

名器官通过全部发育周期较之早期形成的同名器官快些,它的某一发育时期延续的时间要短一些。因而早期形成的同名器官,花粉的适期延续时间较后期形成的同名器官长一些,这也可能是早期穗的诱导效果较好的原因之一。从采样的角度来看这个问题,应注意采集早期穗(薹)。当接种季节临近时,事先应把配制培养基等一切准备工作做好,不失时机地进行接种。采样应以主穗和最初几次分蘖作为接种材料,避免采取后期的小分蘖。大豆则应在现蕾初期就开始采样,当

植株进入盛花期后,尤其是当开花已接近茎顶部时,应停止采样,玉米则应避免采集花粉适期将过的老穗,它们只有在花序的基部有少数含有适期花粉的小穗。在整个接种季节中,需对采样标准进行1、2次核对。尤其在接种时间延续较长的情况下,前期和后期的采样标准是有一定差别的。

我们按上述标准采样,以小麦为例,历年来百分之百的杂种材料都能产生愈伤组织,平均诱导频率在3—5%左右。

寒地水稻冷害指标的研究

祖世亨

(汤源县气象站)

黑龙江省地处高纬度,是我国水稻栽培的北部边缘,属寒冷稻区。热量条件较差,积温的年际变化又大,偏差在 $\pm 300^{\circ}\text{C}$ 之间,属不稳定类型。因此,每遇低温冷害年,常受其害,致使水稻单产不高,总产不稳。据在汤源稻区的调查分析,冷害年份约占30%,相对产量下降20—50%,其它寒冷地区因低温危害延迟成熟或障碍结实而引起的减产也是相当普遍的。

我们于一九七七年至一九七八年进行分期播种试验和盆栽低温鉴定,对影响寒地水稻栽培的低温冷害问题进行探索,得到一些初步结果,现分述如下:

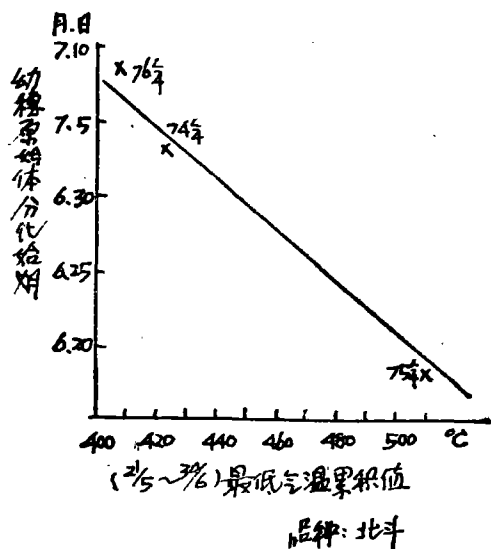
一、寒地水稻冷害的类型及特征

关于水稻冷害的分型,日本学者早有深刻研究。通常根据低温出现的时间,按照气象条件分为三种类型:即由于生育期总热量

不足,延迟水稻生育,致使秋后不能完全成熟的延迟型冷害;孕穗期,尤其是花粉母细胞的减数分裂期遇短期急骤性低温,直接危害结实器官的形成,造成大量空壳的障碍型冷害;以及上述两种冷害同时发生的混合型冷害。

我省是大陆性气候,春秋冷凉,盛夏炎热,因而决定了延迟型冷害出现的机率较多,障碍型冷害出现的机率较少,延迟生育主要表现在前期,五月下旬至六月份低温对水稻生育进程的快慢,起着决定性的作用。由图1可见幼穗分化的早晚与此期最低气温有很大的相关关系。八月份低温影响贪青晚熟均是在前期低温延迟抽穗的基础上发生的。

关于障碍型冷害,由于我省水稻减数分裂期经常处在七月中、下旬,正值三伏季节,低温频率低,受障碍型冷害机率小,但一经受害,损失严重。在实际生产中常因品种搭配不同,播期先后不同,即或有短时间低



温侵袭也不致于大面积受害。历史上典型的障碍型冷害年是1971年，空壳率达80%，产量不足常年的50%。

二、生育期总积温与产量的关系

影响水稻产量的内外因素，诸如品种、土壤、肥料、病虫害、耕作栽培措施、除草技术及气象条件等颇为复杂。在寒地直播稻区，除了品种之外，冷害、病害、草害是影响水稻产量的重要因素，但随着抗病药剂的研制和化学除草技术的发展，病害、草害基本可以控制。低温冷害仍是限制产量提高的主要原因。因此，仅从低温冷害的角度出发，探求生育期总积温与水稻产量的关系。

据在汤旺稻区的调查，这里习惯以直播为主，历年平均播期是五月十七日，平均成

熟期是九月二十日，生育期内高于生物学下限（指五月十七日至三十一日 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ，六月份 $\geq 13^{\circ}\text{C}$ ，七月和八月份 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ ，九月一日至二十日 $\geq 13^{\circ}\text{C}$ ）的活动积温平均为2089 $^{\circ}\text{C}$ ，最多的年份高达2455 $^{\circ}\text{C}$ ，最少的年份仅1804 $^{\circ}\text{C}$ ，高、低相差600 $^{\circ}\text{C}$ 之多。由于热量条件不稳，致使水稻产量波动很大，如金星大队1959—1976年平均亩产426斤，积温最高的1975年，亩产高达608斤，积温最少的1971年，亩产仅208斤，波动范围达400斤。低产年均为生育期积温不足年，高产年亦为生育期积温充足年（表1）。将历年单产与其对应的积温进行回归分析，得如下关系式：

$$Y = -546.556 + 0.459\Sigma T \dots\dots (1)$$

$$r = 0.762^{**} \quad (\alpha = 0.01)$$

式中Y为实际单产（斤/亩）， ΣT 为生育期内 \geq 不同界限的活动积温。

由（1）式可知，水稻单产与生育期内活动积温呈显著性正相关，积温每增减100 $^{\circ}\text{C}$ ，单产相应增减46斤/亩，相对产量增减11%，可见生育期总积温的多寡影响着产量变化的幅度，是决定产量的重要因素。

假定较最近十年平均单产减少15%（400斤/亩）做为冷害的标准，由（1）式则可算出影响产量的冷害指标为生育期内活动积温距平 $\leq -22^{\circ}\text{C}$ ，分析历年积温资料可知，有30%的年份受冷害威胁。

进一步分析又看出，总积温少的年份不一定都低产，总积温多的年份也不一定就高产，这是因为积温在整个生育期中的分配不同，往往低温年积温的分配达到有益的平

表1 积温与产量的关系

类 型	高 温 高 产 年						低 温 低 产 年						高温低产年	
年 代	1966	1967	1970	1973	1975	1959	1960	1964	1969	1971	1972	1965	1961	1963
积温距平($^{\circ}\text{C}$)	67	24	249	12	371	29	-4	-152	-267	-280	-243	-52	126	116
相对产量距平(%)	17	151	21	-9	30	-13	-28	-23	-21	-55	-36	-19	-28	-21

注：以最近10年平均单产（470斤）作为相对产量距平0。

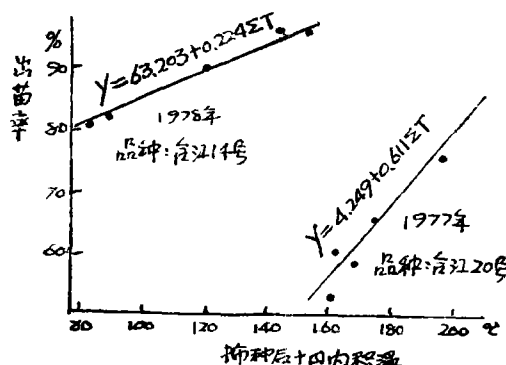
衡,就能增产,或是由于栽培管理措施得当,也能在低温年夺高产;反之,高温年积温分配不当也能减产。例如1974年虽然生育期总积温(2020℃)偏低,但由于七月份高温,特别是对温度最为敏感的花粉母细胞减数分裂期有效积温较高(为常年的1.8倍),故获得高产,比积温相同的1965年(2032℃)增产1.5倍。而1962年虽然总积温偏高(2264℃),但减数分裂期有效积温仅为常年的85%,产量明显下降,比积温稍低的1963年(2205℃)还减产15%,由此可见,积温在生育期内的分配不同,对产量的影响也不同,这就是关键期的作用。

三、水稻冷害的关键期及指标

在水稻的生育中,内部生理过程和外界环境密切相关,外界环境影响体内生理代谢过程,不同时期外界环境的优劣(这里主要是指温度的高低)都制约着水稻体内的变化,最终反映到产量上,而关键期受低温冷害,将严重影响产量。

1. 播种至出苗期:

播种至出苗期的温度条件直接影响水稻的出苗率,足够的苗数是产量构成的基础,苗数不足对直播稻产量影响甚大。试验得出,出苗率与播种后十日内积温呈显著性的正相关(图2)。生产实践也证明如此,对金星大队大面积生产田保苗数与温度关系的



调查分析表明保苗株数、单产均与播种至出苗期积温的增加而呈正比例的提高(表2)。

表2 播种至出苗期(17/5—31/5)
积温与保苗株数及单产

调查地点: 金星大队

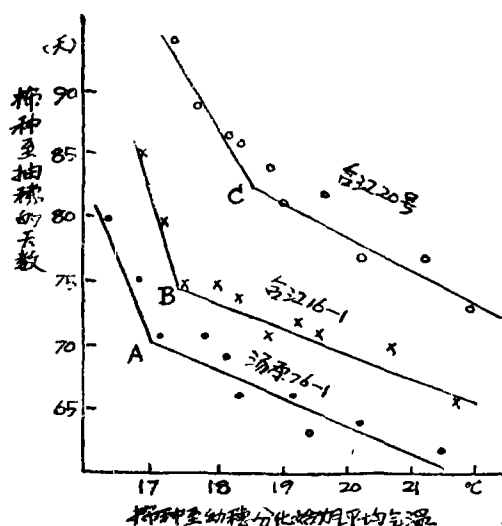
年 代	1973	1974	1975	1976
积 温	147.8	204.2	246.2	220.1
保苗株数(株/米 ²)	400.9	423.8	585.7	571.2
单产(斤/亩)	431	559	608	567

2. 营养生长期:

营养生长期的温度条件决定水稻进入生殖生长期的早晚。此期受低温冷害能延缓幼穗分化开始的时间,推迟抽穗日期,导致贪青晚熟,间接影响产量。

分期播种试验表明,抽穗期的迟早与播种至幼穗分化始期的温度呈显著负相关(图3)。图中A、B、C为各品种延迟抽穗的温度临界点,温度在临界点以上时,每降温1℃,抽穗期延迟2—3天,温度在临界点以下时,每降温1℃,抽穗期延迟9—11天。延迟抽穗的温度临界值及延迟幅度均因品种熟期类型而异,熟期越早,温度临界值越低,延迟幅度越大。

生产实践也看出六月份温度对水稻抽穗



期的制约作用(图4),六月份 $\geq 13^{\circ}\text{C}$ 有效积温每降 10°C ,抽穗期延迟1.2天;六月份最低气温每降 1°C ,抽穗期延迟5.1天;六月份平均气温每降 1°C ,抽穗期延迟3.4天。

营养生长期的温度制约着抽穗期的早晚,而同一品种抽穗期在一定条件下又能决

定产量的高低,图5是历年单产与抽穗期的相关图,相关系数 $= -0.94$,显著性层级为0.01,即产量随抽穗期的延迟而降低,平均抽穗期每延迟一天,单产下降26.5斤/亩,假定较历年平均减产15%为冷害标准,计算得出安全抽穗临界期是八月七日。

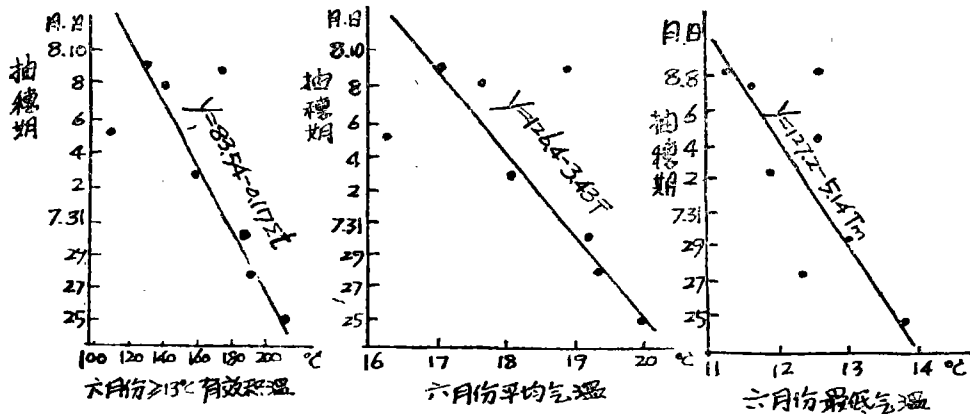


图4. 抽穗期与六月份温度(品种: 合江10号)

3. 孕穗期:

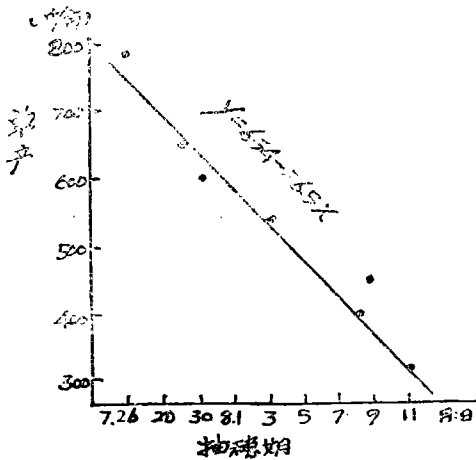
水稻的孕穗期是对外界条件要求最严格的时期,尤其对温度反应最为敏感,遇强烈低温易造成雄性不育,空壳显著增多,低温持续时间越长,空壳越多,影响产量也越重。

$$Y = -80.34 + 2.32 \sum_{-25}^{-23} T \dots\dots (2)$$

$$Y = -2.67 + 0.15 \sum_{-25}^{-23} T \dots\dots (3)$$

(3)及(4)式表明此期积温每降低 1°C ,每穗粒数减少2.3粒,枝梗数减少0.15个。

试验还得出,结实率与抽穗前9—11天积温明显相关(图6),由图可见,平均气温



试验得出,群体抽穗前23—25日是影响粒数及枝梗数的温度敏感期(表3),其关系式为:

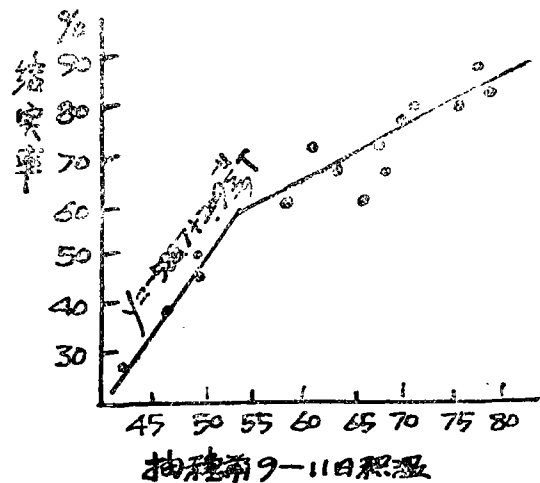
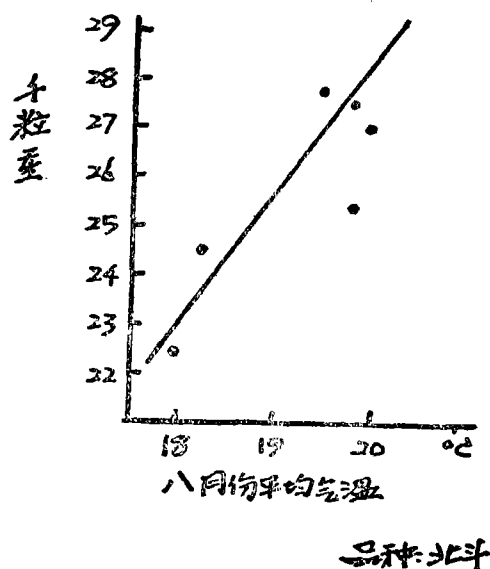


表 3

每穗粒数枝梗数与抽穗前 23—25 日积温的关系

品种: 汤源 76-1

播 种 期	10/5	15/5	20/5	25/5	30/5	4/6	9/6	14/6	19/6
积 温	68.1	65.5	70.9	66.9	64.2	70.3	74.6	75.4	57.4
每 穗 粒 数	86.5	77.5	90.2	84.5	65.7	84.1	76.4	95.6	43.7
每穗枝梗数	8.8	7.4	8.2	8.1	7.5	7.7	8.3	8.9	5.6

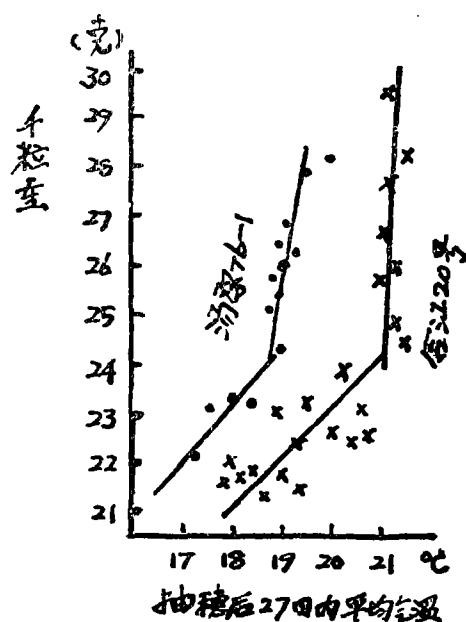


在 18℃ (积温 54℃) 以上时, 结实率随温度的变化幅度较小, 18℃ 以下时, 结实率随温度的降低而急剧下降。因此抽穗前 9—11 天平均气温 18℃ 可做为减数分裂期的受害指标, 18℃ 以下时平均气温每降 1℃, 结实率下降 6.27% (相当于积温每降 1℃, 结实率下降 2.09%)。据对 34 个不同类型的品种在八个不同年份的分析结果, 发现单产与结实率的关系最为密切, 其关系如下: $Y = 742.99 - 7.4 \times \dots$ (4) 相关系数 $r = 0.977^{***}$ ($\alpha = 0.001$), 式中 Y 代表单产 (斤/亩), X 代表不实率 (%), (4) 式表明单产与不实率呈明显负相关, 不实率每增加 1%, 单产下降 7.4 斤/亩。

4. 灌浆结实期:

水稻抽穗以后, 随即开花授粉、灌浆结实, 此期遇低温危害, 影响结实, 粒重明显降低, 导致产量下降。

试验得出, 千粒重与抽穗后 27 天内的气温明显相关 (图 7), 温度降低, 千粒重下降, 平均每降温 1℃, 千粒重下降 1.64 克。在实际生产中, 水稻灌浆期大多数年份均处在八月份, 据 1965—1977 年的调查, 千粒重与八月份平均气温相关显著 (图 8), 以早熟的“北斗”品种为例, 得出八月份平均气温每降 1℃, 千粒重约降 2 克, 若以比正常年千粒重降低 10% 为受害标准, 则得影响千粒重的冷害指标是八月份平均气温低于 18℃。



四、用有效积温法进行水稻冷害诊断技术的初探

探索冷害的诊断技术, 可为抗御冷害提供依据。对于冷害的诊断, 一般多从植株的

外部形态或显微镜解剖观察入手, 这里试图根据植物的生长发育受外界环境制约, 假定其它条件不变, 生长发育只受温度条件所支配的原理来探索冷害的诊断技术, 寒地水稻品种的感光性较弱, 感温性较强, 某一发育期内的有效积温基本上是一个常数, 低温延迟生育日数, 高温则缩短生育日数。

1. 延迟型冷害的诊断:

延迟型冷害的表现是营养生长期积温不足, 幼穗分化始期后延, 推迟抽穗, 灌浆期

又受早秋低温危害, 灌浆不足, 成熟不佳, 导致减产。所以此种冷害的诊断应包括两个部份, 以前期为主, 后期辅之。

①生育进程的诊断:

由分期播种试验结果得出各类型品种, 各生育期内所需的有效积温和标准天数(表4)。依据表中的理论有效积温和标准天数, 应用当年实际有效积温, 即可推测某一生育期的进展是否适宜, 以便为后来的栽培管理措施提出合理建议。

表4 各生育期有效积温及标准天数表

品 种	生 育 期	播 种		出 苗		三 叶		分 化 始 期		抽 穗
		≥13℃有效 积温 A	标准天数 N	≥13℃有效 积温 A	标准天数 N	≥13℃有效 积温 A	标准天数 N	≥13℃有效 积温 A	标准天数 N	
黔东 76-1	数 值	66	13	50	9	100	20	247		27
北 斗		66	13	50	9	112	21	244		27
合江 10 号		77	15	48	9	120	21	243		27
合江 13-1		68	14	47	9	131	23	247		28
合江 13 号		65	14	49	9	132	24	237		28
合江 20 号		76	15	48	9	178	26	247		35

诊断营养生长期是否受冷害, 首先计算出各发育期的标准天数内实际有效积温 A_1 , 然后比较它与理论有效积温 A 的大小, 若 $A_1 - A < 0$, 说明这一发育期已受冷害, 生育延迟, 再将这个差值被每天平均有效温度值 $\left(\frac{A}{N}\right)$ 去除, $\frac{A_1 - A}{\frac{A}{N}}$ 即为此发育期将要延迟的天数。

例: 某年“合江 10 号”五月十五日播种, 六月一日出苗, 六月十一日进入三叶期, 至六月二十日共获有效积温 160℃, 问其今年生育是否延迟, 比常年延迟几天?

首先看播种至出苗期的标准天数, 查表可知 $N = 15$, 应五月三十日出苗, 今年是六月一日出苗, 这一发育期已延迟二天。再看出苗至三叶期的标准天数, 查表可知 $N = 9$, 应六月八日进入三叶期, 今年是六月十一日进入三叶期, 至此, 生育共延迟三天, 三叶期至六月二十日已耗有效积温 $A_1 = 160 - 77 - 48 = 35^\circ\text{C}$, 理论上三叶期以后 9 天内 $\geq 13^\circ\text{C}$ 的有效积温 $A = 9 \times \frac{120}{21} = 51.3^\circ\text{C}$, $A_1 - A =$

$35 - 51.3 = -16.3 < 0$, 说明三叶期至六月二十日已受冷害, 生育拖后了, 此期大约拖后 3 天

$$\left(\frac{A_1 - A}{\frac{A}{N}} = \frac{35 - 51.3}{\frac{120}{21}} = \frac{-16.3}{5.7} = -3 \right) \text{全生}$$

育期共延迟 6 天。

②抽穗期迟早的诊断:

如前所述, 抽穗期与幼穗分化前的平均气温密切相关, 已知幼穗分化的时间及前期温度状况, 由图 3 即可找出抽穗期的早晚, 为方便起见, 在生产实践中常根据六月份的气温, 应用下面三个公式, 在六月末之前就可计算出抽穗日期, 诊断出延迟型冷害的程度, 这在低温的 1976 年和高温的 1978 年都得出正确的结果。

$$Y = 83.54 - 0.117 \Sigma T$$

$$Y = 126.4 - 3.43 \bar{T}$$

$$Y = 127.2 - 5.14 T_m$$

式中 Y 代表抽穗日期 (日/月), T_m 代表 6 月份最低气温, \bar{T} 代表 6 月份平均气温, ΣT 代表 6 月份 $\geq 13^\circ\text{C}$ 的有效积温。

③灌浆期冷害的诊断:

如前所述,灌浆期遇低温冷害,粒重明显降低,因此,诊断灌浆期冷害就是预测千粒重的高低,已知抽穗日期及其后27日内的平均气温,由图7可得出千粒重。在生产实践中,常根据八月份的温度,由图8来预测千粒重,诊断灌浆期冷害情况。

2. 障碍型冷害的诊断:

障碍型冷害是幼穗分化过程,而主要是减数分裂期受低温冷害,形成大量空壳,降低结实率,严重减产。据试验得出,出穗前9—11天是减数分裂期,对结实率与此期积温的回归分析结果,得如下经验公式:

$$Y = -58.87 + 2.09 \sum_{-9}^{-11} T,$$

$$r = 0.938^{***} (\alpha = 0.001)$$

式中 Y 代表结实率(%), $\sum_{-9}^{-11} T$ 代表抽

穗前9—11天的积温($^{\circ}\text{C}$)。

已知抽穗前9—11天的积温,由上式即可计算出结实率,如小于该品种的正常结实率,则说明此期受障碍型冷害,结实率越低,受害越重。它的生产意义在于抽穗时即可提前予知结实率情况,以便在抽穗后采取应急措施,减轻危害程度。