个腋芽；华农二号春播有十至十三个腋芽，夏播有十二至十五个腋芽。

每株上腋芽的出現并非同时的(表二)。据我們的观察，夏玉米在播后十二天，株高（把叶扯起高度）25.5厘米，平均有叶4.3片，这时基部已可明显看到有腋芽形成。此

表二 不同时期腋芽出现情况（春播）

日 期 (月/日)	金 皇 后		华 农 二 号	
	每 株 腋 数	腋芽分布 最高节位	每 株 腋 数	腋芽分布 最高节位
5/18	4.8	8	5.0	7
5/21	—	—	6.1	9
5/23	5.8	8	9.9	13
5/26	12.0	14	—	—

后逐渐向上分化，直到最上部腋芽出現，腋芽从开始到全部出現所需时间仅十八天至三十九天左右；此期的长短，与品种遗传特性有关，受环境条件影响也很大；金皇后品种春播时約在播后三十九天，而夏播只需十八天。

腋芽着生部位不同，营养条件各异，其发育过程中所形成的阶段性基础也不同，因而形成不同节位腋芽間质的差异。据观察，地表以下近基部各节腋芽多形成分蘖，这些分蘖和主茎一样，能长出很多的腋芽与正常的雄穗和果穗，但常較主茎分化为晚(表三)，茎較短，叶数少，腋芽少，雄穗分枝少，果穗生产效能低。因此，生产上常除去分蘖。

表三 主茎与分蘖发育情况比较
(华农二号))

	株高 (厘米)	叶数	雄穗分 化期	腋 芽 分 化 期			
				最上 腋芽	第二	第三	第四
主 茎	252.9	21	9	9	9	6	6
主茎第四 节 分 蘖	187.0	16	8	6	6	3	—
主茎第五 节 分 蘖	181.2	13	8	3	—	—	—

接近地面的腋芽，往往发育成为具有雌雄混合花序的穗子。果穗頂生，穗小粒少，生产意义不大，故在去蘖时也同时除去。在此以上的几节腋芽，初期发育正常，但在穗分化的第三、四期以后，多停止发育而逐渐

干枯死亡。再上数节，虽达三、四期不致干枯死亡，但往往发育成畸形穗：有的形成混合花序，有的籽粒行数较少，有的虽有花丝，但不结实成熟。

畸形穗以上的腋芽，发育较好，具有正常的生殖器官，有时吐出花丝，受粉受精，花丝变为褐红色，但也多不结实而中途干枯。

在一般栽培条件下，晚熟品种，其最上

部一、二个腋芽、早熟种二至四个腋芽多能正常分化发育，但只有一、二个果穗有经济意义。因此，如何促使下部腋芽成穗是今后值得探索的问题。

一株之上，各腋芽的分化并非同时，而是自下而上的进行的。但下部腋芽分化较慢，上部腋芽分化较快。到穗分化第四部，上下腋芽的分化速度相近。此后，上部腋芽分化加速，一直领先至成熟。（表四）

表四 不同时期腋芽分化时期的差异（金皇后夏播）

观察日期 月/日	株 别	植 株 各 节 腋 芽 分 化 期																		一株内上下腋芽 相 差 期 数
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
7/31	1		✓	✓	✓	3	3	4	4									1		
	2					✓	✓	2	2	3	3	3	4	4	4			2		
	3				2		2	2	3	3	3	3	3	3	3			1		
	4								✓	✓	3	3	4	4				1		
	5									3	4	4	4	4				1		
8/23	1						4	6	9	9								5		
	2								?	?	9	9	9					—		
	3							3	3	5	6	9						6		
	4							3	6	8	9							6		
	5							3		6	9							6		

注：“✓”表示该节位腋芽干枯，“？”表示该节位腋芽畸形

造成腋芽分化的这种情况，与养分的内部转移有关。据田治心等用 P^{32} 测定，在雄穗分化期，由于上部腋芽尚未出现，故养分的分配首先供给下部，各节的脉冲百分比是：第三节腋芽为21.5%、第四节6.4%、第六节1.9%，上部腋芽一经出现，养分运转开始转移，由于顶端优势，上部腋芽分化加速，而下部腋芽分化迟缓或停滞。如至雄花分化第八期，各节腋芽的脉冲百分比是：第九节腋芽3.6%，十节6.4%，第十四节12.6%，十六节最高达16%。

三、玉米雌雄穗建成 和其它形态的关系

1. 雌雄穗分化与叶数的关系

叶片数目与花序形成时期的联系，因品种和生长条件不同而异。根据对金皇后、华农二号两品种的观察（表五），展出叶约六片时，不论那个品种，春播或夏播，都处在雄穗分化第四期。当春播华农二号展出七片真叶，夏播展出六片真叶，春播金皇后展出八片真叶，夏播展出七片真叶时，腋芽生长点开始伸长。这时正是拔节期，是决定雄穗分枝和小穗多少，并为腋芽分化准备物质基础的时期。应适时、适量进行追肥、浇水，加强中耕，为壮苗壮株创造良好条件。

雄穗分化的第七期和雌穗第五期，春播华农二号出现十片展出叶，金皇后出现十二片展出叶，夏播华农二号出现十一片展出

表五 雌雄穗分化和叶数的关系

穗 分 化 期	金 皇 后								华 农 二 号							
	春 播				夏 播				春 播				夏 播			
	雄 穗		雌 穗		雄 穗		雌 穗		雄 穗		雌 穗		雄 穗		雌 穗	
	叶数	展出 叶数	叶数	展出 叶数	叶数	展出 叶数	叶数	展出 叶数	叶数	展出 叶数	叶数	展出 叶数	叶数	展出 叶数	叶数	展出 叶数
2	7.7	5.0	11.6	8.0	5.0	3.0	9.4	6.1	7.2	5.2	10.0	6.8	4.3	3.0	10.0	7.0
3	8.3	5.6	14.7	9.8	8	5	13.0	9.0							11.2	8.4
4	9.0	6.0	13.8	9.7	9.4	6.1	19.6	14.4	8.2	5.7	11.3	7.6	7.5	5.0	12.5	9.0
5	11.4	7.7	16.4	12.0	11.7	8.6	20.0	15.0	9.7	6.2	13.1	9.8	11.2	8.4	15.6	11.4
6	14.7	9.8	19.1	14.6	14.6	10.0	20.2	17.2	11.3	7.6	13.8	11.7	12.5	9.0	17.8	14.5
7	16.4	12.0	20.9	19.1	20.0	15.0			13.1	9.8	15.7	14.6	15.6	11.4	18.2	17.6
8	20.9	19.1			19.3	18.0	20.0	20.0	15.7	14.6	15.7	15.7	16.8	14.4		
9	20.4	20.4	20.4	20.4	20—22	20—22			15.7	15.7	16.0	16.0	18.4	18.4	18.4	18.4

叶，金皇后出现十五片展出叶。此时正是孕穗期，营养状况的好坏对雄穗性细胞的发育和雌穗花数多少和穗子长大有着决定意义。是玉米生产关键时期，及时充分地供应肥水是十分重要的。

2. 雌雄穗分化和根茎日增长量的关系。

玉米在雌穗分化第四期以前，根数的日增长量较少（表六），第四期后，植株进入拔节期，根数迅速增加，而以雌穗分化的第六、七期，雌穗分化的第四、五期增长最

快。开花散粉时根数增长又一度加大，此与支持根大量入土有关。

茎的增长前期亦较平稳，从雌穗分化第五期起开始显著增加。以雌穗第七期，雌穗第五期为最高，日增长量达7—8厘米，此后增长量又略降低，至散粉期维持日增长5—6厘米的水平。

3. 雌雄穗分化的对应关系

玉米雌雄穗分化有对应关系，二者的协调生长，保证了雌雄穗的正常授粉和受粉，发育成为果穗。

玉米雌穗分化开始较雌穗早九至十五天，夏播时，雌穗分化开始略有提前。一般情况下，正当雄穗进行小穗或小花分化时，植株上部腋芽生长点开始伸长（表七），此时约处在拔节期。雌穗达第七期时，雌穗处在第五、六期，时间约在抽雄前的七至十天（有的达半个月）左右，正是孕穗期。当雌穗抽出时，雌穗多处在第七期，在夏播时，还有一部分在第六期，这时雌穗发育迅速，抽出花丝，雌穗散粉，进行授粉和授精。

表六 雌雄穗分化和根茎日增长量的关系（春播）

穗 分 化 期		根 增 长 量 (条/日)		茎 增 长 量 (毫米/日)	
雄 穗	雌 穗	金皇后	农大四号	金皇后	农大四号
1		0.51	0.40		
2		0.50	0.78		
3		0.40	0.43	2.7	2.6
4		0.94	0.87	3.0	3.3
5	2—3	0.80	1.32	39.7	31.8
6	4	2.45	2.43	61.0	55.9
7	5	1.23	1.10	75.0	83.7
8	6	0.67	0.70	61.1	65.2
9	7—8	3.90	1.10	51.0	63.4

表七 玉米雌雄穗分化的对应关系

品 种	春 夏 播	雌 雄 穗	穗 分 化 期								
金 皇 后	春 播	雄 穗	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		雌 穗				1	1—2	3—4	5—6	7—8	9
	夏 播	雄 穗	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		雌 穗			1	2	2—3	3—4	5—6	6—7	8
华农二号	春 播	雄 穗	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		雌 穗				1	1—3	4	5—6	7	8
	夏 播	雄 穗	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		雌 穗				1—2	3	4	5—6	7—8	9

四、春夏播对穗建成过程的影响

实践证明：夏播较春播生育期大大缩短。从表八可以看出，金皇后夏播比春播生

育期约缩短十六天，华农二号约缩短十二天。从穗分化所需日数和授粉至成熟日数比较，春夏播相差较少，夏播早熟主要表现在播种至生长点伸长阶段上，此期金皇后雄穗

表八 春、夏播对穗建成速度的影响

品 种	春 夏 播	雌 雄 穗	播种至成熟日数	授粉至成熟日数	穗分化所需日数	播种至穗分化 2 期 日 数
金 皇 后	春 播	雄 穗	—	—	41	31
		雌 穗	126	54	27	45
	夏 播	雄 穗	—	—	44	12
		雌 穗	110	51	38	21
华 农 二 号	春 播	雄 穗	—	—	35	31
		雌 穗	102	33	30	39
	夏 播	雄 穗	—	—	37	12*
		雌 穗	90	41	25	24

* 第一次观察即为第二期

缩短十四天，雌穗缩短二十四天；华农二号雌穗缩短十八天，雌穗缩短十四天。此时处于春化阶段，温度对发育起着主导作用。气象材料表明，播种至雌穗第二期，平均每天累积温度，金皇后春播为18.8℃，夏播24.64℃，华农二号春播18.08℃，夏播25.76℃。由于夏播时温度高，种子吸水萌动快，通过阶段发育也快，所以天数大大缩

短。然不同品种反应不一，平均每升高1℃，金皇后缩短四天，华农二号缩短二天左右。说明晚熟品种对温度更为敏感。

夏播虽然成熟较早，但从生长锥伸长至小花分化所经日数却大大增长（表九），金皇后雄穗增长四天，雌穗增长九天，华农二号雄穗增长十天，雌穗增长三天左右，一般认为此时多处在光照发育阶段，表九资料表

表九 春夏播对雌雄穗分化2—5期的影响

	春播金皇后		夏播金皇后		春播华农二号		夏播华农二号	
	雄穗	雌穗	雄穗	雌穗	雄穗	雌穗	雄穗	雌穗
所需日数	11	12	15	21	5	9	15	12
累积积温(°C)	248.7	257.9	386.3	568.2	101.1	218.8	386.7	321.9
平均气温(°C)	22.6	21.5	25.8	27.1	20.2	24.3	25.8	26.8
累积光照小时*	120.7	84.7	98.7	166.0	49.7	89.9	98.7	93.9
平均日光照小时*	10.97	7.06	6.60	7.90	9.90	9.99	6.60	7.80

* 光照小时为乔士唐氏日照计测定

明：在这一阶段夏播比春播金皇后雄穗日平均温度增加3.2°C，雌穗增加5.6°C，华农二号雄穗增加5.6°C，雌穗增加2.5°C。从光照情况来看，夏播者此时平均日光照都有所缩短。玉米原产热带，喜高温、短日照，上述条件似对玉米渡过光照阶段有利。此期的延长可能与累积光照小时数的增长有关。

一般认为，雌穗对光照较为敏感。试验结果表明：不同品种反应不一，晚熟品种金皇后，穗分化第二期至第五期，雌穗比雄穗延长五天，华农二号同期反而较雄穗缩短三至七天。由于资料不多，原因尚难判明。初

步看来，可能与温度有关，金皇后此期雌穗比雄穗所遇温度高2.4°C，华农二号反而低了3.1°C。

夏播下雄穗分化的第二期至第五期尤其第二期大大延长（表一），此时正是叶片分化期，温度高，时间长，对叶片分化有利。据统计：金皇后春播平均长二十个叶，夏播平均长二十二个叶，华农二号春播平均长十六个叶左右，夏播平均长十八个叶以上，夏播比春播增多二片叶，叶数增多，腋芽增加，果穗着生节位也略有提高（表十）。

表十 果穗在植株各节位着生百分率（%）

品 种	春 夏 播	植 株 节 位											
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
金 皇 后	春 播				6	16	34	14	26	4			
	夏 播		4	4		8	14	30	18	12	6	4	
华 农 二 号	春 播	2	4	16	32	28	14	4					
	夏 播				14	28	32	14	10	2			

注：每处理100株

五、年分不同穗建成过程有差异

二年研究的结果表明（表十一）：年分不同穗分化速度各异。1959、1960二年雄穗开始分化和结束日期极为相近，但雌穗分化1960年显然较晚，个别分化期，互相交错各有前后。年分不同穗建成速度的变化，是外

界条件尤其是温度和光照条件影响的结果，如雄穗分化第二期，1959年仅用三天，1960年却用了六天，而同期气温分别为20.8°C和18.3°C，日照为7.93和7.73小时，但从穗分化积温比较，二者仍很接近，如雄穗第九期二年都在1,500—1,600°C之间。

表十一 不同年分对穗建成过程的影响

品种：金皇后

穗 分 化 期	1959				1960			
	雄 穗		雌 穗		雄 穗		雌 穗	
	日 期 (月/日)	持续日数	日 期 (月/日)	持续日数	日 期 (月/日)	持续日数	日 期 (月/日)	持续日数
2	5/18—20	3	6/1—3	3	5/14—19	6	6/1—6	6
3	5/21—22	2	6/4—6	3	5/20—22	3	6/7—9	3
4	5/23—28	6	6/7—12	6	5/23—31	9	6/10—15	6
5	5/29—6/3	6	6/13—18	6	6/1—9	9	6/16—22	7
6	6/4—12	9	6/19—24	6	6/10—15	6	6/23—29	7
7	6/13—24	12	6/25—27	3	6/16—22	7	6/30—7/6	7
8	6/25—27	3			6/23—29	7	7/7	
9	6/28		6/28		6/30			
2—9期日数	—	41	—	27	—	47	—	36

禾谷类作物穗分化初步观察(摘要)

保定农业专科学校

1960—1961年我校结合教学,对小麦、高粱、谷子、水稻等进行了穗分化观察,结果如下:

(一) 小麦:适时(十月六日)播种的小麦比晚播(十月二十二日)的小麦,生长锥开始伸长早一周左右,从分化开始到护颖分化,历时较长,小穗多,每一小穗花少。而晚播小麦,小穗虽少,但每个小穗花多。因此,在早春加强晚播小麦的管理,追施速效性氮肥,加速生长点分化,以增加小穗数,具有重要意义。

从小麦穗分化与气候条件分析,三月上旬到下旬是获得大穗关键时期,四月上旬到下旬是增粒的重要时期。

(二) 高粱:多穗高粱夏播比春播从出苗到幼穗开始分化时间短,枝梗分化持续时间长。在技术

上,利用其枝梗分化持续时间长特点,促使多分化枝梗原基,是获得夏播多穗高粱穗大的主要环节。

(三) 谷子:冬播谷幼穗分化开始比春播谷早。冬播谷枝梗分化期是在五月下旬到六月上旬,小花分化是在六月上旬。春播谷枝梗分化是在六月下旬到七月上旬,小花分化是在七月中旬,如雨量不足,应注意水、肥管理。

(四) 水稻:麦茬水稻,拔节后幼穗开始分化,历时不过十八天左右,因此对麦茬水稻的管理措施,应掌握一切从早的原则。

禾谷类作物幼穗分化期对外界条件十分敏感,不同地区穗分化情况是不同的,应先实际观察,然后针对不同分化时期,采取不同措施,才能获得预期的效果。