

白菜型冬油菜和春油菜杂交后代 抗寒性与植物学特性

王丽萍, 杨 刚, 孙万仓, 张正丽, 王 月, 董红业, 赵艳宁
孔德晶, 鲁美宏, 杨宁宁, 刘自刚, 方 彦, 武军艳

(甘肃省油菜工程技术研究中心, 甘肃省干旱生境作物重点实验室,
甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室, 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 对强抗寒性白菜型冬油菜陇油 7 号和陇油 9 号与优质白菜型春油菜品种 Parkland 杂交后代群体的感温性(冬春性)、植物学特性、越冬率等进行了初步分析研究。结果表明:(1) 两个杂交组合的 F1 代植株全部表现为冬性, 可见冬性为显性, F2 代和 BC1 冬春性发生分离, F2 代冬春性均符合 4:1 的分离, 而 BC1 中以 Parkland 为轮回亲本时, 后代冬春性符合 1:1 的分离, 以陇油 7 号和陇油 9 号为轮回亲本时, 后代冬春性之比为 4:1。(2) 以越冬率为抗寒指标分析发现陇油 7 号 × Parkland 杂交后代的抗寒性比陇油 9 号 × Parkland 杂交后代抗寒性强, 这与冬性亲本抗寒性强弱一致, 各世代抗寒性强弱依次是: 以冬性为轮回亲本的 BC1 > F2 > F1 > 春性为轮回亲本的 BC1。(3) 相关性和灰色关联分析表明, 越冬率与冬春杂交后代主要生物学特性紧密相关, 相关程度依次为: 心叶色 > 生长习性 > 冬春性 > 叶色。分析得出, 植株形态特征与抗寒性有密切的关系, 一般心叶为紫色、叶色深绿或浅绿、匍匐或半直立生长的幼苗, 其越冬率较大, 抗寒性较强。

关键词: 白菜型油菜; 杂交后代; 冬春性; 生物学特性; 灰色关联

中图分类号: S565.4 **文献标志码:** A

Cold resistance and botanical characteristics of the hybrid prgeny between winter and spring turnip rapes(*Brassica campestris* L.)

WANG Li-ping, YANG Gang, SUN Wan-cang, ZHANG Zheng-li, WANG Yue, DONG Hong-ye,
ZHAO Yan-ning, KONG De-jing, LU Mei-hong, YANG Ning-ning, LIU Zi-gang, FANG Yan, WU Jun-yan
(Rapaseed Engineering Research Center of Gansu Province, Gansu Provincial Key Laboratory of
Arid Land Crop Sciences, Improvement and Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement,
Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: This study had carried on the preliminary analysis and research on temperature sensitivity (winterness and springness), botanical characteristics, and overwintering rates of filial generations for hybrids between winter type turnip rape (*Brassica rapa*, Longyou7 and Longyou9 strong in cold hardiness) and spring type turnip rape (*Brassica rapa*, Parkland). The results showed that all of the F1 generation from hybridization between Longyou7, Longyou9 and Parkland presented winterness, which meant winterness was dominant. And the winterness and springness were separated in F2 and BC1 generations. The separation ratio within F2 generation was 4:1 and the ratio within BC1 generation when Parkland was used as the recurrent parent was 1:1. When Longyou7 and Longyou9 were used as the recurrent parents, the separate ratio was 4:1. Additionally, while wintering rates were used as the indexes of cold hardiness, the results indicated that cold resistance of filial generations from Longyou7 and Parkland was stronger than that from Longyou9 and Parkland, which was consistent with winterness of parents. The cold resistance strength for each generation was in the following order: BC1 with winterness as recurrent parents > F2 > F1 > BC1 with springness as recurrent parents. Moreover,

收稿日期: 2014-05-20

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划(2011AA10A104); 国家“973”重点基础研究发展计划(2015CB150206); 国家公益性行业(农业)科研专项(200903002-04); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-13); 国家自然科学基金(31460356); 国家农业科技成果转化项目(2014G10000317)

作者简介: 王丽萍(1987—), 女, 甘肃定西人, 硕士研究生, 研究方向为冬油菜抗寒育种。E-mail: wlping1022@163.com。

通信作者: 孙万仓(1957—), 男, 甘肃会宁人, 教授, 博士, 主要从事油菜育种及十字花科种质资源研究。E-mail: 18293121851@163.com。

correlation and grey correlation analyses showed that overwintering rates were closely related with the main biological characteristics, and the related degree was as the follows: heart leaves > growth habit > winter and spring sex > leaf color. The analysis results showed that the plant morphological characteristics had close relations with cold hardiness. Generally speaking, seedlings with purple heart leaves, light green or dark green leaves, and prostrate or erect growth, were likely to possess the large wintering rates and strong cold resistance.

Keywords: turnip rape (*Brassica campestris* L.); filial generations; winteriness and springness; botanical characteristics; grey correlation

白菜型油菜(*Brassica campestris* L.)作为油菜三大类型之一,在我国油菜生产和发展中占据着重要地位。特别是近年来由于白菜型强抗寒冬油菜品种的选育和应用,促进了北方旱寒区冬油菜的发展,产生了巨大的生态效益和经济效益,成为我国北方重要的冬季油料作物^[1]。强抗寒冬油菜品种的选育基本解决了北方冬油菜安全越冬的问题,但其品质问题仍然存在,目前生产上应用的品种芥酸和硫苷依旧偏高。因此,解决白菜型冬油菜品质问题是北方冬油菜改良研究的当务之急。20 世纪 70 年代以后,品质成为我国油菜育种重要目标之一,由于有引进的加拿大甘蓝型优质品种资源支撑,我国甘蓝型油菜的品质问题已经初步解决,双低品种占甘蓝型油菜播种面积近 70%^[2],并且,形成了以双低杂交种为主导的格局^[3]。白菜型冬油菜为自交不亲和的杂合体,而且缺乏双低资源,迄今,国内外还未见白菜型冬油菜双低品种选育的报道。因此,通过杂交将白菜型春油菜的双低性状引入白菜型冬油菜是选育白菜型冬油菜双低品种、解决品质问题的有效途径。通过冬春性品种杂交是扩大变异、改良作物性状的有效方法。宁夏种质资源研究人员通过小麦冬-春杂交,再用冬麦回交的方式把宁夏春麦的某些优良性状转育到冬麦新品系中,如半矮秆、灌浆速度快、红粒、硬质等^[4]。杜德志等^[5]对不同生态型甘蓝

型油菜杂种优势研究发现,春性品种(系)与半冬性品种(系)组配的组合要比同种类型品种(系)间组配的组合具有更强的杂种优势。姚艳梅等^[6]研究表明半冬性甘蓝型油菜与春性甘蓝型油菜杂交后代的产量和抗病性表现出了明显的杂种优势,为春油菜杂交育种提供有价值的遗传资源。白菜型油菜冬春杂交的研究尚未见报道,但从现阶段品种现状和种质资源基础来看,选用品质优良的白菜型春油菜与抗寒性优异的白菜型冬油菜杂交是选育优质白菜型冬油菜的可行的技术路线。本研究选用双低的白菜型春油菜 Parkland 与白菜型冬油菜陇油 7 号和陇油 9 号杂交构建的两个群体为研究对象,对杂交后代的生物学特性、冬春性、越冬率等进行研究,以期为白菜型冬油菜品质改良工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料列于表 1。亲本均为自交 2 代材料,其中 Parkland 为白菜型春油菜,芥酸、硫苷含量低,为双低材料,引自加拿大;白菜型冬油菜陇油 7 号和陇油 9 号分别为超强抗寒性品种和抗寒性品种,为当地栽培品种,陇油 7 号在 - 32℃越冬率为 80% ~ 90%,陇油 9 号在 - 20℃越冬率为 80% ~ 90%,陇油 9 号生育期较陇油 7 号短,均由甘肃农业大学育成。

表 1 试验材料
Table 1 Experimental materials

世代 Generations	群体 1 Population 1	株数/株 Total/Plant	世代 Generations	群体 2 Population 2	株数/株 Total/Plant
P ₁	Parkland(春性)	28	P ₁	Parkland(春性)	28
P ₂	陇油 7 号(冬性)	33	P ₃	陇油 9 号(冬性)	35
F ₁	陇油 7 号 × Parkland	37	F ₁	陇油 9 号 × Parkland	32
F ₁	Parkland × 陇油 7 号	28	F ₁	—	—
F ₂	陇 7 × Parkland 自交	133	F ₂	陇 9 × Parkland 自交	108
BC ₁	(陇 7 × Parkland) × 陇 7	42	BC ₁	陇 9 × Parkland) × 陇 9	42
BC ₁	(陇 7 × Parkland) × Parkland	32	BC ₁	(陇 9 × Parkland) × Parkland	26

1.2 研究方法

以白菜型冬油菜陇油 7 号、陇油 9 号和春油菜

Parkland 为亲本,采用正交和反交,对杂交获得的 F₁ 代植株进行回交和自交,收获各世代种子。将上述

亲本及其各世代材料于 2012 年 8 月 20 日播种于兰州沙井驿试验点,苗期进行植物学等特性的观察记载。

1.2.1 植物学特性记载 越冬前,统计各世代单株的植物学特性及抽薹、现蕾和开花情况。现蕾、抽薹和开花记为春性,反之则为冬性。具体方法参见伍晓明主编的《油菜种植资源描述规范和数据标准》^[7]。

1.2.2 越冬率统计及抗寒性记载 越冬前按单株挂牌标记,次年返青后统计各单株的越冬情况,安全越冬记为是(Y),不能越冬记为否(N),越冬率为越冬苗数与冬前基本苗数的百分比。以越冬情况评价抗寒性的优劣。

1.2.3 数据分析 利用 Excel 2010 分类整理数据,Spass 19.0 软件进行相关性分析,采用南京航空航天大学开发的灰色系统理论建模系统 3.0 进行邓氏灰色关联分析。

2 结果与分析

2.1 白菜型冬油菜和春油菜杂交后代冬春性变化

许多研究者认为植物的冬春性是由多基因控制的数量遗传。从表 2 看到,Parkland 与陇油 7 号和陇油 9 号的杂交后代,不管是正交还是反交,F₁ 代植

株都表现为冬性,说明在白菜型油菜中冬性为显性。F₂ 代冬春性发生分离,陇油 7 号×Parkland 和陇油 9 号×Parkland 两个杂交组合后代均有相同趋势,其冬春比例分别为 107:26 和 86:22,经卡方测验,冬春性符合 4:1 的分离。回交一代,利用冬性亲本做轮回亲本与利用春性亲本做轮回亲本,冬春性植株比例不同,(陇油 7 号×parkland)×陇油 7 号组合冬春比例为 5:1,(陇油 9 号×parkland)×陇油 9 号组合冬春比例为 11:3;(陇油 7 号×parkland)×parkland 组合冬春比为 19:13,(陇油 9 号×parkland)×parkland 组合冬春比例为 6:7。根据上述表型的统计结果,经卡方测验,在 BC₁ 世代,以 Parkland 为轮回亲本时,后代冬春性符合 1:1 的分离,而以陇油 7 号和陇油 9 号为轮回亲本时,后代冬春性之比均为 4:1。

2.2 白菜型冬油菜和春油菜各杂交世代植物学特性与越冬率

由表 3 可知,亲本陇油 7 号越冬率为 87.46%,心叶紫色、叶色深绿、匍匐生长。陇油 9 号越冬率为 80%,叶色浅绿,心叶色和生长习性与陇油 7 号相同,陇油 7 号和陇油 9 号冬前均不抽薹、现蕾;Parkland 为春性,其心叶绿色、叶黄绿、直立生长,生长发育迅速,9 月 15 日左右陆续抽薹、现蕾,9 月 30 日左右陆续开花,不能越冬。

表 2 冬春性白菜型油菜杂交后代冬春性统计/株
Table 2 Statistics in winterness and springness of filial generations/Plant

世代 Generations	群体 1 Population 1	春性 Springness	冬性 Winterness	春:冬 Springness: Winterness	世代 Generations	群体 2 Population 2	春性 Springness	冬性 Winterness	春:冬 Springness: Winterness
P ₁	Parkland(春性)	28			P ₁	Parkland(春性)	28		
P ₂	陇油 7 号(冬性)		33		P ₃	陇油 9 号(冬性)		35	
F ₁	陇油 7 号×Parkland		37		F ₁	陇油 9 号×Parkland		32	
F ₁	Parkland×陇油 7 号		28		F ₁	—			
F ₂	陇油 7 号×Parkland 自交	26	107	26:107	F ₂	陇油 9 号×Parkland 自交	22	86	24:86
BC ₁	(陇油 7 号×Parkland) ×陇油 7 号	7	35	1:5	BC ₁	(陇油 9 号×Parkland) ×陇油 9 号	9	33	3:11
BC ₁	(陇油 7 号×Parkland) ×Parkland	13	19	13:19	BC ₁	(陇油 9 号×Parkland) ×Parkland	12	14	6:7

两个杂交组合的植物学特性在 F₁ 代就已经发生了分离,这种现象与白菜型油菜自交不亲和导致亲本本身的杂合有关。以冬油菜做母本的正交组合中,陇油 7 号×Parkland,紫色心叶 23 株,占62.16%;展开叶片中,21 株叶色深绿,占 56.76%,浅绿色叶片有 9 株,占 24.32%,只有 7 株叶色为黄绿色,占 18.92%;匍匐生长有 27 株,占 72.97%,其余为半直立生长,次年返青后安全越冬率达到 70.27%。陇

油 9 号×Parkland,绿色心叶 13 株,占 40.63%,紫色心叶 19 株,占 59.37%;展开叶片中,浅绿、黄绿和深绿叶色分别有 17 株、10 株和 5 株,各占 53.13%、31.25%和 15.63%;20 株匍匐生长,占 62.5%,12 株半直立生长,占 37.5%,越冬率低于陇油 7 号×Parkland,为 62.5%。反交组合 Parkland×陇油 7 号,紫色心叶 16 株,占 57.14%;展开叶片中,叶色深绿的有 8 株,占 28.57%,浅绿叶色 11 株,占 39.29%,

黄绿叶色 9 株,占 32.14%;匍匐生长有 17 株,占 60.71%,2 株直立生长,占 7.14%,半直立生长 9 株,占 35.71%,越冬率为 64.28%,较正交低5.99%。可见,以冬性亲本陇油 7 号为母本的正交,陇油 7 号 × Parkland 越冬率较反交大,而反交 Parkland × 陇油 7 号植株中有直立生长的单株,但不论正交还是反交,其 F₁ 代越冬率均大于陇油 9 号 × Parkland。

陇油 7 号 × Parkland 自交 F₂,紫色心叶有 91 株,占 68.43%,绿色心叶有 42 株,占 31.57%;展开叶片中,叶色浅绿、黄绿和深绿分别有 34 株、21 株和 78 株,各占 25.56%、15.79%和 58.65%,生长习性分为

匍匐和半直立两种类型,所占比率分别为 64.66%和 35.34%,越冬率与 F₁ 相比较,为 72.55%;陇油 9 号 × Parkland 自交 F₂,紫色心叶 66 株,占 61.11%,绿色心叶 42 株,占 38.89%;展开叶片中,叶色浅绿有 61 株,占 56.48%,黄绿 28 株,占 25.92%,深绿 19 株占 17.60%,68 株匍匐生长,占 62.96%,40 株半直立生长,占 37.04%,越冬率为 66.13%。可知,冬性亲本与春性亲本 Parkland 自交 F₂ 代越冬率均高于 F₁ 代。陇油 7 号 × Parkland 自交 F₂ 代越冬率高于陇油 9 号 × Parkland 自交 F₂。

表 3 白菜型冬油菜和春油菜杂交后代形态特征以及越冬率

Table 3 Botanical characteristics and overwintering rates of filial generations in winter and spring turnip rapes

材料 Material		心叶色 Heart leaf color				叶色 Leaf color						苗期生长习性 Growth habit						越冬率 Winter survival rate / %
		绿色 Green		紫色 Purple		浅绿 Light green		黄绿 Flavovirens		深绿 Dark green		匍匐 Prostrate		半直立 Semi-erect		直立 Erect		
		株数/株 Total/Plant	%	株数/株 Total/Plant	%	株数/株 Total/Plant	%	株数/株 Total/Plant	%	株数/株 Total/Plant	%	株数/株 Total/Plant	%	株数/株 Total/Plant	%	株数/株 Total/Plant	%	
P ₁	Parkland	28	100	0	0	0	0	28	100	0	0	0	0	0	0	28	100	0
P ₂	陇油 7 号	0	0	33	100	0	0	0	0	33	100	33	100	0	0	0	0	87.46
F ₁	陇油 7 号 × Parkland	14	37.84	23	62.16	9	24.32	7	18.92	21	56.76	27	72.97	10	27.03	0	0	70.27
F ₁	Parkland × 陇油 7 号	12	42.86	16	57.14	11	39.29	9	32.14	8	28.57	17	60.71	9	35.71	2	7.14	64.28
F ₂	陇油 7 号 × Parkland 自交	42	31.57	91	68.43	34	25.56	21	15.79	78	58.65	86	64.66	47	35.34	0	0	72.55
BC ₁	(陇油 7 号 × Parkland) × 陇油 7 号	10	23.81	32	76.19	10	23.81	2	4.76	30	71.43	30	71.43	12	28.57	0	0	76.19
BC ₁	(陇油 7 号 × Parkland) × Parkland	20	62.5	12	37.5	13	40.62	12	37.5	7	21.88	15	46.88	10	31.25	7	21.88	43.75
P ₁	Parkland	28	100	0	0	0	0	28	100	0	0	0	0	0	0	28	100	0
P ₃	陇油 9 号	0	0	35	100	35	100	0	0	0	0	35	100	0	0	0	0	80.00
F ₁	陇油 9 号 × Parkland	13	40.63	19	59.37	17	53.13	10	31.25	5	15.63	20	62.5	12	37.5	0	0	62.5
F ₂	陇油 9 号 × Parkland 自交	42	38.89	66	61.11	61	56.48	28	25.92	19	17.60	68	62.96	40	37.04	0	0	66.13
BC ₁	(陇油 9 号 × Parkland) × 陇油 9 号	13	30.95	29	69.05	23	54.76	10	23.81	9	21.42	28	66.67	14	33.33	0	0	71.43
BC ₁	(陇油 9 号 × Parkland) × Parkland	17	65.38	9	34.62	12	46.15	9	34.62	5	19.23	8	30.76	11	42.30	7	26.92	38.46

回交一代中,利用冬性亲本做轮回亲本与利用春性亲本做轮回亲本,回交后代中越冬率与叶色等性状的分离比例不同。一般冬性亲本做轮回亲本时,后代的越冬率普遍高于利用春性亲本做轮回亲本的后代。(陇油 7 号 × Parkland) × 陇油 7 号,心叶 32 株为紫色,占 76.19%,展开叶片中,只有 2 株黄绿色叶,占 4.76%;有 30 株匍匐生长,占 71.43%,越冬率为 76.19%。(陇油 9 号 × Parkland) × 陇油 9 号紫色心叶 29 株,占 69.05%,绿色心叶 13 株,占 30.95%;展开叶片中,浅绿、黄绿和深绿叶分别有 23、10 株和 9 株,所占比率分别为 54.76%、23.81%

和 21.42%;有 28 株匍匐生长,14 株半直立生长,各占 66.67%和 33.33%,越冬率为 71.43%。而在利用春性亲本做轮回亲本的后代中,(陇油 7 号 × Parkland) × Parkland 植株中,紫色心叶只有 12 株,占 37.5%;展开叶片中,黄绿色叶有 12 株,占 37.5%;有 15 株匍匐生长,占 46.88%,越冬率为 43.75%;(陇油 9 号 × Parkland) × Parkland 紫色和绿色心叶分别为 9 株和 17 株,各占 34.62%和 65.38%;展开叶片中,浅绿、黄绿和深绿叶分别有 12、19 株和 5 株,所占比率分别为 46.15%、34.62%和 19.23%;生长习性分为匍匐、半直立和直立三种类型,各有 8、11、

7 株,分别占 30.76%、42.30% 和 26.92%,越冬率 38.46%。可见,以 Parkland 为轮回亲本时,不管以陇油 7 号还是陇油 9 号做非轮回亲本,其后代越冬率均比较低,且有匍匐、半直立和直立三种生长习性。相反,利用陇油 7 号或陇油 9 号做轮回亲本时,其后代越冬率明显增大,有匍匐和半直立两种生长类型,但以陇油 9 号做轮回亲本的后代越冬率偏低些。

与陇油 9 号 × Parkland 杂交后代相比,陇油 7 号 × Parkland 杂交后代的越冬率较高,这也与亲本的越冬率高低表现一致。陇油 7 号 × Parkland 杂交后代的抗寒性比陇油 9 号 × Parkland 杂交后代抗寒性强,各世代的抗寒性强弱依次是:以冬性为轮回亲本的 $BC_1 > F_2 > F_1 >$ 春性为轮回亲本的 BC_1 。形态特

征与抗寒性有一定的关系,一般心叶为紫色、叶色深绿或浅绿、匍匐或半直立生长的幼苗,其越冬率较大,即抗寒性较强。

2.3 白菜型冬油菜和春油菜杂交世代越冬率与植物学特性的相关性分析

由表 4 可知,白菜型冬油菜与春油菜杂交后代越冬率与心叶色和生长习性呈极显著正相关,相关系数分别为 0.985 和 0.899,与冬春性呈显著正相关,相关系数分别是 0.750。生长习性与心叶色呈极显著正相关,相关系数为 0.851,冬春性与生长习性和心叶色呈显著正相关,相关系数分别为 0.747 和 0.669。由越冬率与形态特征相关性分析可知,越冬率与心叶色、生长习性和冬春性紧密相关。

表 4 白菜型冬油菜和春油菜杂交后代越冬率与生物学特性的相关性分析

性状 Characters	越冬率 Overwintering rates	心叶色 Heart leaf color	叶色 Leaf color	生长习性 Growth habit	冬春性 Winter and spring type
越冬率 Overwintering rates	1				
心叶色 Heart leaf color	0.985 * *	1			
叶色 Leaf color	0.595	0.591	1		
生长习性 Growth habit	0.899 * *	0.851 * *	0.519	1	
冬春性 Winterness and springness	0.750 *	0.669 *	0.316	0.747 *	1

注: * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关, * * 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。
Note: * indicated a significant difference at 0.05 level(double side), * * indicated a significant difference at 0.01 level (double side)。

2.4 白菜型冬油菜和春油菜杂交后代越冬率与生物学特性的灰色关联分析

将两个冬春杂交组合各世代的越冬率、心叶色、叶色、生长习性和冬春性看成是一个灰色系统,以越冬率为参考数列,心叶色、叶色、生长习性和冬春性为比较数列,分析白菜型冬春油菜杂交后代主要生

物学特性与越冬率的灰色关联度(见表 5),以此判断各主要生物学特性与越冬率的关联程度。结果表明,灰色关联度由高到低的排序依次为:心叶色 > 生长习性 > 冬春性 > 叶色,表明心叶色关联度超过 0.8,与越冬率关联度最大,其次是生长习性和冬春性,叶色最低。

表 5 越冬率与生物学特性的关联度

项目 Item	心叶色 Heart leaf color	叶色 Leaf color	生长习性 Growth habit	冬春性 Winter and spring type
关联度 Correlation degree	0.8765	0.5849	0.788	0.7812
关联度排序 Order	1	4	2	3

3 结论与讨论

3.1 白菜型油菜冬春杂交后代冬春性分析

光温生态特性是作物的一个重要特性,油菜的感温性有冬性、半冬性、春性三类;油菜的感光性(对长光照的感应性)有强感光 and 弱感光二类^[8]。许多研究者研究发现,植物的冬春性是由多基因控制的

数量遗传,其遗传模式比较复杂^[9]。该研究中白菜型冬、春杂交 F_1 代不论正交还是反交均表现为冬性,可见冬性为显性,而研究者对甘蓝型油菜的研究表明春性为显性,这可能与不同种类作物的感光性及不同地区光周期有关。 F_2 代经卡方测验两个杂交组合冬春性均符合 4:1 的分离。 BC_1 中,以冬性和春性亲本分别做轮回亲本时,冬春性植株比例不

同,以 Parkland 为轮回亲本时,后代冬春性符合 1:1 的分离,而以陇油 7 号和陇油 9 号为轮回亲本时,后代冬春性之比均为 4:1。关于油菜冬春杂交的研究比较少,小麦上研究较多。张炎^[10]在小麦中研究发现,冬小麦与春小麦的杂种 F₁ 为春性,春性是显性, F₂ 冬、春性分离,其中春性占大多数, F₃ ~ F₄ 基本稳定。 F₁ 越冬率比春性亲本明显提高, F₃ 代出现越冬性较好的类型。谢瑞生^[11]研究表明,冬、春性杂种一代幼苗习性表现春性为显性或部分显性,二代分离,春性或弱冬性占大多数。乔亚科^[12]冬春小麦杂交的两年试验研究表明,冬、春麦杂种 F₁ 在秋播条件下,冬性表现为部分显性,春播时春性为显性。

3.2 白菜型油菜冬春杂交世代的抗寒性

越冬率是植物抗寒性的直观体现,陇油 7 号和陇油 9 号分别为超强抗寒性品种和抗寒性品种,在西北地区 - 20℃ ~ 32℃ 的气温下陇油 7 号和陇油 9 号越冬率在 80% ~ 90% 之间(陇油 9 号越冬率小于陇油 7 号)^[13],而春油菜 Parkland 不能越冬。本研究表明,陇油 7 号 × Parkland 杂交后代对应各世代的越冬率均高于陇油 9 号 × Parkland 杂交后代各世代,可见,杂交后代越冬率与亲本的越冬率高低表现一致,即表明陇油 7 号与 Parkland 杂交后代的抗寒性比陇油 9 号 × Parkland 杂交后代抗寒性强。各世代的抗寒性强弱依次是:以冬性为轮回亲本的 BC₁ > F₂ > F₁ > 春性为轮回亲本的 BC₁。

3.3 植物学特性与植物抗寒性的关系

相关研究表明^[14],小麦品种的抗寒性与品种的冬、春性有关,冬性、半冬性品种的抗寒性一般好于春性品种,因此,在进行冬、春性选择的同时,也要重视对品种抗寒性的鉴定和选择。在油菜中,我们可以凭借生物学特性及越冬率的大小来判断抗寒性的强弱。白菜型冬油菜心叶紫色、叶色深绿/浅绿、冬前幼苗匍匐生长、不抽薹和现蕾,春油菜心叶绿色、叶色黄绿、幼苗直立生长,春性强^[15]。孙万仓等^[16]对 8 个白菜型冬油菜品种的抗寒性研究表明,抗寒性强的品种冬前具备匍匐生长、叶色浓绿、叶脉微紫等特性。本研究通过越冬率与生物学特性的相关性分析和灰色关联分析表明,越冬率与心叶色、生长习

性和冬春性等形态特征关系密切,可见一般心叶为紫色、叶色深绿或浅绿、匍匐或半直立生长的幼苗,其越冬率较大,即抗寒性较强,与前人研究类似。

参 考 文 献:

[1] 孙万仓. 北方旱寒区冬油菜栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.

[2] 刘后利. 油菜育种[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994.

[3] 傅廷栋, 杨光圣. 国内外油菜杂种优势的研究与利用概况[J]. 中国油料作物科学技术新进展, 1996, 96: 8-9.

[4] 袁汉民, 张富国, 陈东升, 等. 宁夏国外小麦种质资源考察, 引进和利用[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 308-312.

[5] 杜德志, 聂平, 徐亮, 等. 不同生态类型甘蓝型油菜在青海生态条件下的杂种优势表现[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(2): 180-186.

[6] 姚艳梅, 柳海东, 徐亮, 等. 以半冬性甘蓝型油菜为亲本增强春性甘蓝型油菜杂种优势[J]. 作物学报, 2013, 39(1): 118-125.

[7] 伍晓明, 陈碧云, 陆光远. 油菜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.

[8] 官春云, 王国槐, 赵均田. 油菜生态特性的研究 I. 甘蓝型油菜 (B. napus) 光温生态特性的初步研究[J]. 作物学报, 1985, 11(2): 115-120.

[9] Salisbury P A, Berry G J, Halloran G M. Expression of vernalization genes in near-isogenic wheat lines: methods of vernalization[J]. Canadian journal of genetics and cytology, NRC Research Press, 1979, 21(3): 429-434.

[10] 张炎, 张翠兰, 汪永祥, 等. 冬性与春性小麦的杂种性状表现和选择[J]. 作物学报, 1981, 7(1): 45-50.

[11] 谢瑞生, 张振宏, 王淑俭, 等. 冬春性小麦杂交后代在南北两地性状遗传规律的研究[J]. 河南农业大学学报, 1990, 2: 002.

[12] 乔亚科, 李桂兰, 高书国, 等. 河北东部地区小麦冬、春杂种 F₁ 性状优势研究[C]//21 世纪小麦遗传育种展望——小麦遗传育种国际学术讨论会文集. 北京: 中国农业科技出版社, 2001.

[13] 孙万仓, 马卫国, 雷建民, 等. 冬油菜在西北旱寒区的适应性和北移的可行性研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2716-2726.

[14] 刘福彬, 徐长青, 高群山, 等. 如东县双低油菜高产形态指标及调控技术[J]. 作物杂志, 2009, (2): 111-113.

[15] 何余堂, 陈宝元, 傅廷栋, 等. 白菜型油菜在中国的起源与进化[J]. 遗传学报, 2003, 30(11): 1003-1012.

[16] 孙万仓, 武军艳, 曾军, 等. 8 个白菜型冬油菜品种抗寒性的初步评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2008, 33(S1): 151-155.