

# 杂交水稻亲本花期相遇计算方法 的探讨

江苏省杂交稻气象问题研究协作组\*

杂交稻亲本花期是否相遇良好,是制种产量高低的关键之一。在生产上虽有一系列调整花期的措施,如肥、水的促控,拔苞、切根、割叶、喷九二〇等,也确有一定的效果,但是,这总是因为花期相遇不好,不得已而采用的办法。花期不遇的原因很多,但制种组合的亲本确定之后,在正常农业技术条件下,最根本的一条是没有根据当年的天气特点,按播种的季节不同,合理地安排父母本的播种差期,致使父母本不能同期开花。

为了研究杂交稻亲本的花期相遇问题,1977年我们在南京、镇江、兴化和沙洲四个站、哨、点设置了专门的田间试验,利用南优二号的亲本组合,采用分期播种法,依照统一的规定进行观测,初获结果,现将有关资料归纳分析,以探讨杂交稻亲本花期相遇的计算方法。

首先确定花期相遇的标准。从我们的观测得知,父母本开花特点差异很大,父本花期比较集中,全田平均约5—7天;母本花期比较分散,全田约15天;生产上为了适应母本花期的要求,父本分两期播种。此外,在全田的花期中,盛花的时间,父本也比较集中,母本比较分散。当父本第一期的花期比母本迟两天,盛花期相遇良好。所以采用母本比父本始穗日期早二、三天为花期相遇良好的标准。它既符合客观开花实际,又便于观测掌握统一的标准。

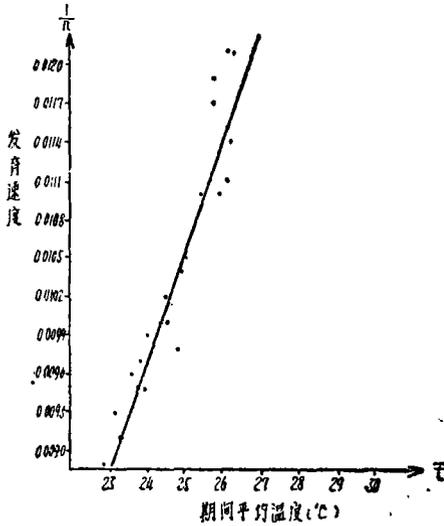
目前计算花期相遇主要用1.播差期天数法;2.叶令法;3.积温法。

## 一、播差期天数法与叶令法

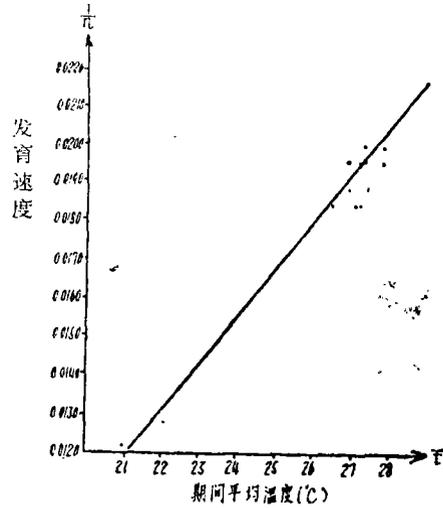
1.分析1977年镇江试验资料(详见表一),亲本生育时期,父本由播种至始穗的平均日期为98天,母本为61天,两者相差37天,为了使亲本花期相遇,母本比父本早二、三日始穗,取其播差期为34—35天,这种方法并不是很合理的。例如,二九南1号A5月6日播种,至始穗需71天,IR—24需98天,相差27天;6月6日播种,二九南1号A至始穗为55天,IR—24为90天,相差35天。年际之间,同一季节的温度变化也很大,这种差异同样存在。因此依据生育期天数计算播差期是不适合的,即使不错过整个花期,

\*协作组是在江苏省农业科学院、江苏省气象局主持、南京气象学院负责下,由沙洲、兴化气象站、丹徒县上会公社气象哨和南京气象学院与盘城公社双楼大队合作的下家场试验点组成。

至少也会使花期相遇不良。考查其原因，在正常的农业技术措施下，如培育壮秧，合理的肥、水管理等，亲本花期早晚是其发育速度快慢的形态表征。试验资料表明，发育速度的快慢和温度条件的关系极为密切（图一、二）。例如，父本IR—24，在不同的季节内播种至始穗之间的天数虽然很不稳定，最长的112天，最短的83天，相差达29天之多；但是发育速度和同时段的平均温度的关系，如图所示成直线关系。其相关系数父母本分别为0.75和0.70，很显著。



图一 IR—24播种至始穗期间发育速度与平均温度的关系( $n$ 为播种至始穗天数)



图二 二九南1号A播种至始穗期间发育速度与平均温度的关系( $n$ 为播种至始穗天数)

2. 叶令法，据1976年武进县资料，IR—24第一期叶令9.2，第二期7.6时，二九南1号A浸种（7月4日）；IR—24第一期叶令9.7，第二期7.8，播种二九南1号A，两系开花盛期基本相遇。1977年镇江、南京的田间试验，基本上参考上述叶令指标安排，结果花期相遇不够理想。据在南京郊区调查，1977年IR—24 10.2叶时二九南1号A浸种，10.7叶时二九南1号A落谷，花期相遇良好。同年镇江丹徒县调查资料，二九南在IR—24 9.5叶时落谷，播差期为50天，结果母本花期偏早，而9.8—10.3叶时落谷的，花期相遇良好。这说明叶令指标在年际之间不稳定。1977年南京、镇江分期播种资料也表明，同年播种，播期不同，叶令指标也不稳定。例如南京地区IR—24，4/23播种，叶片数为21—22；4/29播种，叶片数为20—21；5/6—5/12播种，叶片数为18；5/23以后播种，叶片数稳定为16—17。二九南1号A 6/17日前播种，叶片数为12；其后播种，叶片数为11。年际间和同年不同播种季节的差异造成叶令数的不同，说明IR—24和二九南1号A的叶令数受气象条件的影响很大。

## 二、有效积温法

如前所述，影响作物发育进程的主要因子是温度条件，父母本在不同地区、不同季节下播种，生育期长短虽有很大的差异，而从播种至始穗所需要的积温却相对稳定。利用

各地的多年试验资料或分期播种资料,分别计算父、母本从播种至始穗间的积温,并计算其差值,然后从父本播种后的第二天便累加气温值,当与差值相当的那一天,就是要求的母本播种期。根据积温理论和我们的试验资料的实际比较,积温指标中以有效积温最为稳定。

### 1. 有效积温下限温度的确定

确定有效积温指标首先需要寻求合理的有效温度下限数值。

分析各试验点资料(图一、二),用最小二乘法求得有效积温与下限温度的关系的表达式:

$$\text{父本: } y_1 = 1114 + 13X_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{母本: } y_2 = 838 + 11X_2 \dots\dots\dots (2)$$

式中 $y_1$ 和 $y_2$ 分别代表父本与母本稻株由播种到始穗期间 $0^\circ\text{C}$ 以上的温度累积值(总积温); $X_1$ 和 $X_2$ 分别代表上述期间的天数。

从上述方程得知,IR—24和二九南1号A的有效温度下限值各为 $13^\circ\text{C}$ 及 $11^\circ\text{C}$ ;有效积温为 $1114^\circ\text{C}$ 和 $838^\circ\text{C}$ 。下限温度值的差异也正说明母本的耐寒性比父本强。

总的来说,它们都是感温性强的水稻,有效积温是比较稳定的。但是,稳定是相对的,农业生产情况比较复杂,有效积温的稳定性会受到品种类型、秧令、病虫害等因素的影响。从气象条件上分析,特别在盛夏季节,积温的稳定性还受到有效温度上限的影响。

### 2. 关于IR—24和二九南1号A有效温度上限的讨论

播种至始穗的天数与同时段内平均温度的关系,一般地说,平均温度低,所需天数多;平均温度高,所需天数少。例如,IR—24在南京地区1977年4月23日播种,至始穗需110天,同时段内平均温度为 $23.3^\circ\text{C}$ ;5月6日播种,至始穗只需100天,其间平均温度 $24.5^\circ\text{C}$ ;5月23日播种只需85天,平均温度为 $25.8^\circ\text{C}$ ;6月1日和6月9日播种,都需要83天才始穗,其间平均温度高于 $26^\circ\text{C}$ 。镇江点试验资料获有类似结果。分析得知,平均温度在 $26^\circ\text{C}$ 上下变化,播种至始穗的天数不再缩短。1977年试验资料表明,IR—24至少要83天;二九南1号A要51天,这虽然影响因素很多,但其一是温度升到一定数值后,杂交稻亲本植株的发育达最快速度。在一定的范围内温度继续上升,稻株发育速度保持最快,发育期间的天数最短,例如镇江5/20—6/15之间的父本播种了四期,平均温度条件虽有 $1^\circ\text{C}$ 的变动,而播种—始穗天数均为90天左右,这说明杂交稻亲本发育速度的上限温度是存在的。如果温度继续上升超过某一限度,则发育受抑或植株死亡。因此,计算有效积温指标,如稻株生育有一段时间处在盛夏高温季节,必须考虑亲本发育速度的上限温度。因为在一定的数值范围内,高温和上限温度对亲本的发育起等价作用。

关于杂交稻亲本发育速度上限温度的计算,我们的试验,尽管最早与最晚播期相差较大,由于1977年的天气特点,处在高温时段的天数各播期却相差有限,高温影响极为相近,因此分别假定上限温度为日平均温度 $25^\circ\text{C}$ 、 $26^\circ\text{C}$ 、 $27^\circ\text{C}$ ,求出的有效积温,稳定度差异较小。看来1977年的资料是难据以求出上限温度的准确数值的,但从1977年试验中播种到始穗天数与同时期内平均温度来比较,从各播期之间播种到始穗天数最多、最少和它

们的有效积温值进行粗略分析,再参考有关资料,我们暂定IR—24和二九南1号A有效积温上限温度为日平均温度26℃,以便计算有效积温。

### 3.有效积温的计算

推算出杂交稻亲本发育速度的有效积温指标,依据生育期观察记载,就可以利用当地气象站的气温资料,从播种的第二天起,逐日计算当天的有效温度,直至始穗日止,把所有的有效温度总加起来,就是杂交稻亲本播种至始穗期的有效积温。例如

表一 杂交稻亲本积温比较表(1977年)

亲本	地点	播 期 (月/日)	始穗期 (月/日)	播种-始穗 天数	活动积温 (≥13℃)	计算值 (≥13℃)	>13-26℃ 有效积温
父	镇	4/17	8/7	112	2569	2570	1017
		4/22	8/8	108	2510	2518	1008
		4/29	8/12	105	2497	2479	1032
		5/6	8/12	98	2387	2388	1012
		5/14	8/17	95	2371	2349	1036
		5/20	8/19	91	2319	2297	1036
		5/27	8/26	91	2354	2297	1071
江	6/6	9/4	90	2351	2284	1078	
	6/15	9/11	88	2307	2258	1054	
本	南	4/23	8/11	110	2563	2544	1041
		4/29	8/12	105	2508	2479	1037
		5/6	8/14	100	2446	2414	1040
	京	5/12	8/11	91	2272	2297	983
		5/23	8/16	85	2194	2219	983
		6/1	8/23	83	2174	2193	989
		6/9	8/31	83	2168	2193	983
母*	镇	4/17	7/8	82	1700	1751	624
		4/22	7/9	78	1662	1696	617
		5/6	7/16	71	1629	1619	657
		5/27	7/23	57	1456	1465	652
		6/6	7/31	55	1435	1443	653
		6/15	8/8	54	1458	1432	658
		6/22	8/14	53	1459	1421	671
		本江	6/29	8/19	51	1414	1399
	7/6	8/26	51	1345	1399	641	

\*母本一项中关于活动积温(≥13℃)和计算值(≥13℃)是按下限温度11℃累加的,并按(2)式计算的。

IR—24 1977年4/23播种，8/11始穗，其间110天，逐日计算大于13°和小于26°之间的温度(符号>13°—26°C)计为有效温度。如当日平均温度小于或等于13°C，则有效温度为0°C；当日平均温度大于13°C，小于26°C时，则减去13°C，就是当天的有效温度，如日平均气温为23°C，当天有效温度为10°C，当日平均温度大于26°C，计算当天的有效温度时仍以26°C为准，如日平均温度为28°C，当天的有效温度为13°C；29°C时仍为13°C。以此类推，最后，把110天的有效温度累加起来，有效积温值为1041°C。据此依次计算各播种期至始穗的有效积温如表一。

表一中资料表明，父本生育期在镇江相差24天；活动积温相差262°C，取播种到始穗期间平均温度为25°C\*，则折成生育期相差11天；>13°C—26°C有效积温相差70°C，则相差5—6天。比较说来，显然有效积温是稳定的；分析南京资料，有效积温的稳定性更好。但是，南京试验点的母本资料，由于种子混杂较甚，分析数据的可靠性较差，故未列于表内。

此外，在实际制种中，母本播种—始穗的生育期内遇不到日平均温度在11°C以下的温度。为了计算方便，考虑取其同父本一样的有效温度的下限温度(13°C)。计算结果比较一致如表二。

表二 镇江母本播种—始穗不同下限值有效积温和标准差

下 限 温 度	平均有效积温	标 准 差
11°C (>11°—26°C)	770°C	17°C
13°C (>13°—26°C)	647°C	13.4°C

因此在实际工作中，取日平均气温13°C为母本发育有效温度的下限计算值是可以的。

#### 4. 有效积温与叶令的比较

在叶令法中分析指出，叶令随年际和同年不同播种季节而有变化。1976年和1977年之间父本叶令有一叶之差；1977年父本4月下旬播种和5月下旬播种便相差5张叶片。因此依据父本的一定叶令数播种母本在生产上是很难掌握的。当前农业实践中南优系统制种多以父本叶令9—11之间播种母本。为了比较叶令和有效积温各自的稳定程度，我们进行了如下的统计(表三)。

表三中资料说明，叶令一定，其有效积温随播种季节的变化而变化，一般地说，当播种季节较早，温度条件偏低，生育前期的叶片，同样叶令数，所需有效积温较少，而生育后期的叶片，所需积温较多。即使考虑到生产上播种母本常用的叶令指标分时段统计的有效积温值也不稳定。但是，父母本从播种到始穗期间有效积温相当稳定，这是因为水稻生长和发育对气象条件要求不同，特别是感温性强的水稻品种，发育对温度条件敏感，营养器官在温度变化的影响下变幅较大，发育比较稳定。故每片叶令积温不稳定，而播种至始穗期积温稳定。因此，据叶令确定播期，则父本播种早或在低温年条件下，与播种迟或在高温年条件下，叶令指标值不同，前者应偏大，后者偏小。实际上叶令指标值应随温度条件不同而变。如果不考虑感叶令，按有效积温的差值播种母本，则不论在较高温度或较

\*据试验期间的平均结果。

低温度条件下，其数值稳定，所以用有效积温指标比叶令指标应为方便适用。

表三 IR-24 叶令与积温\* (南京资料)

播 期	播种至 9 叶积温**	10 叶至 始穗积温	播 种 至 10 叶积温	11 叶至 始穗积温	播 种 至 始穗积温
1	232	809	281	760	1041
2	264	773	301	736	1037
3	318	722	365	675	1040
4	305	678	348	635	983
5	349	634	401	582	983
6	354	635	406	583	989
7	350	633	401	582	983

\*表中积温资料为 $>13^{\circ}\text{C}$ — $26^{\circ}\text{C}$ 的有效积温。

\*\*叶令划分系指前一叶片完全展开,后一叶片叶心开始,因此日期是连续的。

### 5. 有效积温法的实际应用

据镇江分期播种试验资料计算, IR-24 (播种—始穗) $>13^{\circ}\text{C}$ — $26^{\circ}\text{C}$ 的有效积温指标为 $1038^{\circ}\text{C}$ ; 二九南1号A( $>13^{\circ}\text{C}$ — $26^{\circ}\text{C}$ )的有效积温为 $647^{\circ}\text{C}$ , 由于母本应早2—3天始穗, 盛花期才相遇良好, 二、三天有效积温平均以 $32^{\circ}\text{C}$ 计, 到父本始穗, 母本实际有效积温还应加上 $32^{\circ}\text{C}$ 而为 $679^{\circ}\text{C}$ 。然后利用当地气象站历年平均逐日气温资料, 从4月1日起到9月30日止计算每日( $>13^{\circ}\text{C}$ — $26^{\circ}\text{C}$ )有效温度, 然后假定父本播种期从4

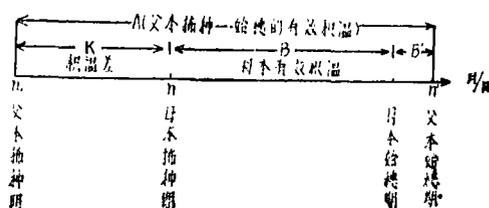
表四 杂交稻不同播期至始穗期有效积温查算表\*

逐日累加有效积温	始穗期和母本播种期	6 月	7 月	8 月	9 月
		1 ..... 20 (n) ..... 30	1 ..... 15 ..... 31	1 ..... 20 (n') ..... 31	1 ..... 30
父本播种期					
4 月	1 ⋮ 30				
5 月	1 ⋮ 20(n <sub>1</sub> ) ⋮ 31	359 (k)		1038 (A)	
6 月	1 ⋮ 30				

\*表中月、日的起止,应根据本地制种组合最早播种期到最晚始穗期确定。

月1日起到6月30日，始穗期和母本播种期从6月1日到9月30日，采取前述有效温度逐日累加的方法，计算不同播期到不同始穗期或不同时期的有效积温列为表四形式。根据亲本有效积温指标，确定父本播种期后，就可查出常年亲本始穗期和母本常年适宜播种期，或者确定父本始穗期后，也可反查出父母本常年播种期。

举例说明，镇江IR-24和二九南1号A播种到始穗有效积温，如上述，并分别设为A和B（1038℃和647℃）。要求8月20日（n'）前始穗。求亲本常年适宜播种期。从表四上：找到8月20日（n'）在（n'）纵列各有效积温数值中找出与父本有效积温相同或相近的数值1038（A），A值横行对应的播种日期5月20日（n<sub>1</sub>），即父本常年适宜播种期。父母本有效积温差K实际为A - (B + B') = 359, B'为母本始穗提前二、三天的有效积温，等于32℃。然后在父本常年播种期这一行中找出与有效积温差相同或相近的数值为359(K)，K值纵列对应的日期6月20日（n），即为母本常年适宜播种期。也可先确定n<sub>1</sub>，然后在n<sub>1</sub>行中找出A，A列对应的日期n'即为父本始穗期，分析是否会受低温危害，如不会，即在A值横行中找出与有效积温差[A - (B + B')]相同或相近的数值即359(K)值，K列中对应的上方日期n，即母本常年适宜播种期。各个参数的关系如图三所示。



图三

实际上，当年气温变化情况往往与常年不符。为了更准确地计算当年花期，在母本予以播种期之前几天，可根据当年实际的逐日有效温度累加的有效积温对母本播种期进行多次订正。例如，到母本予以播种期前十天时，即将常年父本播种期到母本予以播种期前十天有效积温减去当年实际的同时段有效积温，所得差值（可正，也可负，为正时表明当年这一时段有效积温偏少，为负时，表明当年这一时段有效积温偏多）与原父母本有效积温差（K）相加，得出新的K'值，从表四便可查出修正后的母本适宜播种期。到订正后的母本予以播种前五天的，又可用同样方法进行订正。这样经过多次订正，再结合中期气温预报，便能比较精确地确定母本播种适期，作出具体田块花期相遇预报，并据以提出调整父母本花期的意见。

需要指出，本文仅根据一年试验资料，而且有些因子如秧令、播期、上限温度等尚未很好考虑，试验过程中又出现一些问题，因此分析结果并未完善，今后还将深入试验研究。