

温度对小麦品种苗期抗条锈性的稳定性影响的研究

宁毓华 李振岐 成巨龙*

(西北农学院植物保护系)

关于温度对小麦品种抗条锈性的影响,过去国内外学者曾做过不少研究。早在1929年 Gassner, G. & Straib, W^[1] 就曾在8—12, 14—16, 18—20, 20—22度下研究了小麦品种抗条锈性的变异规律,发现一般品种在低温下可在一定程度上丧失其抗条锈性,这种抗性称为相对抗性,而有的品种在低温影响下其抗条锈性不发生变化,这种抗性称为绝对抗性。

李振岐、刘汉文(1957)^[1]报道,碧蚂一号抗条锈性丧失过程规律之一是:先是西部冷凉地区丧失,后是东部温暖地区丧失。认为不仅与菌源有关,还与低温削弱了小麦本身的抗锈性,有利于病菌变异有关。

陆师义等(1958)^[3]试验证明,温度对品种反应型转变起着决定性作用。当温度升高时,小麦品种由感病逐渐变成抗病,其温度转折点自15℃—25℃因品种——小种组合不同而异。并指出,在分析品种在一定地区丧失抗锈性时应该考虑气候的影响。

Manners(1950); Zadoks(1961); Sharp(1962、1965)均曾指出,寄主植物与病原物之间的相互关系受接种前、后的温度影响很大。

Sharp(1963, 1965)^[9]研究了接种前后不同昼夜温度幅度对小麦品种抗条锈性的影响,并指出,供试turkey—1和Idacha品种在低温(2/18℃)下表现感染,在高温(15—24, 15/30℃)下表现抵抗,Rego品种与之相反,在相同低温下表现抵抗,在相同高温下表现感染,而P. I. 1783在所有试验温度下均表现抵抗,Westment在所有试验温度下均表现感染。通过试验还证明,7℃是条锈菌侵染小麦的最适温度。

李振岐等(1981, 1983)^[2],通过调查和试验证明,10℃以下温度是陇南地区的洛夫林品种对一些小种由抗变感的转折点,并且发现在条锈菌中存在低温敏感型。因此建议开展抗源材料低温稳定性测定,即在5—10℃下鉴定其抗条锈性,优先向陇南地区提供低温稳定性抗源,关中、华北不再利用陇南采用的抗源。

强中发(1981)^[4]用12个抗源品种和重要生产品种,11个生理小种在5—6, 9—11, 14—15, 20—22和25℃下研究了温度变化对品种反应型的影响,结果:在5—6℃下供试品种小种组合75.76%表现感染,随着温度升高,感染型比率逐渐下降,抵

*原为植保系77级学生,现在陕西洛川试验站工作。

抗型比率依次提高,在25℃下全部变为抵抗型。并且进一步提出把10℃以下低温作为品种和抗源材料抗条锈性鉴定的内容的必要性。

以往研究中存在的主要问题是:试验所用较低的温度阶梯少,同时所用小麦种质材料及生理小种也嫌不足。为此,在前人和我们过去所做试验的基础上于1980—1983年,着重研究小麦品种在13℃以下不同温阶温度对当前流行的优势小种抵抗性的稳定性,为品种合理布局提供依据,为育种单位提供抗病亲本信息,并在较低温度下考察生产上的主要品种及杂交抗源材料对当前流行的优势小种的抗性情况,以估划其抗锈应用前景。

一、材料与方法

(一) 材料:

1. 供试菌种:选用当前生产上流行的优势小种条中19号、22号、23号、24号、25号等,以及在低温下致病力较强的一些单孢菌系,共计12个。其中除WL10外,均上过鉴别寄主,以铭贤169+燕大1817为繁殖母株,在常温下繁殖,封管冷藏备用。

2. 供试品种:主要包括以往生产上应用较广的品种、新老抗源,以及由中国农科院品种资源所提供的小麦种质材料,共计144份。种子经去杂,套袋自交,单打单收。对照用辉县红。

(二) 方法及条件控制:

1. 方法:种子经精选后,在常温(15—17℃)下播种,每个小花盆播3个品种,1个对照,麦苗露土的当天,转入预定的温度下适应5天,待一叶展平后,用接种针涂抹接种,在 9 ± 1 ℃下保湿24小时。

2. 温度:共设计六个梯度的恒温处理。13℃以下的温度在专用低温室进行,17℃在简易低温间进行,全部用核准的自记温度计记录,温度控制结果见表1。

表1 试验温度控制结果

温度范围(℃)	平均(\bar{X})	标准差(S)
3.21—5.34	4.40	0.78
6.50—7.42	7.00	0.51
8.50—9.42	9.00	0.43
10.51—11.50	11.01	0.49
12.04—13.83	12.60	0.63
16.13—18.27	17.01	0.95

3. 湿度:相对湿度保持在70—80%之间。

4. 光照:以国产40瓦日光灯为光源,距苗子25厘米,每日16小时光照,强度7500 Lux。

5. 记载项目：待充分发病后记载。

潜育期：以接种到夏孢子堆出现所需天数。

反应型：0、0₁、1、2、3、4六级记载。并以0(免疫)、VR(近免疫)、R(高抗)、MR(中抗)、MS(中感)、S(高感)表示抗病级别。

严重度：按1、2、5、10、25、40、65、80、100九个级别分别表示。

普渡率：以发病株率表示。

二、结果与分析

(一) 总述

在所试验的温度梯度内，其总的趋势是抗条锈病性与温度显著相关，即在4.4℃—17.0℃范围内，随着温度的升高其抗锈性增强，随着温度的降低其抗锈性不断减弱，根据供试144份材料在较低温度下对条锈病菌的抗感情况，可分为相对的三个类型：稳定抗锈型，稳定感锈型和波动抗锈型，其比例依次为8.3%、73%及18.7%。

稳定抗锈型小麦在常温下高抗条锈病，在较低的温度条件下，对条锈菌当前优势生理小种也都具有稳定的抗性，反应型为免疫或近免疫，个别达中抗。属于这类的代表性品种有中4、中5、多年生1号、0104222、F7510—1—9，姑柯夫斯基等。

稳定感锈型品种在常温下感染条锈病，或仅对某1、2个小种有一定抗性，在较低温度下，无抗锈能力，属于这类的代表性品种有丰产3号、丹麦1号、阿勃、矮变1号等。

波动抗锈型小麦品种，在常温下高抗条锈菌已知的各生理小种，只有达到一定低温时才失去对某些小种(或某一小种)的抗性，而对有些小种却始终具有高抗性。属于这类的代表性品种有洛夫林10、洛夫林13、抗锈785、77(2)冬、陕农17、长武7125等。

显然，前两种类型小麦品种(品系)在试验温度范围内未发现有感锈临界温度，只是波动型品种才有，且因品种和小种的不同组合而有不同的感锈临界温度。如果将以上三种类型直观模式表示出来(如图1)，呈大写的“N”字型。

(二) 在不同温度下各类型的反应型：反应型是决定抗锈类型的根本标志。温度由17℃降到4.4℃时，有些小麦品种对温度反应很敏感，有些很迟钝，不同类型反应不同。

1. 稳定抗锈型品种，反应型只在免疫与近免疫之间变动，基本上不随温度的变化而变化，抗锈性表现稳定。多年生一号对所接的6个小种的反应是：对条中23号，只是在4.4℃时才出现近免疫，在其它温度条件下全为免疫；对条中22号和19—9—8，虽在9℃时出现近免疫，至4.4℃时仍为近免疫；对WL10虽在12.6℃时出现近免疫，而在4.4℃下仍然不变；对条中25号和21—6虽在17℃下出现近免疫，但直至温度降低到4.4℃仍为近免疫，对温度变化的反应不很敏感。中4也是这样。水源11对于上述6个小种，只是在4.4℃时才出现近免疫反应(详见图2—a, 2—b及2—c)。

2. 稳定感锈型品种：对温度的反应也不甚敏感，如丰产3号在各种温度条件下，反应型变动在感病与高感之间，而对于条中19—9—8在6种温度下全是高感，对条中

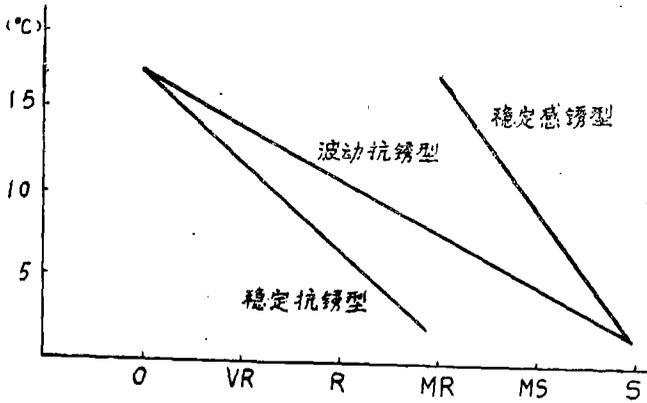


图1. 小麦品种在不同温度下对条锈病抗感型

25号则全是感病型，丹麦1号也如此（见图2—a、2—b及2—c）。

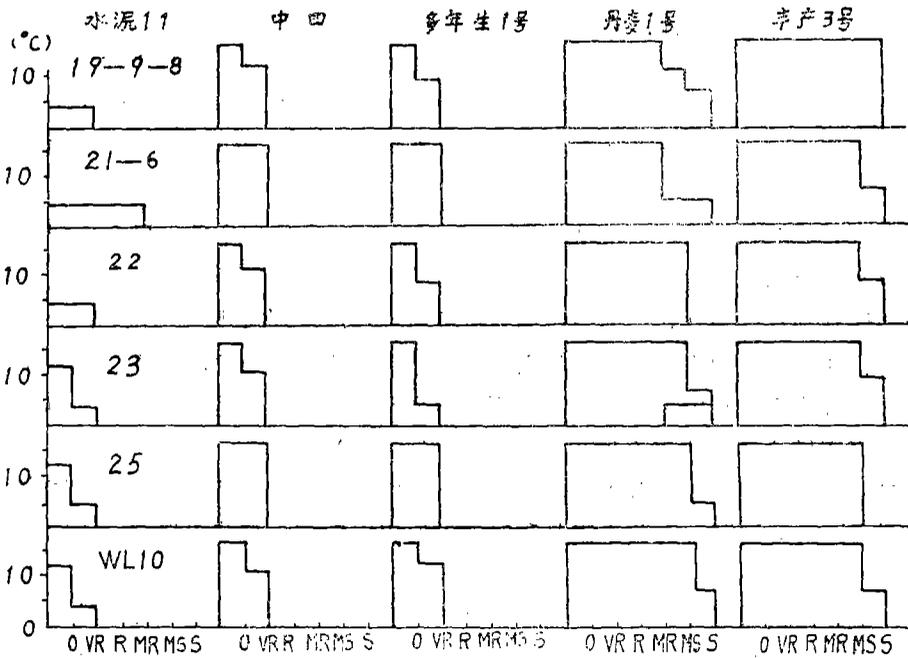


图2. 各类型小麦品种在不同温度下反应型

a: 水源11; b: 中四; c: 多年生1号; d: 丹麦1号; e: 丰产3号。

3. 波动感锈型品种：对温度反应较敏感，其反应型波动较大，可从免疫到高感。但其特点是有明显的感锈临界温度，在临界温度以上其抗条锈性随温度升高而增强，达临界温度点，则开始感染条锈病。不同品种临界点不同，但同一品种因小种多样也有不

同临界点，有的小种高一点，有的小种低一点，有的小种甚至没有温度临界点。如洛夫林10感锈的临界温度为10℃，对条中23号及19—9—8感病临界温度是 $9 \pm 0.43^\circ\text{C}$ ，对条中22号、25号及21—6，则为 $4.4 \pm 0.78^\circ\text{C}$ ，而对WL10在 4.4°C 时还表现为中抗。尤皮2号感锈临界温度为 13°C ，但对条中23号、25号、WL10及21—6却为 4.4°C 。陕农17号仅在 12.6°C 感染条中22号，对其它5个小种即在 4.4°C 时反应型仍为近免疫，而长武7125则在 17°C 时就感染条中22号，但对其它5个小种却表现高抗（详见图3）。

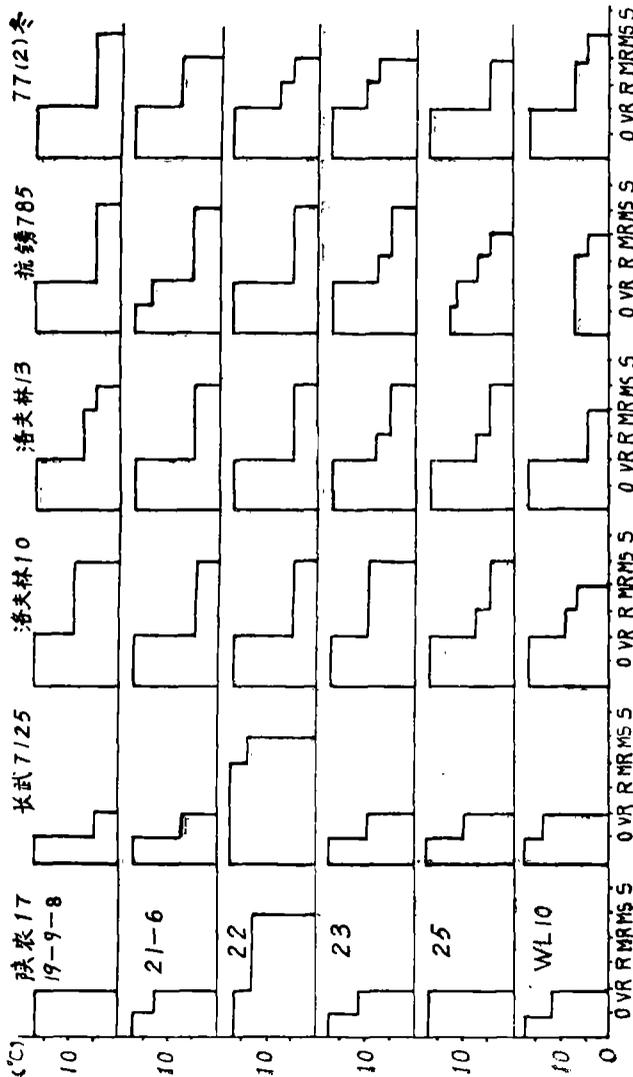


图3. 波动抗锈型小麦品种反应型比较

(三) 各类型品种在不同温度下的严重度：严重度反应抗病性的数量变化，总的看来，对于稳定感锈型小麦品种，其温度与严重度呈负相关，即温度愈低严重度愈高，负相关性显著至极显著， $r = -87.65 \sim -94.87\%$ ，各小种之间亦有一定的差异（如

表2)。

表2 稳定感锈型小麦品种在不同温度下的严重度*

品种 及度温(°C)		小种及严重度					
		19—9—8	21—6	条中22	条中23	条中25	WL10
丰 产 3 号	4.4	65	65	65	80	65	80
	7.0	65	65	65	65	65	65
	9.0	65	65	65	65	40	65
	11.0	65	65	65	65	65	65
	12.6	65	65	65	40	40	40
	17.0	40	40	40	40	40	25
丹 麦 一 号	4.4	65	40	40	65	40	65
	7.0	40	25	40	40	40	40
	9.0	40	25	40	25	25	25
	11.0	25	10	40	25	25	25
	12.6	25	25	25	25	25	25
	17.0	10	25	25	25	25	40
尤 皮 2 号	4.4	40	40	65	40	25	40
	7.0	40	10	65	25	25	25
	9.0	25	10	25	25	10	10
	11.0	10	10	25	10	5	10
	12.6	5	5	25	10	5	5
	17.0	25	5	10	10	2	2

* 丰产3号: $r = -94.87^{**}$ 丹麦1号: $r = -87.65^*$
尤皮2号: $r = -87.41^*$

稳定抗锈型小麦严重度低,不同温度间有一定差异,温度低时略高些,温度高时轻些,变化在10以下,经计算不相关,或不显著(如表3)。

波动抗锈型小麦品种与严重度负相关性达到显著至极显著的程度,相关系数为-89.50%,如洛夫林10。各小种平均严重度为15.71,在4.4°C时其严重度为35,7.0°C为21.5,11°C时为9.5,12.6°C时为4.2,17°C则为3.0,其 $r = -93.02^{**}$ 洛夫林13 $r = -82.64^*$ (详见表4)。

表 3 稳定抗锈型小麦品种在不同温度下的严重度

品种及温度(°C)		小种及严重度											WL10
		条中18	条中19	19 9 8	19 9 11	条中20	条中21	条 21 6	条中22	条中23	条中24	条中25	
水源11	4.4	/	/	5	/	/	/	25	5	t	/	10	10
	7.0	5	t-2	t	2	0	0	t	5	0	t	10	t
	9.0	2	t	2	2	0	t	0	40	5	0	0	2
	11.0	t	t	2	0	0	2	2	t	t	0	t	t
	12.6	/	/	5	/	/	/	2	t	0	/	0	0
	17.0	/	/	2	/	/	/	t	t-2	t	/	t	2
中四	4.4	/	/	10	/	/	/	10	5	25	/	5-10	10-25
	7.0	0	t	5	2	0	0	2	t	0	0	t	t
	9.0	0	0	5	5	t	0	2	t	t	0	5	t
	11.0	0	0	t	t	0	0	2	2	2	0	2	2
	12.0	/	/	t	/	/	/	t	0	0	/	t	0
	17.0	/	/	0	/	/	/	t	0	0	/	2	0
多年生一号	4.4	/	/	10	/	/	/	5-10	5	10	/	5-10	10
	7.0	0	0	2	0	0	t	t	t	0	t	t	t
	9.0	0	0	2	0	0	0	t	t	2	t	5	2
	11.0	0	0	0	0	t	0	2	0	5	0	5	2
	12.6	/	/	t	/	/	/	2	t	0	/	t	2
	17.0	/	/	2	/	/	/	2	2	0	/	5	0

表 4 波动抗锈型小麦品种对温度反应(各小种平均严重度)

温度(°C)	品种及严重度					
	洛夫林10	洛夫林13	抗锈785	长武7125	陕农17	77(2)冬
4.4	35.0	32.5	27.5	12.0	13.3	31.6
7.0	27.5	11.0	11.5	7.8	8.8	24.1
9.0	15.0	9.5	9.1	4.8	7.1	8.1
11.0	9.5	9.1	3.5	5.3	7.6	8.1

12.6	4.2	3.1	2.0	4.5	3.1	2.5
17.0	3.0	2.6	1.6	4.3	3.1	4.8
平 均	15.71	11.3	9.1	6.4	7.1	12.8
r =	-93.02**	-82.64*	-85.93*	-82.37*	-92.73**	-84.46*

(四) 在不同温度下各类型品种上病菌的潜育期：稳定抗锈型因反应型为免疫或近免疫，故没有孢子堆形成。在波动抗锈型品种上病菌潜育期变动较大：对有的小种不感染，象陕农 17 对 19—9—8、21—6、条中 23 号、25 号及 WL 10；对感染的小种也因温度不同，其潜育期也不同。77(2) 冬对条中 23 号小种，在 4.4℃ 时潜育期 51 天，在 7.0℃ 时为 23 天，在 17℃ 时则为 10 天。不同的小种其潜育期也有差异，77(2) 冬对条中 22 号在 7℃ 时潜育期为 21 天，比条中 23 号短 2 天，在 4℃ 时为 43 天，比条中 23 号短 9 天。这个类型的其它品种也都如此（如图 4 所示）。

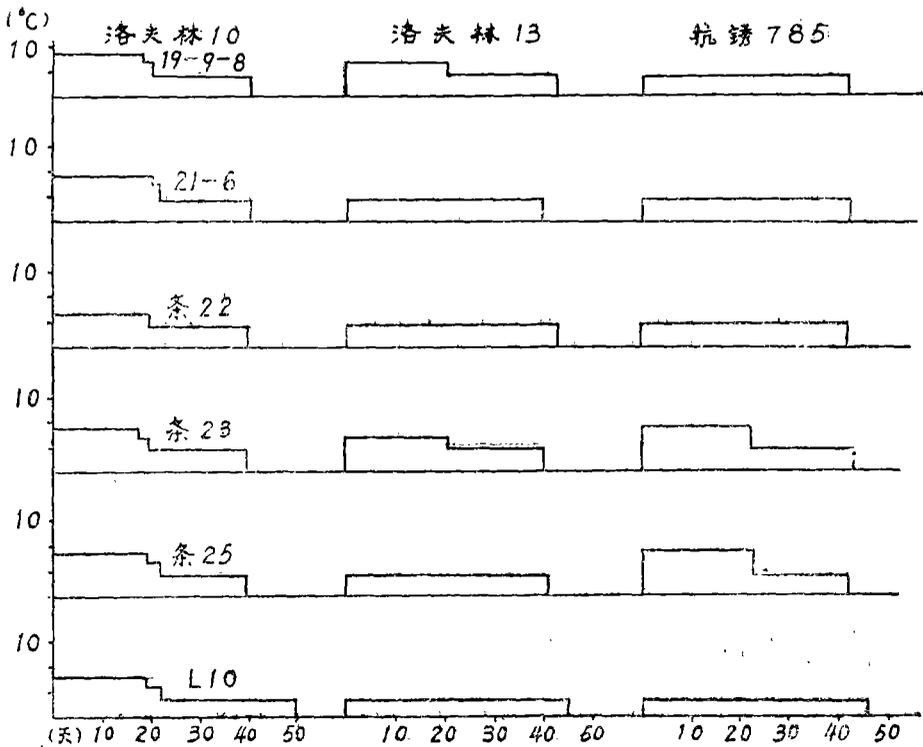


图 4-a 在不同温度下不同小种在波动抗锈型小麦品种上的潜育期(天)

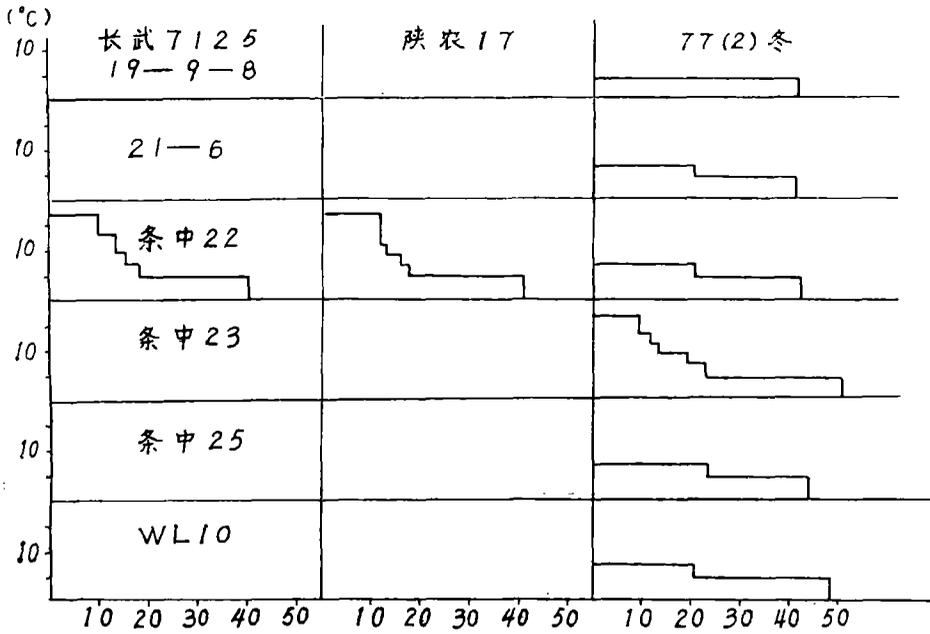


图4-b 在不同温度下不同小种在波动抗锈型小麦品种上的潜育期(天)

稳定感锈型小麦品种：在各温度阶梯内都有潜育期，近似“L”型，7℃是临界点，7℃以上潜育期随温度升高而缩短，但幅度较小，7℃以下潜育期延长的幅度大，在接近入侵起点温度时，几乎无限延长（如图5）。

因各品种抗性不同，同一小种在不同品种上、不同温度下及在相同温度下其潜育期也有差异。如条中22号在7℃时，在丹麦一号、尤皮2号上的潜育期为18天，在丰产3号上为19天；在4.4℃时，在丹麦一号上为43天，在丰产3号为42天；而在尤皮2号上则只有41天；于17℃间在丹麦一号上潜育期为10天，在丰产3号为12天（如图6）。

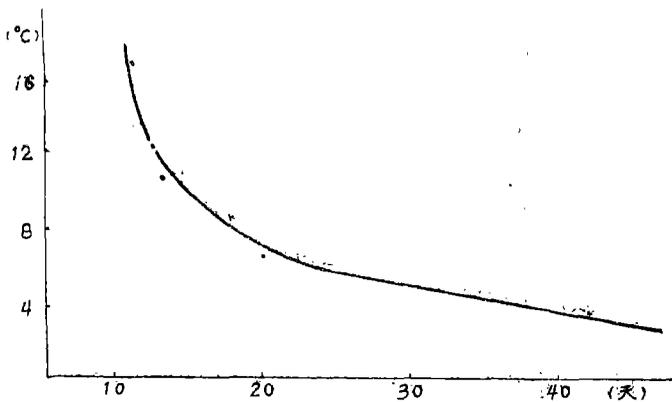


图5. 温度与小麦条锈病菌潜育期关系(各品种平均值)

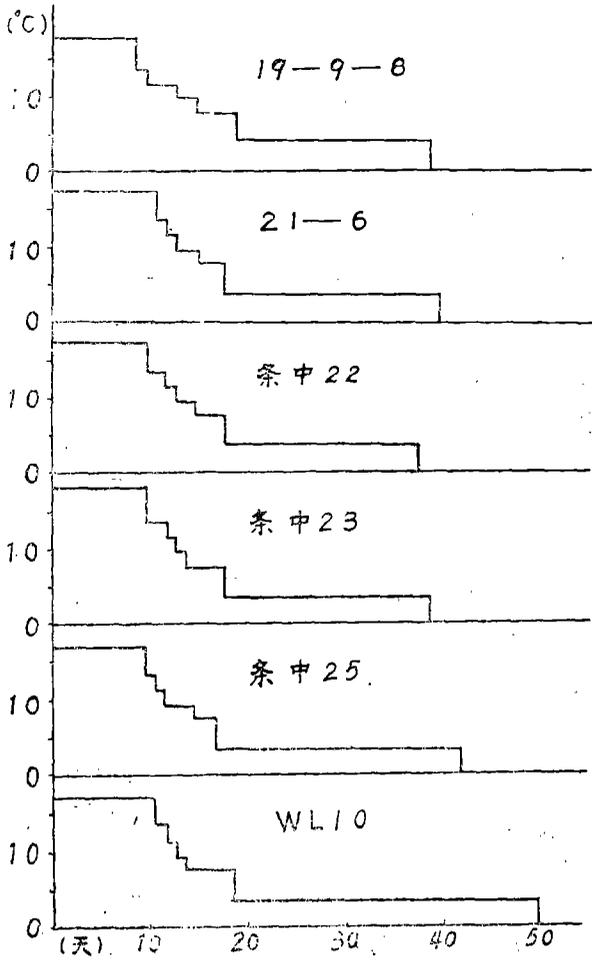


图6. 不同温度下各小种在丰产3号上潜育期

在同一品种上不同小种在不同温度下及在相同温度下其潜育期也不同(如图7所示),在丰产3号上于17°C时,各小种潜育期前后只相差1天,在较低温度下,其差距扩大,在4.4°C时,条中19-9-8,条中23号的潜育期为39天,条中21-6为40天,条中22为38天,条中25号为42天,WL10则达到50天,条中22号在4.4°C时,其潜育期在丹麦一号上为43天;在丰产3号上为42天;在洛夫林10号上为40天。条中22号在17°C时,在丹麦一号上的潜育期为10天,在丰产3号上为12天,反而比在丹麦1号上延长了2天,很可能是由于温度效应所造成的。

同一品种上各小种于一定温度下的潜育期可以计算出平均潜育期(如表5所示),在丹麦1号于4.4°C时,各小种的平均潜育期为 40.8 ± 2.1 天,在7°C时为 18.5 ± 0.8 天,于17°C时为 10.2 ± 0.4 天;一个小种在不同品种上的潜育期,亦可求出平均数来,如条中22号在4.4°C时平均为 41.3 ± 1.8 天,在7°C时为 19.4 ± 1.1 天,于17°C时则为 $10.8 \pm$

1.1天。

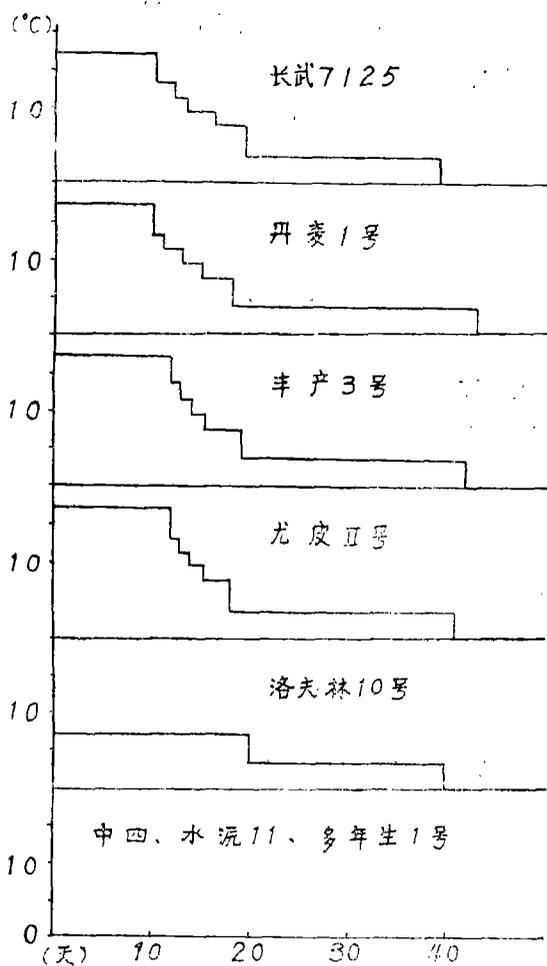


图7. 不同温度下条中22在各品种上潜育期

表 5 不同温度下各品种、小种潜育期的变化(平均值)

品 种 及 小 种		温度及潜育期					
		4.4±0.78	7.0±0.51	9.0±0.43	11.01±0.49	12.6±0.63	17.0±0.95
品	丹麦1号	40.8±2.1	18.5±0.8	15.5±0.5	13.0±0.0	11.8±0.4	10.2±0.4
	丰产3号	41.3±4.4	18.2±0.7	14.7±0.5	12.8±0.4	11.5±0.8	10.0±0.8
种	尤皮2号	42.0±3.7	19.7±2.0	16.7±2.0	13.6±1.1	13.2±1.0	11.6±1.5

小 种	19—9—8	41.1±1.6	19.0±1.2	16.7±2.8	12.6±0.5	11.0±2.6	9.6±0.5
	21—6	40.6±1.3	19.5±1.7	17.3±4.0	12.0±0.0	13.0±0.0	11.0±0.0
	条中22	41.3±1.8	19.0±1.1	15.8±0.4	13.6±0.5	12.2±0.8	10.8±1.1
	条中23	41.5±4.2	19.7±1.5	18.6±1.2	13.5±0.5	12.5±0.5	11.0±1.8
	条中25	41.6±1.7	20.4±2.8	18.3±3.2	13.5±0.5	12.6±1.1	11.1±2.0
	WL 10	47.4±2.4	19.7±0.5	17.0±4.3	13.0±0.0	12.6±1.1	11.6±2.0
	平均	42.2±2.5	19.5±0.5	17.2±1.0	13.0±0.5	12.3±0.6	10.8±0.6

三、结论与讨论

1. 通过在不同温度下对小麦品种苗期抗条锈病稳定性测定,证明低温是小麦品种感染条锈病的重要锈因。许多在常温下抗锈性没有差异或差异很小的品种,在13℃以下的温度条件下则发生较大的变化,有的仍具有高抗的特性,有的感染了条锈病,有的只在4.4℃低温下才感染条锈病,但还未发现在低温下抗病而在常温下感病的品种。上述情况,可能是不同抗性基因的温度反应不完全一致造成的。按其不同温度下对供试条锈菌生理小种的抗感反应,可分为相对的稳定抗锈型,波动抗锈型和稳定感锈型三类小麦品种。只发现波动抗锈型小麦品种具明显的感锈临界温度,或称抗—感温度转折点。

我们这里所提出的稳定抗锈型品种其抗锈性是在一定时期内、一定品种、一定条件下对一定小种或类群的抵抗力。当条件和病菌致病类型发生变化时,其抗锈性也可能发生变化,如水源11在其试验条件下,对供试小种的抗病性是稳定的,但对水5、水7等类型高度感染是明显的例证⁽⁶⁾。虽然如此,根据过去的经验,这一类型品种的抗锈性相对来说是较为持久的。

2. 从研究结果看,低温是测定小麦品种是否具有稳定抗条锈性的重要因素,因此我们建议在抗锈育种中,对于重要的抗源材料,尤其是新引进的抗源材料,或者是已育成的品种(品系),最好在投入使用或推广前,不只在常温下,而且也在低温下,进行多小种抗性鉴定,以便确定其利用价值。洛夫林系统抗源材料在陇南低温地区作为大面积栽培品种推广,很快丧失其抗锈性是一次很严重的教训。因此,对陇南地区无论杂交抗源的选择或抗病品种在当地的推广,以选用稳定抗锈型材料为好。

参 考 文 献

1. 李振岐、刘汉文: 1957, 关于碧蚂一号抗条锈性减退问题的讨论。
《西北农学院学报》2: 93—102。
2. 李振岐等: 1984, 洛夫林小麦抗条锈性变异问题的研究, 《中国农业科学》。
3. 陆师义等: 1958, 光与温度对小麦品种抗锈性的影响, 《植物病理学报》,
4(2): 129—135。

4. 强中发: 1981, 温度对小麦品种抗条锈性影响的研究, (研究生论文)。
5. 宁毓华、李振岐: 1983, 在低温下我国主要抗源材料和生产上推广品种(品系)抗条锈性稳定性测定总结(未发表)。
6. 李剑雁: 1983, 小麦锈病抗源——水源11出现条锈菌新菌种的初步研究《陕西农业科学》, 6: 37—38。
7. Gassner, G. & Straub, W., 1929, Experimental investigations on reaction of wheat varieties towards *Puccinia glumarum*. *Phytopath. Zeitschr.* 1 (3) : 215—275。
8. Sharp, E.L., 1965, Penetration and Postpenetration environment and development of *Puccinia striiformis* on wheat. *Phytopathology* 55: 198—203。

Research on The Influence of Temperature Upon The Stability of Wheat Variety Resistance To *Puccinia Striiformis* West In The Seedling Stage

Ning Yu-hua Li Zheng-qi Cheng Ju-long

Summary

The appraisalment of stability of resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* west) of 96 wheat varieties and resistant resources and 48 varieties which were offered by the Variety Resource Institute, Agricultural Scientific Academy of China has been made during 1981—1983 with prevalent Chinese yellow rust physiological races, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 and 25 under 4.4, 7.0, 9.0, 11.0, 12.0, and 17.0°C.

It has been concluded that the variance of resistance of wheat varieties to stripe rust (*P. striiformis*) is closely related to the variation of temperature. According to the stability of resistance under different temperatures, the 144 wheat varieties tested can be classified into the following three types: (1) The stable resistant type to stripe rust: This type of varieties highly resist the stripe rust (*P. striiformis*) under low and normal temperatures. These varieties such as Zhong 4, Zhong 5, Vivacious 1, 010F 422, 7510-1-9, and Rochefski

belong to this type. (2) The stable susceptible type to stripe rust: This type of varieties is susceptible to stripe rust under low and normal temperatures. These varieties such as Fungchan 3, Arber, Denmark 1 and Dwarf mutant 1 belong to this type. (3) The fluctuating resistant type to stripe rust: This type of varieties are very highly sensitive to the temperature and varied in resistance with the variation of temperature. It has a critical temperature. Above the critical temperature, the resistance of this type of varieties can be increased with the increasing of temperature. On the contrary, when the temperature is decreased till the critical temperature the varieties will become susceptible to stripe rust. The critical temperatures differ with the different conditions of varieties and races. These varieties such as Lovrin 10, Lovrin 13, Resisting rust 785, 77(2), Shaannong 17 and Changwu 7125 belong to this type.

The test showed that low temperature is an important factor affecting variances of resistance of wheat varieties to stripe rust (*P. striiformis*). The levels of resistance to stripe rust among varieties are different under varying temperatures. This phenomenon is due to the ununiform temperature responses of various genes resisting stripe rust. Therefore, in the course of wheat rust breeding, in order to exactly make use of the value of new varieties and important resistant resource materials, it is necessary to appraise their resistance to races under low temperature as well as normal temperature.