

YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系的 温敏特性差异比较

丁朋辉,何蓓如,宋喜悦,胡银刚,马翎健,李宏斌,陈世雷

(西北农林科技大学 农学院,陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**研究小麦温敏不育系的育性转化温度差异及其遗传机理,选育出适应范围广的温敏不育系。**【方法】**对带有相同 T 型斯卑尔脱小麦(*T. spelta* var. *duh.*)1Bs 染色体上的温敏主效基因、同一轮回亲本 3314 回交选育的 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系 A731、A732 和 A733 进行分期播种和分期剪穗试验,结合试验期间气象资料,比较其育性转换临界温度及可育条件下的自交结实率。**【结果】**A731、A732 和 A733 的育性转换临界温度分别为 18.92、17.90 和 18.54 ℃;3 个姊妹系剪穗再生分蘖穗在 27.85 ℃的可育条件下,自交结实率分别为 9.80%、34.30% 和 14.75%,而当温度下降到 24.45 ℃时自交结实率相应降低到 5.00%、10.01% 和 8.35%。**【结论】**3 个姊妹系在不同可育条件下的自交结实率有所不同,但与各自的育性转换临界温度高低无关,带有同一温敏主效基因的 3 个姊妹不育系的温敏特性存在差异,揭示了 YS 型小麦温敏不育系育性转换遗传机制的复杂性。

[关键词] 小麦;YS 型温敏不育系;雄性不育;温敏特性;育性转换

[中图分类号] S512.1;S334.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2008)09-0051-07

Comparison of the thermo-sensitivity difference of three sister lines of YS type thermo-sensitive male-sterile wheat lines

DING Peng-hui, HE Bei-ru, SONG Xi-yue, HU Yin-gang,
MA Ling-jian, LI Hong-bin, CHEN Shi-lei

(College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The study investigated the critical temperature difference of fertility exchange of thermo-sensitive male-sterile wheat lines and their genetics mechanism, and bred the thermo-sensitive male sterile lines that could be used in wide-range areas. **【Method】** Experiments were done to compare the thermo-sensitivity of three sisters lines of YS type thermo-sensitive male-sterile wheat lines A731, A732 and A733, which were bred by backcrossing with the same recurrent parent 3314 and transferred the same major thermo-sensitive gene form 1B chromosome of *T. spelta* var. *duh.*, through sowing at different time and redeveloping tillers of the cuttillers at different time and combining their fertility exchange critical temperatures and rate of selfed seed under fertility condition with meteorologic conditions during the experiments. **【Result】** It showed that the fertility exchange critical temperature of A731, A732 and A733 was 18.92, 17.90 and 18.54 ℃ respectively. Selfed seed rates of ratooning of 3 sister lines were 9.80%, 34.30% and 14.75% under fertility condition 27.85 ℃ respectively. However, when the temperature descended to 24.45 ℃, their selfed seed rates fell to 5.00%, 10.01% and 8.35% respectively. When under different fertile con-

* [收稿日期] 2007-10-08
[基金项目] 陕西省科技攻关项目(2007K02-04-01)
[作者简介] 丁朋辉(1981—),男,陕西武功人,在读硕士,主要从事小麦遗传育种研究。
[通讯作者] 何蓓如(1944—),男,陕西陇县人,教授,博士生导师,主要从事小麦杂种优势利用研究。

ditions there were different fertility-restoration levels, which was irrelevant with their fertility exchange critical temperature value. 【Conclusion】 Thermo-sensitive of three sister lines, which contained the same major thermo-sensitive gene, was different, indicating that the genetic mechanism of selfed seed rate of YS-type thermo-sensitive male-sterile wheat line was quite complicated.

Key words: wheat; YS type thermo-sensitive male-sterile line; male-sterility; thermo-sensitivity; fertility exchange

作物杂种优势利用是 20 世纪农业科学最重要的成就之一,小麦杂种优势利用虽然已在世界范围内进行了研究,但由于种种原因杂交小麦仍未得到广泛应用。水稻光温敏雄性不育系的发现和两系杂交水稻的成功生产,为小麦杂种优势利用提供了一个新的思路,许多研究者试图用光温敏材料建立两系杂交小麦种子的生产体系。小麦光温敏雄性不育系具有一系两用、恢复源广、较易选配优良杂交组合等优点。近年来,国内对小麦光温敏不育系进行了研究。1992 年我国湖南、重庆相继育成 ES 系列和 C49S 系列小麦温光敏感的雄性不育系^[1-2],其育性转换温度分别是 9~11 ℃ 和 12~14 ℃。这两种类型的温光敏不育系的制种安全性和可繁性适应长江流域小麦产区的生态环境,但在小麦主产区的中国北方,因育性转换临界温度较低而不能表达完全雄性不育^[3]。对于小麦温敏感材料,由于其创制难、恢复源少、异交结实率极低而进展缓慢^[4-5]。2000 年,何蓓如利用“一种选育适应中国北方小麦温敏不育系的方法”技术,育成了 A3314 等一系列小麦温敏雄性不育系,该类型温敏不育系的不育性稳定,育性转换特性明显;育性敏感期为减数分裂期至单核期,孕穗前后 8 d 平均温度低于 18 ℃ 表现稳定不育,平均温度高于 20 ℃ 表现稳定可育,其育性与日长无明显相关;在黄淮麦区秋播稳定雄性不育,春夏播及人工设定较高温度则雄性可育,称 YS 型小麦温敏不育系^[6]。

分析确定小麦温敏不育系育性转换的温度,对建立技术简便、成本低廉的二系杂交小麦种子生产体系具有非常重要的理论和实践意义。育性转换临界温度的研究方法,一般是使用气候箱或气候室人工控制温度^[7-8],或采取田间分期播种^[9]。前者需精确设置不同的温度梯度以测定不育系的育性转换临界温度,但由于目前国内使用的大型控温设备精度难以小于 0.5 ℃,而且试验历时较长,难免受其他因素影响,要准确测定温敏不育系的育性转换临界温度是十分困难的;后者是先田间分期播种,再对不育系育性转化敏感期的温度和育性变化进行统计分

析。谭昌华等^[1]通过分期播种和人工控温试验研究了重庆温光型核不育小麦 C49S 育性转换的临界温度为 15~18 ℃。吴秋云等^[10]在长沙通过分期播种对光温敏雄性不育小麦 ES-50 育性转换特性进行了初步研究,结果表明,ES-50 育性转换的临界温度约为 13 ℃。何蓓如等^[6]、宋国琦等^[11]通过分期播种试验和气候箱人工控温试验研究认为,YS 型温敏不育系 A3314、A3017 育性转换临界温度在 18 ℃ 左右,而稳定可育温度在 20 ℃ 以上。

本研究通过对带有相同 T 型斯卑尔脱小麦(*T. spelta* var. *duh.*)1Bs 染色体上的主效温敏基因、同一轮回亲本回交选育的 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系温敏特性的比较,调查了 3 个姊妹系育性转换临界温度和可育条件下自交结实率的差异,以选育出适应范围广的温敏不育系,并揭示其不育机理,为两系杂交小麦选育提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

试验所用 3 个材料为 1B/1R 类型小麦雄性不育系 K3314A 选育出的 3 个姊妹系 K731A(偏春性)、K732A(冬性)和 K733A(强冬性),再分别与斯卑尔脱小麦杂交、回交选育的 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系 A731、A732 和 A733,它们是冬春性不同、而其他性状相似的非 1B/1R 类型小麦雄性不育系,种子为 2005 年春播套袋自交所得;K3314A 种子为 2005 年与保持系回交所得。以上材料均来自西北农林科技大学二系杂交小麦课题组。气象资料由西北农林科技大学灌溉试验站提供。

1.2 方法

1.2.1 分期播种试验 2005~2006 年在西北农林科技大学农学院网室进行 9 个播期的分期播种试验,秋播期为 10-07,10-22,11-06 和 11-21,春播期为 02-15,02-25,03-07,03-17 和 03-27。各播期同时播种 3 个姊妹系和对照 K3314A,2 行区,行长 1 m,行距 25 cm,株距 6.6 cm,9 个播期按顺序排列。

记载主要生育期,花前各小区逐株分大、中、小

分蘖穗标记抽穗期、开花期,并套袋自交,灌浆后期调查自交结实率。

孕穗期记载标准为幼穗顶伸至倒二叶叶耳,抽穗期记载标准为穗顶部小穗伸出旗叶叶耳。

自交结实率/%=[有效小穗基部两朵小花的结实数/(有效小穗数×2)]×100%。

1.2.2 分期剪穗试验 再生分蘖穗因剪穗期不同而处于不同光温条件下,是分期播种试验的印证。所留正季分蘖穗作为正季秋播育性对照。

2005-10-07 正季秋播的 3 个姊妹系和对照 K3314A,于 2006-04-24 开始每隔 5 d 剪正季穗 30 株,共剪 6 期至 05-19 止。剪穗时每株留一正季分蘖穗花前套袋自交,其余正季分蘖从基部节间剪去,当日施肥灌水,促进再生分蘖萌发。逐日挂牌标记再生分蘖穗抽穗期、开花期,并套袋自交;灌浆后期调查所留正季分蘖穗和再生分蘖穗的自交结实率。根据 3 个姊妹系剪穗再生分蘖抽穗期情况,分 4~5

个不同时期整理 6 个剪穗期自交结实率及温度数据,并求各个时期的平均值。

1.2.3 分析方法 用 EXCEL 列表分析 3 个姊妹系抽穗期、育性转换临界温度及剪穗再生分蘖育性与气象因素之间的关系,作图分析不同播期的 A732 育性转换临界温度与自交结实率之间的关系;用 SAS 统计软件分析 A732 剪穗再生分蘖自交结实率与抽穗前日平均温度和开花前空气湿度的相关性。

2 结果与分析

2.1 分期播种试验

2.1.1 YS 型小麦温敏不育系抽穗期的比较 由表 1 可以看出,同期播种的 3 个姊妹系抽穗期有一定差异,其中 A731 抽穗最早,A732 次之,A733 抽穗期最晚,K3314A 和 A731 同为偏春性材料,故其生育期与 A731 较为一致。

表 1 YS 型小麦温敏不育系抽穗期的比较

Table 1 Comparison on the heading date of YS type thermo-sensitive male-sterile wheat lines

供试材料 Material	播期(月-日) Sowing date (month-day)								
	10-07	10-22	11-06	11-21	02-15	02-25	03-07	03-17	03-27
A731	04-04	04-15	04-20	04-28	05-11	05-16	05-21	05-26	06-02
A732	04-15	04-18	04-22	05-01	05-17	05-28	06-09	06-24	—
A733	04-17	04-21	04-28	05-17	05-21	06-03	06-13	06-28	—
K3314A	04-10	04-19	04-21	04-26	05-12	05-17	05-19	05-26	05-31

注:“—”表示抽穗极不整齐。

Note:“—” refers to the heading dates are inconsistent.

2.1.2 YS 型小麦温敏不育系不同大小分蘖穗的育性表现 对各播期的 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊

妹系逐株分大、中、小分蘖穗套袋自交,自交结实率调查结果见表 2。

表 2 YS 型小麦温敏不育系不同大小分蘖穗的自交结实率

Table 2 Selfed seed rate of different stages tillers of YS type thermo-sensitive male-sterile wheat lines %

供试材料 Material	分蘖穗 Stage of tillers	播期(月-日) Sowing date (month-day)								
		10-07	10-22	11-06	11-21	02-15	02-25	03-07	03-17	03-27
A731	大 Earlier	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.21	0.00
	中 Mid	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	1.41	0.40	—
	小 Terminal	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22	2.27	1.81	—	—
A732	大 Earlier	0.00	0.00	0.00	1.22	9.03	2.37	6.25	3.84	0.24
	中 Mid	0.00	0.00	0.00	5.35	10.13	0.00	4.49	—	—
	小 Terminal	0.00	0.00	7.49	6.51	7.60	1.59	—	—	—
A733	大 Earlier	0.00	0.00	0.00	0.23	2.57	1.58	1.49	0.00	—
	中 Mid	0.00	0.00	0.00	0.30	5.78	0.00	0.19	—	—
	小 Terminal	0.00	0.00	0.00	0.35	1.49	0.30	—	—	—
K3314A		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注:“—”表示发育较慢未套袋调查。

Note:“—” refers to the data can't be investigated because of it's development retards.

由表 2 可以看出,除 A732 第 3 播期的小分蘖和 A732、A733 第 4 播期育性出现波动外,其余 3 个姊妹系育性表现为,从秋播完全不育→早春播低度可育→春播中度可育的变化过程,并且育性转换所

处的播期中大、中、小分蘖分别表现为完全不育、部分可育和可育,这是因为同一播期大分蘖抽穗早,育性转换敏感期所处的温度较低,而中、小分蘖抽穗稍晚,育性转换敏感期所处的温度高于临界温度所致。

可见 3 个姊妹系均具有温敏特性,可以发生育性转换,而对照不育系 K3314A 无论正季秋播还是春播均稳定雄性不育,这是因为 K3314A 具有粘果山羊草(*Ae. kotschyi*)细胞质,小麦品系 3314 核基因组类型为 1B/1R 小麦雄性不育系,对应的雄性不育基因为非温敏基因,因而没有温敏特性。

2.1.3 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系育性转换临界温度的比较 YS 型小麦温敏不育系属低温不育型温敏不育系,借鉴光温敏水稻不育系育性转换临界温度的研究方法^[12],寻求其不育期内的最高平

均温度值和引起可育的温敏期内最低平均温度值,发现二者比较接近,因此可作为其育性转换临界温度的经验值。表 3 为 3 个姊妹系育性转换临界温度的经验值及其对应的播期、孕穗期和育性转换期的自交结实率。从表 3 可以看出,YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系育性转换临界温度存在差异,其中 A731 育性转换临界温度最高为 18.92℃,A732 育性转换临界温度最低为 17.90℃,A733 则介于二者之间;而可育条件下的自交结实率与其育性转换临界温度之间没有关系。

表 3 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系育性转换临界温度及其相应的自交结实率

Table 3 Selfed seed rate of fertility exchange stage and fertility exchange critical temperature of three sister lines				
供试材料 Material	播期 Sowing date	孕穗期 Booting date	育性转换临界温度/℃ Fertility exchange critical temperature	育性转换期自交结实率/% Selfed seed rate of fertility exchange stage
A731	03-07	05-12	18.92	0~6.34
A732	11-06	04-21	17.90	0~7.50
A733	11-21	05-12	18.54	0~5.79

2.2 分期剪穗试验

2.2.1 对照不育系剪穗试验的育性 对照不育系 K3314A 剪穗再生分蘖穗和保留的正季分蘖穗均完全不育,这与分期播种的结果一致,说明 K3314A 无温敏特性。

2.2.2 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系剪穗再生分蘖育性的比较 对正季秋播的 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系分期剪穗,均表现正季穗完全不育,剪穗再生分蘖自交结实率为 0.32~34.3%,与分期播种试验结果一致。这是由于剪穗后再生分蘖孕穗期所处温度为 22.56~27.85℃,发生了育性转换,

进一步验证了 YS 型小麦温敏不育系具有温敏特性。从表 4 可以看出,06-09 抽穗的 3 个姊妹系自交结实率分别为 9.80%,34.30%和 14.75%,差异明显,而 06-14 抽穗的自交结实率分别为 5.00%,10.01%和 8.35%,相差不明显,此期间温度(已高于育性转换临界温度)、湿度都有下降,且湿度下降较为明显;06-14 抽穗的 A732 孕穗前后 5 d 日平均温度较 06-11 有所下降,自交结实率反而从 8.33%增加到 10.01%,这可能是由于空气相对湿度有所升高所致。表明在空气温度主控下,空气湿度对 YS 型小麦温敏不育系自交结实率有一定的调节作用。

表 4 YS 型小麦温敏不育系 3 个姊妹系剪穗再生分蘖育性与气象因素的关系

Table 4 Relation between fertility of ratooning three sisters line and mteorologic conditions

抽穗期 Heading date	孕穗前后 5 d 日平均温度/℃ 5 days before and after booting	开花前 5 d 空气湿度/% Air humidity of 5 days before bloom	材料 Material	自交结实率/% Selfed seed rate
06-09	27.85	70.75	A731	9.80
			A732	34.30
			A733	14.75
06-10	26.66	68.15	A731	6.87
			A732	16.78
			A733	10.99
06-11	26.00	64.05	A731	2.50
			A732	8.33
			A733	7.24
06-14	24.45	66.01	A731	5.00
			A732	10.01
			A733	8.35
06-17	26.04	72.85	A733	9.12

2.3 A732 的温敏特性

通过以上研究发现,A732 育性转换后自交结实

率较高,是 3 个姊妹系中较理想的不育系,因此对其温敏特性进行了深入研究。

2.3.1 不同播期 A732 育性与温度的关系 表 5 为分期播种试验 A732 各播期孕穗前 5 d、孕穗前后 5 d、孕穗后 5 d、抽穗前 5 d 和抽穗后 5 d 的日平均

温度。将不同播期的自交结实率与其孕穗至抽穗的日平均温度作图分析后发现,孕穗前后 5 d 日平均温度与自交结实率有较明显关联(图 1)。

表 5 分期播种试验中 A732 不同发育时期的日平均温度及其自交结实率

Table 5 Average daily air temprature and selfed seed rate of A732 different developing period from sowing at different stages

播期 Sowing date	孕穗期 Booting date	日平均温度/℃ Average of daily air temperature					自交结实率/% Selfed seed rate
		孕穗前 5 d 5 days before booting	孕穗前后 5 d 5 days before and after booting	孕穗后 5 d 5 days after booting	抽穗前 5 d 5 days before heading	抽穗后 5 d 5 days before heading	
10-07	04-10	10.84	12.32	16.48	17.14	13.62	0.00
10-22	04-12	12.32	16.48	16.96	14.28	17.85	0.00
11-06	04-18	14.28	14.54	17.43	17.75	14.60	0.00
11-21	04-23	16.48	18.56	12.14	12.10	14.78	1.22
02-15	05-12	18.54	18.92	18.52	18.22	17.04	9.03
02-25	05-24	16.32	18.10	19.82	20.98	24.13	2.37
03-07	06-06	27.48	27.85	26.00	26.66	24.45	6.25
03-17	06-21	26.02	24.72	23.84	24.28	25.10	3.84
03-27	06-30	20.34	18.24	17.83	22.54	23.76	0.24

从图 1 可以看出,A732 04-23 前孕穗的日平均温度低于育性转换的临界温度 17.90 ℃,因而表现为不育。04-23 的日平均温度为 18.56 ℃,此时 A732 已达到孕穗期,因而育性发生转换,此后自交结实率随温度升高而逐渐增加;05-24 孕穗的 A732 由于温度降到 18.10 ℃自交结实率下降到 2.37%,春播各期的孕穗期平均温度均在 18 ℃以上,表现可育。这表明 A732 育性转换临界温度在 17.90 ℃左右,并且在 18 ℃以上可达到稳定可育。

2.3.2 A732 剪穗再生分蘖穗的育性与温度、空气湿度的关系 A732 的 6 个剪穗期保留的正季分蘖穗完全不育,各剪穗期再生分蘖 05-29 开始抽穗,至 06-14 结束,再生分蘖自交结实率为 0.32%~34.30%,孕穗期所处温度为 20.98~27.88 ℃。由表 6 可知,在可育温度条件下,A732 的自交结实率与抽穗前 0~15 d 的日平均温度呈显著正相关($r=0.570\ 2\sim0.777\ 4,P<0.05\sim0.01$),其中抽穗前

0~9 d 达极显著水平。

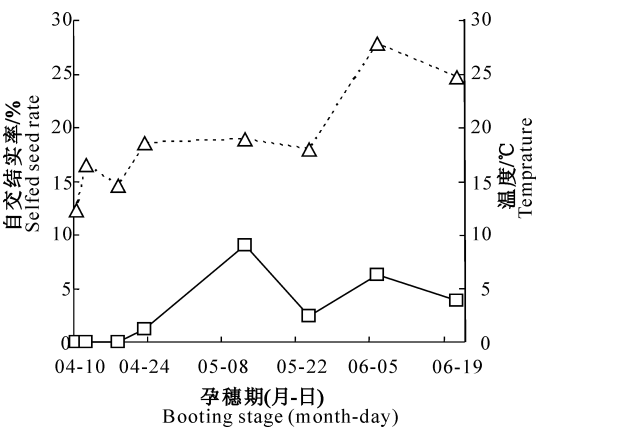


图 1 A732 自交结实率与孕穗前后 5 d 日平均温度的关系
—□—,自交结实率;---△--,孕穗前后 5 d 日平均温度

Fig. 1 The relationship between selfed seed rate and average daily temprature of 5 days before and after booting
—□—,Selfed seed rate;---△--,Average daily temprature of 5 days before and after booting

表 6 A732 剪穗再生分蘖的自交结实率与抽穗前日平均温度和开花前空气湿度的相关系数

Table 6 The correlation coefficients between selfed seed rate of ratooning A732 and average temperature and humidity

日平均温度 Average of temperature per day				空气湿度 Average of air humidity per day	
抽穗前天数 Days before heading	相关系数 Correlation coefficients	抽穗前天数 Days before heading	相关系数 Correlation coefficients	开花前天数 Days before bloom	相关系数 Correlation coefficients
—1~3	0.383 4	6~10	0.641 3 *	0~4	0.583 0 *
0~4	0.663 6 **	7~11	0.621 3 *	1~5	0.442 1
1~5	0.777 4 **	8~12	0.588 4 *	2~6	0.228 3
2~6	0.763 7 **	9~13	0.576 4 *	3~7	0.281 1
3~7	0.712 1 **	10~14	0.570 2 *	4~8	—0.826 8 **
4~8	0.680 4 **	11~15	0.541 2 *	5~9	—0.671 9 *
5~9	0.662 2 **	12~16	0.496 6		

注: * 和 ** 分别表示相关显著和极显著。
Note: * and ** refer to correlative significantly and very significantly respectively.

此期正值孕穗期(YS 型小麦温敏不育系的敏感期),即雄配子减数分裂至单核期。这说明孕穗期是 A732 的育性转换敏感期。分析还发现,再生分蘖穗自交结实率与开花前 4 d 空气湿度呈显著正相关($r=0.583\ 0, P<0.05\sim0.01$),而与开花前 4~9 d 的空气湿度呈显著负相关($r=-0.826\ 8\sim-0.671\ 9, P<0.05\sim0.01$)。

3 讨 论

3.1 温敏不育系育性转换临界温度对温(光)敏不育系选育的影响

何觉民等^[13]研究认为,育性转换临界温度是评价温敏不育系最主要的指标之一,其值高低决定不育系的实用性和适用的生态区域。一个好的温(光)敏不育系要有能适应当地生态条件的育性转换温度、较长的安全播种期和较广泛的生态适应区,并且在制种条件下稳定不育。对于高温敏感型不育系,临界温度越低其应用价值越高,已报道的只有周 13S-1^[14]。反之,对于低温敏感型不育系而言,临界温度越高,应用价值越高。1992 年,我国湖南、重庆相继育成的小麦温光敏感雄性不育系^[1-2],适应于长江流域小麦产区的生态环境,而在小麦主产区的中国北方因育性转换临界温度较低而不能表达完全雄性不育^[3]。何蓓如等^[6]选育的 YS 型小麦温敏雄性不育系不育性较稳定,育性敏感期为减数分裂期至单核期即孕穗期,孕穗前后 8 d 平均温度低于 18 ℃表现稳定不育,平均温度高于 20 ℃表现稳定可育,在我国小麦主产区可进行杂交种种子生产,为利用该温敏不育系建立二系杂交小麦技术体系奠定了基础。选育育性转换温度较高的小麦温敏雄性不育系,对我国小麦主产区发展杂交小麦至关重要。本研究采用的 3 个姊妹系的育性转换临界温度存在差异,其中 A731 育性转换临界温度最高, A732 最低, A733 则介于二者之间,这 3 个姊妹系属 YS 型温敏不育系,适应我国小麦主产区生态条件,具有较好的应用价值。

3.2 温敏不育系育性转换温度的研究方法

本研究借鉴光温敏水稻育性转换临界温度的研究方法^[12],通过分期播种试验,在自然条件下分析育性波动与温度变化的关系,寻找 YS 型温敏不育系不育期内的最低平均温度值,以及引起可育的温敏期内最高平均温度值,发现二者比较接近,估计了 YS 型温敏不育系 3 个姊妹系育性转换临界温度经验值,研究结果与何蓓如等^[6]、宋国琦等^[11]的结果

基本一致,它们的育性转换监界温度都在 18 ℃,但研究表明 3 个姊妹系的育性转换临界温度有一定差异。用该方法估计温敏不育系的育性转换临界温度经验值简便可行,其值准确性有待于用人工气候箱鉴定,因此将田间分期播种和人工控温试验结合起来,研究温敏不育系的育性转换临界温度效果较好。

3.3 3 个姊妹系育性转换临界温度的遗传机理

廖伏明等^[15]研究认为,水稻光温敏雄性不育系的育性转换特性受 1 对或 2 对隐性基因控制,属质量性状;而不育的起点温度受多基因控制,导致育性漂移的内在原因是控制起点温度的多基因仍有少数基因处于杂合状态,通过连续多代自交遗传纯化而不再发生“漂移”是完全可能的。王培田^[16]研究认为, K 型小麦非温敏雄性不育性受细胞质基因与细胞核 2 对隐性基因 rfv_1 和 rfv_2 共同控制,主效基因 rfv_1 存在于 1Bs 或 1Rs 上,可决定育性的 80%,而 rfv_2 为微效基因,位置不详。宋喜悦等^[17]已将 YS 型小麦温敏不育系 A3314 温敏雄性不育主效基因定位于 1Bs 上,并证明该基因来自斯卑尔脱小麦;温敏不育系 A3314 的雄性不育性除受主效核基因和细胞质基因控制外,还受 1 对隐性核基因控制,呈独立遗传。宋国琦等^[11]研究发现,YS 型小麦温敏雄性不育系不同株系 A3017-310 和 A3017-312 间育性转换临界温度不同;这两个株系在不同可育条件下育性恢复程度有所不同,该材料已自交 7 代株间尚有分离,表明 YS 型温敏不育系在育性转换为可育后控制自交结实的遗传机制较为复杂。

本研究中 3 个温敏姊妹系来源于同一组合,并且都因导入 *T. spelta* var. *duh* 1Bs 染色体片段而具有温敏特性,但其育性转换临界温度存在差异。另外研究发现,同一系内自交结实率也有差异,而且 3 个姊妹系在不同的可育条件下自交结实率有所不同,但与各自的育性转换临界温度高低无关。综上所述,可推测 YS 型小麦温敏不育系育性转换特性受主效基因 rfv_1^{sp} 和微效多基因系统两对隐性核基因控制;其中的微效不育基因系统不具有温敏特性,仅对 rfv_1^{sp} 起修饰作用。带有同一温敏主效基因的 3 个姊妹系的温敏特性存在差异,揭示了 YS 型温敏不育系育性转换遗传机制的复杂性。结合光温敏水稻研究结果考虑,YS 型小麦温敏不育系高温条件下的自交结实率,可能由另一微效多基因系统控制。

[参考文献]

[1] 谭昌华,余国东,杨沛丰. 重庆温光型核不育小麦的不育性研究

- 初报 [J]. 西南农业学报, 1992, 5(4): 1-6.
- Tan C H, Yu G D, Yang P F. Research on the male sterile fertility thermo-sensitive genic male sterile wheat in Chongqing [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalia Sinica, 1992, 5(4): 1-6. (in Chinese)
- [2] 何觉民, 戴君惕, 邹应斌, 等. 两系杂交小麦研究——I. 生态雄性不育小麦的发现、培育及其利用价值 [J]. 湖南农业科学, 1992, 4: 1-3.
- He J M, Dai J T, Zou Y B, et al. Studying of two systems hybrid wheat——I. Discovery and using value of ecology male sterile wheat [J]. Scientia Agriculture Sinica, 1992, 4: 1-3. (in Chinese)
- [3] 宋喜悦, 何蓓如, 马翎健, 等. 温敏不育系 A3314 在中国不同生态地点的育性表现 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(7): 1207-1210.
- Song X Y, He B R, Ma L J, et al. Variation of male fertility in regions on thermo-sensitive male-sterile line A3314 in wheat [J]. Acta Botanica Boreal-Occidentalia Sinica, 2004, 24(7): 1207-1210. (in Chinese)
- [4] 何蓓如, 孟荣华, 宋喜悦, 等. 粗厚山羊草 (*Ae. crassa*) 细胞质普通小麦核代换系在中国不同光温条件地点的雄性育性变异 [J]. 西北植物学报, 1999, 19(6): 10-16.
- He B R, Meng R H, Song X Y, et al. The variation of male fertility of wheat nuclear substitutional lines in *Ae. crassa* cytoplasm in the region with different photo-thermo condition in China [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 1999, 19(6): 10-16. (in Chinese)
- [5] 胡适宜. 被子植物胚胎学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1987: 83.
- Hu S Y. Angiosperm embryology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1987: 83. (in Chinese)
- [6] 何蓓如, 董普辉, 宋喜悦, 等. 小麦温度敏感不育系 A3314 温敏特性研究 [J]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 1-6.
- He B R, Dong P H, Song X Y, et al. Studies on the thermo-sensitivity of thermo-sensitive male-sterile line A3314 in wheat [J]. Journal of Triticeae Crops, 2003, 23(1): 1-6. (in Chinese)
- [7] 陈良碧, 李训贞, 周广治. 温度对水稻光敏、温敏核不育基因表达影响的研究 [J]. 作物学报, 1993, 19(1): 47-54.
- Chen L B, Li X Z, Zhou G Q. Effects of temperature on the sterility of rice in photo-sensitive and thermo-sensitive male sterile lines [J]. Acta Agron Sin, 1993, 19(1): 47-54. (in Chinese)
- [8] 薛光行, 陈平, 陈长利. 水稻光敏不育临界日长估计值的研究 [J]. 中国农业科学, 1998, 31(3): 19-24.
- Xue G X, Chen P, Chen C L. Study on estimated values of critical photoperiod for sterility in PGMS rice [J]. Sci Agric Sin, 1998, 31(3): 19-24. (in Chinese)
- [9] 卢兴桂, 姚克敏, 袁潜华, 等. 水稻新不育系育性转换的光温特性分析 [J]. 中国农业科学, 1999, 32(4): 6-13.
- Lu X G, Yao K M, Yuan Q H, et al. An analysis of fertility of PTGMS rice in China [J]. Sci Agric Sin, 1999, 32(4): 6-13. (in Chinese)
- [10] 吴秋云, 何觉民, 罗红兵, 等. 生态雄性不育小麦 ES-50 育性转换机制的研究 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2001, 27(2): 89-91.
- Wu Q Y, He J M, Luo H B, et al. Mechanism of fertility alteration of ecological male sterile wheat ES-50 [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2001, 27(2): 89-91. (in Chinese)
- [11] 宋国琦, 胡银岗, 林凡云, 等. YS 型小麦温敏雄性不育系 A3017 控温条件下的花粉育性比较 [J]. 麦类作物学报, 2006, 26(1): 17-20.
- Song G Q, Hu Y G, Lin F Y, et al. Comparison on the pollen fertility of YS type thermo-sensitive male-sterile wheat line A3017 under artificial temperature conditions [J]. Journal of Triticeae Crops, 2006, 26(1): 17-20. (in Chinese)
- [12] 卢兴桂, 顾铭洪, 李成荃, 等. 中国光、温敏雄性不育水稻育性生态 [M]. 北京: 科技出版社, 2003: 51-53.
- Lu X G, Gu M H, Li C Q, et al. Fertility ecology of photoperiod-and thermo-sensitive genic male sterile rice in China [M]. Beijing: Science and Technology Press, 2003: 51-53. (in Chinese)
- [13] 何觉民, 戴君惕, 邹应斌, 等. 生态遗传雄性不育理论与两系杂交植物 I. 生态遗传雄性不育理论 [J]. 湖南农学院学报, 1994, 20(1): 1-5.
- He J M, Dai J T, Zou Y B, et al. The theory of ecological-genetical sterility and two-line hybrid crops [J]. Journal of Hunan Agricultural College, 1994, 20(1): 1-5. (in Chinese)
- [14] 王丰青, 何觉民, 魏荷, 等. 高温不育小麦育性转换特性研究 [J]. 麦类作物学报, 2007, 27(1): 211-215.
- Wang F Q, He J M, Wei H, et al. Study on the characteristics of fertility alteration of a high-temperature male sterile wheat line [J]. Journal of Triticeae Crops, 2007, 27(1): 211-215. (in Chinese)
- [15] 廖伏明, 袁隆平. 光温敏不育水稻不育性表达不稳定的遗传机制与原因综述 [J]. 杂交水稻, 2003, 18(2): 1-6.
- Liao F M, Yuan L P. On genetic mechanism and cause of instability in sterility expression in photoperiod-and thermo-sensitive genic male sterile rice [J]. Hybrid Rice, 2003, 18(2): 1-6. (in Chinese)
- [16] 王培田. 小麦 K 型雄性不育性研究 [C]// 刘祚昌. 小麦核质杂种细胞质工程学术讨论会论文摘要选集. 北京: 1987: 24.
- Wang P T. Genetic study on K type male sterility-fertility in wheat [C]// Liu Z C. Beijing: Selected Papers on Wheat Nucleus-Cytoplasm Hybrid Symposium, 1987: 24. (in Chinese)
- [17] 宋喜悦, 何蓓如, 马翎健, 等. 小麦温敏不育系 A3314 温敏不育性的遗传研究 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(6): 1095-1099.
- Song X Y, He B R, Ma L J, et al. Genetic study of thermo-sensitive male sterility on thermo-sensitive male sterile wheat line A3314 [J]. Sci Agric Sin, 2005, 38(6): 1095-1099. (in Chinese)