

甘蓝型冬油菜在西北寒旱区适应性分析

侯献飞^{1,3}, 孙万仓^{1,3}, 方彦^{1,2,3}, 武军艳^{1,2,3}, 刘自刚^{1,2,3},
刘林波^{1,3}, 钱武^{1,3}, 马骊^{1,3}, 陈奇^{1,3}

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

摘要: 为了研究甘蓝型冬油菜在西北寒旱区的适应性, 以 29 份甘蓝型冬油菜品系为材料, 分析在水、兰州两个试点越冬率、生育期、产量、含油量及农艺性状的差异。结果表明, 参试品系在水试点越冬率均高于兰州试点, 在水试点, 21 份参试品系越冬率 80.00% 以上, 而兰州试点在覆盖条件下越冬率平均为 14.49%, 最高为平甘 1 号(48.50%)。联合方差表明, 试点气候差异是引起越冬率差异的最主要原因。与水试点相比, 参试品系北移至兰州试点后越冬期延长, 冬后生育期缩短, 全生育期延长; 在水试点参试品系株高、分枝部位、主花序长度、千粒重、折合每 667 m² 产量、含油量平均值分别为 133.52 cm、32.79 cm、51.37 cm、3.15 g、184.20 kg、40.16%, 较兰州分别高 22.11 cm、31.58 cm、2.47 cm、0.66 g、160.54 kg、22.54%; 变异分析表明, 在水试点参试品系越冬率、主要农艺性状、产量、含油量变异系数相对兰州试点较小, 相对稳定。结论: 水试点气候条件更适合甘蓝型冬油菜的生长, 参试品系越冬率高、农艺性状良好、产量高、含油量高, 适应性强。

关键词: 甘蓝型油菜; 抗寒性; 农艺性状; 含油量; 变异分析

中图分类号: S332.5; S634.3 **文献标志码:** A

Analysis of adaptability of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in cold and drought areas of Northwest China

HOU Xian-fei^{1,3}, SUN Wan-cang^{1,3}, FANG Yan^{1,2,3}, WU Jun-yan^{1,2,3}, LIU Zi-gang^{1,2,3},
LIU Lin-bo^{1,3}, QIAN Wu^{1,3}, MA Li^{1,3}, CHEN Qi^{1,3}

(1. Gansu Rapeseed Engineering Research Center, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Key Laboratory of Arid Land Crop Science in Gansu Province/ Gansu Key Laboratory of Crop Improvement and Germplasm Enhancement, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: To study the suitability of *Brassica napus* L. in cold and dry regions of northwest China, in this study, 29 lines of *Brassica napus* L. were compared on their winter-survival, growth period, yield components, oil content and agronomic traits in Tianshui and Lanzhou. The results showed that wintering rates of all tested lines in Tianshui site were higher than those in Lanzhou. In Tianshui, over-wintering rates of 21 tested lines were higher than 80.0% in. However, in Lanzhou, the average over-wintering rate with mulching was 14.49% and the highest was 48.5% for Pinggan 1. The combined variance showed that pilot climate difference was the main reason causing the difference in over-wintering rate. Compared with those in Tianshui, northward-expanded (Lanzhou) rapeseed plants exhibited great changes in the progression of growth, as reflected mainly by the significantly prolonged over-wintering period, shortened growth period in post-winter and prolonged whole growth period. In Tianshui, plant height, branch height, length of main florescence, 1000-seed weight, yield per 667 m² and averaged oil content were 133.52 cm, 32.79 cm, 51.37 cm, 3.15 g, 184.20 kg and 40.16%, higher than those of 22.11 cm, 31.58 cm, 2.47 cm, 0.66 g, 160.54 kg and 22.54% in Lanzhou. The variation analysis showed that in Tianshui, the over-wintering rate, the main agronomic traits, yield and oil content variation coefficient were relatively stable, less than those in Lanzhou. In conclusion, it is indicated that Tianshui has the

收稿日期: 2015-11-24
基金项目: 国家现代农业产业技术体系“北方寒旱区冬油菜育种岗位科学家”(CARS-13); 国家自然科学基金“白菜型油菜抗寒评价指标体系及数学模型构建”(31460356); 973 计划“油菜高产油量形成的分子生物学机制”(2015CB150206); 国家 863 计划专项“强势油菜杂交种的创制与应用”(2011AA10A104); 国家农业科技成果转化项目(2014G10000317)
作者简介: 侯献飞(1989—), 男, 甘肃庆阳人, 硕士研究生, 研究方向作物遗传育种。E-mail: 756952135@qq.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: 1134137111@qq.com。

characteristics of outstanding over-wintering rate, good agronomic characters, high yield, high oil content, and wide adaptation.

Keywords: *Brassica napus* L.; hardiness; agronomic traits; oil content; variation analysis

我国油菜生产以甘蓝型油菜为主,而甘蓝型油菜又以冬油菜为主,约占甘蓝型油菜播种面积的90%,主要分布在长江流域,由于抗寒性差,在北方地区甚少分布,在天水以南地区为分布北界^[1-4]。1955年以后开始在全国示范推广,并逐步替代了我国原有的白菜型油菜,成为我国油菜栽培面积最大的一个种。甘蓝型油菜新品种的引入和示范推广,开创了我国油菜生产的新局面,面积迅速扩大,单产和总产大幅度提高,成为世界上最大的油菜生产国^[5]。通过研制推广“种在沟里,长在垄上”等培土保苗技术,甘蓝型油菜在陕西渭北旱塬得以安全越冬,并扩展至甘肃天水的渭河谷地。近年来由于超强抗寒冬油菜的育成和示范推广,白菜型冬油菜已经成功北移至北方的新疆、西藏、青海、甘肃河西走廊、宁夏、陕北榆林、山西太原以及北京等地,成为北方重要的油料作物和生态作物^[5-6]。在此背景下,抗病性强、高产、优质的甘蓝型冬油菜对北方地区生态条件的适应性就成为人们关注的问题^[7-12]。因此,研究不同甘蓝型冬油菜品种的在北方不同生态条件下的抗寒性与适应性,挖掘抗寒基因资源,培育抗寒新品种,具有十分重要的意义。本试验通过在兰州和天水不同生态条件下对引自欧洲与我国自育甘蓝型冬油菜优良品系的越冬率、光合特效、农艺性状、品质的变化进行比较,探讨甘蓝型冬油菜的适应性,为选育双低抗寒性甘蓝型油菜品系提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区气候条件及供试材料

试验分别于2012—2014年在甘肃省的兰州、天水两个试点进行。兰州试点(纬度36°36′,海拔1 520 m)位于蒙新高原、青藏高原、黄土高原交汇处,气候干燥,昼夜温差大,年日照时数2 600 h,无霜期为160~180 d,年平均降水量250~350 mm,年平均蒸发量1 879.7 mm,年平均气温5.9℃,最冷月平均气温-8.1℃,最冷月平均最低气温-14.6℃,极端低温-28.1℃,冬季负积温在-600℃~-900℃之间,最大冻土深度145 cm,为春油菜和胡麻产区。天水试点(纬度34°33′,海拔1 083.4 m)位于甘肃东南部的黄土梁峁沟壑区,属秦巴山区西秦岭北部,大陆性半湿润气候。油菜区划上属于北方冬春油菜过渡区(或北方冬油菜边缘区),年平均降雨量507.6 mm,

年平均蒸发量1 420.2 mm,年均气温10.9℃,最冷月平均气温-5℃,最冷月平均最低气温-8.4℃,极端低温-14℃,冬季负积温在-100℃~-300℃之间,无霜期186 d,最大冻土深度37 cm。境内四季分明,光照充足,在河谷川水区种植甘蓝型冬油菜,山区种植白菜型冬油菜。供试品系为收集的29份甘蓝型油菜品系,来源见表1。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 采用田间小区试验方法,8月20日至9月10日依据各试点具体气候特点安排播种,小区面积3 m×4 m,每个品系重复3次,随机区组排列,采用开沟条播的播种方式播种,管理同大田生产,成熟后测定每个小区产量。兰州试点露地种植1个重复,越冬率均为0,覆盖种植2个重复,部分能够越冬。

1.2.2 越冬率、农艺性状及品质测定 冬前和次年返青后统计参试品系小区株数,计算越冬率。

越冬率(%) = 返青存活株数/冬前株数 × 100

参试品系成熟后每小区随机取7株,测其主要农艺性状,包括株高、根长、根颈直径、分枝部位、一次分枝、二次分枝、主花序长度、主花序角数、全株角果数、角长度、角粒数、千粒重、单株产量。

采用近红外线分析仪(Foss NIR systems)测定含油量。

1.3 数据处理

所有数据用Excel 2010和SPSS 19.0统计分析软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 参试品系越冬率

试验结果表明,在天水试点,2012y21355、2012y205170 koolzaand-2、2012y256206 MAR、平甘1号等21个品系越冬率在80.0%~100%之间,2012y113101和WGP13 W47越冬率在0.01%~20.0%,天水试点越冬率在80%以上的品系占72.00%。在兰州试点,覆盖栽培条件下平甘1号、甘杂1号越冬率分别为48.5%、47.8%;2012y1swc 1241、2012y21355、2012y31360等15个品系越冬率为0,占参试品系52%,越冬率在20%以下的品系占17%(表1)。可以看出,参试品系在试点间越冬率差异较大,天水的越冬率明显高于兰州。

表 1 品系名称、来源及越冬率
Table 2 Names, sources and overwintering rates of the tested lines

编号 Number	品系 Line	来源 Resource	越冬率/% Wintering rate		编号 Number	品系 Line	来源 Resource	越冬率/% Wintering rate	
			兰州 Lanzhou	天水 Tianshui				兰州 Lanzhou	天水 Tianshui
1	2012y1swc 1241	武汉 Wuhan	0	50	16	WGP2 W36	欧洲 Europe	25	95.83
2	2012y21355	欧洲 Europe	0	83.33	17	WGP3 W37	欧洲 Europe	0	83.33
3	2012y31360	波兰 Europe	0	100	18	WGP4 W38	欧洲 Europe	17	92
4	2012y41362 Mtochowsli	欧洲 Europe	0	75	19	WGP5 W39	欧洲 Europe	0	92
5	2012y113101 Yunyou 1	云南 Europe	0	18.5	20	WGP9 W43	欧洲 Europe	43	100
6	2012y153303 lesira	欧洲 Europe	17	91.67	21	WGP10 W44	欧洲 Europe	0	100
7	2012y183397 Rapora	欧洲 Europe	7.8	80	22	WGP12 W46	欧洲 Europe	31	100
8	2012y193427 H25	欧洲 Europe	0	100	23	WGP13 W47	欧洲 Europe	0	18
9	2012y205170 koolzaand – 2	波兰 Poland	18.57	100	24	WGP16 W50	欧洲 Europe	35	100
10	2012y215209 LEGEND	欧洲 Europe	0	0	25	WGP42 W76	欧洲 Europe	0	50
11	2012y225226Arabelle	欧洲 Europe	11	66.67	26	WGP47 W81	欧洲 Europe	33.5	100
12	2012y246146 gave	欧洲 Europe	0	100	27	WGP50 W84	欧洲 Europe	23.8	100
13	2012y256206 MAR	欧洲 Europe	25	100	28	甘杂 1 号 Ganza 1	陕西 Shanxi	47.8	100
14	2012zy11356	意大利 Italy	0	0	29	平甘 1 号 Pinggan 1	甘肃 Gansu	48.5	100
15	Sun1 WGP1 W35	欧洲 Europe	36.3	100					

在兰州试点越冬率最高为 48.5%,平均值为 14.49%,变异系数达到 116.22%;在天水试点越冬率最高为 100%,平均为 79.18%,变异系数40.44%,说明兰州试点品系变异系数明显高于天水试点(表 2),参试品系在天水越冬率稳定性相对较高。

越冬率联合方差分析表明(表 3),品系、试点(环境间)及 GE(品种和环境)三者之间存在极显著差异,三者所引起的越冬率变异平方和分别占总平方和的 32.15%、56.41%和 11.41%,可见环境间的差异是引起越冬率差异的最主要原因,品系间的差异次之。

2.2 参试品系主要农艺性状的变异

本研究结果(表 2),天水试点农艺性状明显优于兰州试点。在天水试点,参试品系株高在 60.00~212.00 cm 之间,均值 133.52 cm;分支部位在 0~119.00 cm 之间,均值 32.79 cm;主花序长度在 15.02~99.01 cm 之间,千粒重在 0.15~5.32 g 之间。在兰州试点,株高为 59.00~155.00 cm,均值为 111.47 cm,分支部位在 25.00~39.00cm 之间,均值 1.21 cm;主花序长度 30.00~35.01 cm 之间,千粒重在 2.80~3.5 g 之间。

变异分析表明,兰州试点参试品系主要农艺性状的变异系数高于天水试点,其中株高、根长、主花序角数、全株角数、单株产量的变异系数分别高出 8.63%、8.27%、13.82%、14.31%、22.4%;分枝部位

变异系数在兰州试点高达 312.57%,比天水高 245.53%。说明参试品系在天水主要农艺性状性相对稳定,适应性较强。

2.3 参试品系产量表现

在不同试点参试品系产量差异显著(表 4),从天水试点北移至兰州试点减产严重,其中 WGP12 W46、甘杂 1 号在天水试点折合每 667 m² 产量分别为 283.33 kg、294.45 kg,北移至兰州试点降低到 63.89 kg、71.67 kg;变异分析表明(表 2),在天水试点参试品系每 667 m² 产量在 0~300.00 kg 之间,变异系数 58.45%,北移至兰州试点每 667 m² 产量在 0~72.78 kg 之间,变异系数 119.95%,参试品系在天水试点,相对兰州试点产量较高,变异系数小,生态适应性强。

参试品系在不同试点的生育期差异明显(表 5),在天水生态区,参试品系全生育期在 275 d 左右,北移至兰州试点,全生育期延长,达到 320 d 左右,总体表现为越冬期延长,冬后生育期缩短,如甘杂 1 号越冬期延长 64 d,冬后生育期缩短 24 d,全生育期延长 41 d。

2.4 参试品系含油率差异

如图 1 示,天水较兰州试点参试品系的含油量明显增高。2012y256206 MAR、甘杂 1 号、平甘 1 号在天水试点含油量分别为 47.47%、41.7%、41.08%,在兰州试点分别为 40.91%、38.42%、

37.02。变异分析表明(表 2),参试品系在天水试点含油量平均为 40.16%,变异系数较小,北移至兰州试点,含油量下降到 17.62%,变异系数达到 105.83%,说明在天水试点,参试品系表现出较高的适应性。

3 结论与讨论

3.1 甘蓝型冬油菜分布与种植北界

本试验研究表明,甘蓝型冬油菜在兰州试点露地种植难以越冬,在保护地种植条件下,越冬率也难

以达到 50%以上。研究表明,越冬率低的主要原因在于兰州试点冬季降雨量少、冬季负积温与极端低温低,蒸发量大,参试品系难以越冬^[13-18];在天水试点,播种期为 9 月上旬,出苗后降雨量充足,为油菜苗期生长提供充足的水分条件,且最冷月平均气温、最低气温、极端低温均较高,蒸发量小,气候温和,保证参试品系能够安全越冬,同时,甘蓝型冬油菜表现出良好的农艺性状。越冬率联合方差分析表明,品系、试点(环境间)及 GE(品种和环境)三者之间存在极显著差异,三者所引起的越冬率变异平方

表 2 不同生态区主要性状变异分析
Table 2 The variation analysis of main traits in different eco-regions

农艺性状 Agronomic traits	兰州 Lanzhou			天水 Tianshui			天水较 兰州增加 % Tianshui increased compared with Lanzhou
	变异幅度 Variation range	均值 Mean	变异系数/% Variation coefficient	变异幅度 Variation range	均值 Mean	变异系数/% Variation coefficient	
越冬率 Over-wintering/%	0 ~ 48.5	14.49 ± 3.13	116.22	0 ~ 100	79.18 ± 5.95	40.44	- 71.78
株高 Plant height/cm	59.0 ~ 155.0	111.47 ± 2.23	30.20	60.00 ~ 212.02	133.52 ± 1.81	21.57	22.05
根长 Root length/cm	8.02 ~ 34.01	19.77 ± 0.59	36.19	6.01 ~ 39.04	20.27 ± 0.36	27.92	0.50
根颈直径 Root diameter/cm	7.39 ~ 49.69	17.93 ± 0.68	38.16	7.42 ~ 35.87	16.85 ± 0.34	31.92	- 1.08
分枝部位 Branch height/cm	0 ~ 14.01	1.21 ± 0.33	312.57	0 ~ 119.00	32.79 ± 1.38	67.04	31.58
一次分枝/个 Number of first branches	3 ~ 20	9.15 ± 0.39	46.33	1 ~ 22	9.25 ± 0.23	39.24	0.10
二次分枝 Number of second branches/个	0 ~ 33	13.73 ± 0.82	47.71	0 ~ 56	12.31 ± 0.61	78.76	- 1.42
主花序长度 Length of main florescence/cm	14.03 ~ 79.01	48.90 ± 1.27	27.13	15.02 ~ 99.01	51.37 ± 0.81	24.95	2.47
主花序角数 Siliquae of main florescence/个	4 ~ 106	31.93 ± 1.60	55.60	12 ~ 271	55.86 ± 1.47	41.78	23.93
全株角数 Total of plant/个	42 ~ 1387	368.54 ± 36.74	82.84	88 ~ 2073	485.87 ± 20.98	68.53	117.33
角果长度 Length of siliquae/cm	4.07 ~ 8.84	6.95 ± 0.10	15.16	3.83 ~ 12.67	7.16 ± 0.07	15.91	0.21
角粒数 Seeds/ siliquae/粒	2 ~ 35	18.61 ± 0.65	35.52	3 ~ 33	18.56 ± 0.4	34.17	- 0.049
千粒重 1000 - seed weight/g	0.54 ~ 3.85	2.49 ± 0.08	30.94	0.15 ~ 5.32	3.15 ± 0.06	31.78	0.66
单株产量 Yield/plant/g	0.15 ~ 24.62	2.93 ± 2.97	125.70	0.02 ~ 50.54	9.98 ± 0.65	103.03	7.05
小区平均值 Plot mean/kg	0 ~ 1.31	0.43 ± 0.05	119.95	0 ~ 5.40	3.30 ± 0.21	58.44	- 61.51
折合产量 Yield/(kg·667m ⁻²)	0 ~ 72.78	23.66 ± 3.04	119.95	0 ~ 300.00	184.20 ± 11.54	58.45	- 61.50
含油量 Oil content/%	0 ~ 40.91	17.62 ± 3.46	105.83	0 ~ 51.09	40.16 ± 2.14	28.74	- 77.09

表 3 不同生态区越冬率联合方差分析
Table 3 Combined analysis of wintering rates in different eco-regions

变异来源 Source of variation	自由度 df	平方和 SS	占总平方和 百分数/%	均方 MS	F
总变异 Total	403	591972.50			
地点内区组 Treatment	2	160.76	0.0272	80.38	332.71 * *
地点 Environment (E)	1	333883.90	56.41	333883.90	1382010.00 * *
品种 Genotype (G)	100	190310.60	32.15	1903.11	7877.33 * *
品种 × 地点(G × E)	100	67568.88	11.41	675.69	2796.81 * *
误差 Error	200	48.32		0.24	

表 4 参试品系在兰州、天水产量表现

Table 4 Yield performance of lines in Lanzhou and Tianshui

品系编号 Line number	小区平均值 Plot mean/kg		折合产量 Yield/(kg·667m ⁻²)		品系编号 Line number	小区平均值 Plot mean/kg		折合产量 Yield/(kg·667m ⁻²)	
	兰州	天水	兰州	天水		兰州	天水	兰州	天水
	Lanzhou	Tianshui	Lanzhou	Tianshui		Lanzhou	Tianshui	Lanzhou	Tianshui
1	0	1.05 n	0	58.33	16	0.52 j	5.15 cd	28.89	285.11
2	0	2.70 i	0	150.00	17	0	1.40 l	0	77.78
3	0	2.38 j	0	132.22	18	0.49 l	2.95 h	27.22	161.11
4	0	1.83 k	0	101.67	19	0	2.72 i	0	151.11
5	0	0.52 q	0	28.88	20	1.26 c	4.30 g	70	238.89
6	0.42 m	5.10 e	22.78	283.34	21	0	2.37 j	0	131.67
7	0.92 h	4.57 f	51.11	253.89	22	1.15 g	5.10 e	63.89	283.33
8	0	5.17 c	0	287.22	23	0	0.85 o	0	47.22
9	0.50 k	5.27 b	27.78	292.78	24	1.18 e	5.12 de	65.56	284.45
10	0	0	0	0	25	0	0.68 p	0	37.78
11	0.41 n	5.17 c	22.78	287.22	26	1.17 f	5.27 b	65	292.78
12	0	4.33 g	0	240.57	27	0	1.13 m	0	62.77
13	0.53 i	5.19 c	29.45	288.35	28	1.29 b	5.30 b	71.67	294.45
14	0	0	0	0	29	1.31 a	5.40 a	72.78	300
15	1.21 d	5.26 b	67.22	288.89					

表 5 参试品系在兰州、天水的生育期/d

Table 5 The growth period of lines at Lanzhou and Tianshui

试点 Locus	品系 Line	播种期 ~ 出苗期 Sowing ~ emergence	出苗期 ~ 枯叶期 Emergence ~ wilt	冬前 生育期 Days before winter	枯叶期 ~ 返青期 Wilt ~ regreening	返青期 ~ 现蕾期 Regreening ~ budding	现蕾期 ~ 初花期 Budding ~ beginning of flowering	初花期 ~ 终花期 Beginning of flowering ~ the final flowering	终花期 ~ 成熟期 The final flowering ~ maturing	冬后 生育期 Days after winter	生育期 Growth period
兰州 Lanzhou	Ganza 1	7	73	80	156	6	8	31	33	78	314
	Pinggan 1	7	73	80	156	6	8	31	33	78	314
	WGP9 W43	7	76	83	156	7	9	32	33	81	320
	WGP12 W46	7	74	83	160	7	9	33	32	81	324
	WGP47 W81	7	74	83	160	7	9	33	32	81	324
	WGP16 W50	7	74	83	160	7	9	33	32	81	324
天水 Tianshui	Ganza 1	6	73	79	92	31	11	32	28	102	273
	Pinggan 1	6	73	79	92	31	11	32	28	102	273
	WGP9 W43	6	73	79	91	31	11	34	29	105	275
	WGP12 W46	8	73	81	90	31	11	35	29	106	277
	WGP47 W81	7	74	81	90	31	11	35	29	106	277
	WGP16 W50	7	74	81	90	31	11	35	29	106	277

和分别占总平方和的 32.15%、56.41%和 11.41%，可见环境间的差异是引起越冬率差异的最主要原因。因此，甘蓝型冬油菜的种植北界为天水附近，其相应主要气候因子为年均气温 10.9℃，最冷月平均气温 - 5℃，最冷月平均最低气温 - 8.4℃。极端低温 - 14℃，冬季负积温在 - 100℃ ~ - 300℃之间，无霜期 186 d。本研究结论与前人所得相符，即甘蓝型冬油菜的种植北界为天水附近^[19-20]。

3.2 甘蓝型冬油菜品种抗寒性存在显著差异

品种抗寒性是影响西北寒旱区甘蓝型冬油菜发展的主要因素^[15,23-24]。而在甘肃兰州生态区，白菜型冬油菜均可安全越冬，而甘蓝型冬油菜却不能安全越冬，因此，发展北方甘蓝型冬油菜首要解决的是品种的抗寒性。近年来，研究者从生长特性、光合特性、生理生化等方面对冬油菜抗寒性进行研究，发现抗寒性强的品种冬前匍匐生长、叶色浓绿、叶脉微

紫、叶片数偏少、光合速率高、越冬率高,抗寒性弱的品种冬前苗直立生长,叶色绿色或黄绿,光合速率低、越冬率低^[11,16-17]。本研究结果表明,参试品系抗寒性存在显著差异,在天水试点,21 份参试品系越冬率在 80.0%~100%之间,2 份参试品系越冬率在 0.01%~20.0%,天水试点越冬率在 80%以上的

品系占 72.00%。在兰州试点,在覆盖栽培条件下平甘 1 号、甘杂 1 号越冬率分别为 48.5%、47.8%;而 2012y1swc、1241 华油 9 号、2012y21355 欧洲油菜、2012y31360 波兰油菜等 15 个品系越冬率为 0,占参试品系的 52%。

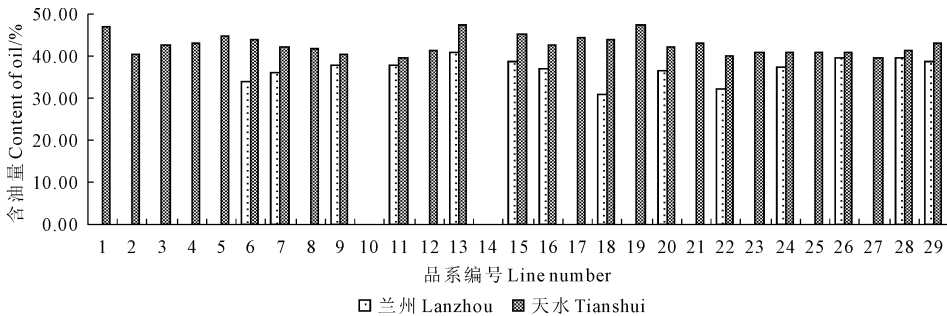


图 1 不同试点参试品系含油量

Fig.1 The oil content of lines in experiment sites

参 考 文 献:

[1] 张 芳,赵永国,谷铁城,等.2001—2010 年国家审定冬油菜品种的产量与主要性状分析[J].中国油料作物学报,2012,34(3):239-244.

[2] 王健胜,韦世豪,田建华,等.近年来中国冬油菜主要农艺性状的演变分析[J].西北农业学报,2012,21(11):75-82.

[3] 王健胜,李静婷,侯桂玲,等.中国冬油菜品系主要性状主成分分析及育种策略初探[J].河南农业科学,2015,44(7):48-52.

[4] 关周博,王学芳,赵小光,等.甘蓝型油菜种质资源农艺性状的鉴定与评价[J].江西农业学报,2015,27(7):15-18.

[5] 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.

[6] 孙万仓,武军艳,方 彦,等.北方旱寒区北移冬油菜生长发育特性[J].作物学报,2010,36(12):2124-2134.

[7] 王 寅,鲁剑巍.中国冬油菜栽培方式变迁与相应的养分管理策略[J].中国农业科学,2015,48(15):2952-2966.

[8] 关周博,田建华,董育红,等.生态穿梭育种在甘蓝型油菜高油选育中的作用[J].中国油料作物学报,2013,35(4):441-445.

[9] 刘自刚,张长生,孙万仓,等.不同生态区冬前低温下白菜型冬油菜不同抗寒品种(系)的比较[J].作物学报,2014,40(2):346-354.

[10] 杨宁宁,孙万仓,刘自刚,等.北方冬油菜抗寒性的形态与生理机制[J].中国农业科学,2014,47(3):452-461.

[11] 张学贤,黄 镇,丁 娟,等.白菜型冬油菜越冬过程生理指标研究[J].西北农业学报,2014,23(5):82-88.

[12] 周冬梅,张仁陟,孙万仓,等.甘肃省冬油菜种植适宜性及影响因子评价[J].中国生态农业学报,2014,22(6):697-704.

[13] 刘海卿,孙万仓,刘自刚,等.北方旱寒区白菜型冬油菜品种抗寒性与适应性分析[J].西北农业学报,2014,23(6):109-117.

[14] 周冬梅,张仁陟,孙万仓,等.北方旱寒区冬油菜种植气候适宜性研究[J].中国农业科学,2014,47(13):2541-2551.

[15] 武军艳,方 彦,张朋飞,等.北方旱寒区冬油菜根系抗寒指标分析[J].干旱地区农业研究,2014,32(6):250-255.

[16] 王世发,黄淑兰.北方旱寒区白菜型冬油菜品种抗寒性与适应性分析[J].北方园艺,2015,(4):58-60.

[17] 刘海卿,孙万仓,刘自刚,等.北方不同生态区白菜型冬油菜农艺性状变化分析[J].中国生态农业学报,2015,23(6):694-704.

[18] 黄继英.甘蓝型冬油菜北移可行性初探[J].中国油料作物学报,1992,(4):41-44.

[19] 王 月,孙万仓,刘自刚,等.甘蓝型冬油菜在西北不同生态区适应性及生理生化反应[J].干旱地区农业研究,2015,33(4):197-205.

[20] 刘自刚,孙万仓,杨宁宁,等.不同生态条件下白菜型冬油菜性状差异分析[J].干旱地区农业研究,2015,33(4):49-58.

[21] 高书凤,张 凤,周吉红.冬油菜在北京怀柔地区的适宜播种期研究[J].作物杂志,2013,(1):94-97.

[22] Kirchmann H, Thorvaldsson G. Challenging targets for future agriculture[J]. European Journal of Agronomy, 2000,12(3/4):145-161.

[23] 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.