

寒旱区白菜型冬油菜适应性及利用研究

刘 秦¹,姚正良¹,缪纯庆¹,姚 瑶²,毛成志³,孙万仓⁴

(1.张掖市农业科学研究院,甘肃 张掖 734000;2.甘肃农业大学,甘肃 兰州 730070;

3.中国科学院西北高原生物研究所,青海 西宁 810008;4.甘肃农业大学农学院作物遗传育种系,甘肃 兰州 730070)

摘 要:为探究冬油菜在甘肃张掖寒旱区种植的适应性,对8个白菜型冬油菜品种(系)的越冬率、冬前干物质积累、农艺性状及产量进行了分析比较,研究了冬油菜不同播种期对越冬率、产量等性状的影响,同时进行了冬油菜后茬复种模式研究。研究表明,在北纬38°左右、海拔180 m左右、极端最低气温-28.7℃的张掖及河西走廊,白菜型冬油菜能够露地正常越冬,且产量高品质好。冬油菜收获后,复种早熟大豆、马铃薯、油菜和蔬菜等作物,每667 m²两季产值比单种小麦增收32.0%~154.4%,比单种玉米增收15.4%~108.6%,经济效益十分显著。在张掖及河西走廊发展冬油菜生产可以调整传统农业的一年一熟为一年两熟或两年三熟,增加复种指数,提高土地资源利用率和经济效益;同时,可增加冬春季土壤植被覆盖,减少沙尘源,改善生态环境。张掖及河西走廊宜选择抗寒性品种,并适当早播,播期以8月中旬为宜。

关键词:白菜型冬油菜;越冬率;后茬复种作物;效益;播期;甘肃寒旱区

中图分类号:S565.4 **文献标志码:**A

Adaptability and utilization of cabbage-type winter rapeseed in the cold-arid regions

LIU Qin¹, YAO Zheng-liang¹, MIAO Chun-qing¹, YAO Yao², MAO Cheng-zhi³, SUN Wan-cang⁴

(1. Zhangye Institute of Agriculture, Zhangye, Gansu 734000, China; 2. Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

3. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810008, China;

4. Department of Genetics and Crops Breeding, College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: To better understand the adaptability of winter rapeseed in cold-arid region of Zhangye, Gansu Province, the overwintering rate, dry matter accumulation prior to winter, agronomic characters, and yield of 8 *Brassica napus* varieties were analyzed and compared, the effects of different sowing time on overwintering rate and yield were studied, and also the successive cropping modes of winter rapeseed were investigated. The results showed that at the 38° north latitude, the extreme minimum temperature is -28.7℃ in the Zhangye and Hexi corridor, the Chinese cabbage-type winter rapeseed can overwinter and produce high yield and quality seeds. After harvesting winter rapeseed, planting various crops such as early maturing soybeans, potatoes, oil sunflower, and vegetables in the output value per 666.7 m² is 32.0%~154.4% higher than that of single wheat, and 15.4%~108.6% higher than that of single maize, and the economic benefit is very significant. The winter rapeseed production in Zhangye and Hexi corridor could reform the traditional agriculture from 1 harvest per year to two harvests per year or 3 harvests per two years. As a result, it will increase cropping index, improve land resource utilization, and economic benefits. At the same time, it can increase soil vegetation coverage in winter and spring to reduce dust source and improve ecological environment. In conclusion, it's appropriate to choose cold resistance varieties in Zhangye and Hexi corridor, and early sowing in the middle of August is advisable.

Keywords: cabbage-type winter rapeseed; overwintering rate; multiple cropping; benefit; sowing time; cold-arid regions of Gansu Province

收稿日期:2018-04-01

修回日期:2018-09-30

基金项目:农业部行业专项基金(200903002-04)

作者简介:刘秦(1964-),女,陕西西脂人,高级农艺师,主要从事胡麻、油菜等油料作物育种与栽培研究。E-mail:liuqin.y@126.com

通信作者:孙万仓,从事作物遗传育种研究。E-mail:18293121851@163.com

张掖位于甘肃省河西走廊中段,地处北纬 38° ,属于大陆性气候,冬季严寒漫长、降雪极少,春季风沙大、干旱少雨,自然条件严酷;年平均气温 7.3°C ,极端最低气温 -28.7°C ,极端最高气温 39.8°C ;年平均降水量 130.4 mm ,最大年降水量 214.3 mm (1983年),最小年降水量 69.5 mm (1962年),年蒸发量 $2\,002.5\text{ mm}$,干旱指数为15,属于干旱地区^[1]。该区自然条件与美国的加利福尼亚州很相似,是雨水缺少的灌溉农业区,农作物生长靠祁连山区降水和积雪所形成的河流(黑河水)灌溉,无霜期150 d左右,光照充足,温差大,为一熟制灌溉农业区,全区有灌溉面积近 13.33 万 hm^2 。主要农作物有玉米、春小麦、马铃薯、油菜、胡麻、向日葵、大豆、谷子、蔬菜等。在海拔 $2\,300\sim 2\,800\text{ m}$ 的沿山冷凉地区主要种植春油菜,面积约 $3.533\,3\text{ 万 hm}^2$,平均产量 $3\,915\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,总产量约1.383亿kg。张掖海拔 $1\,284\sim 1\,700\text{ m}$ 的地区,一季有余、二季不足,发展冬油菜生产潜力巨大。利用前作收获后及早春光、热、水、土资源发展冬油菜生产,可有效提高油料作物总产量,又能提高单位面积产量和经济效益,增加农民收入,促进粮食和油料作物协同发展。

近年来关于冬油菜北移的问题已有很多研究,孙万仓等^[2]研究认为,冬油菜是北方寒区除冬小麦外唯一能露地越冬的农作物,种植冬油菜极具生态经济价值。首先,种植冬油菜提高了冬、春两季的植被覆盖度,可以减少沙尘源,有利于改善生态环境^[3];其次,冬油菜成熟早,收获后可复种大豆、马铃薯、玉米等农作物与蔬菜,改传统的一年一熟制为一年两熟或两年三熟,提高复种指数^[2];同时,冬油菜为北方重要景观作物。孙万仓等^[2]对不同冬油菜类型在西北地区的越冬性等进行了分析比较,发现不同白菜型冬油菜品种(系)抗寒性存在巨大差异;魏文慧等^[4]对冬油菜的越冬率、产量等也进行了分析研究;笔者从2006年起,针对张掖地区冬季严寒、干燥,无积雪覆盖的气候条件,开展引进种植冬油菜及适宜品种筛选、丰产栽培技术、冬油菜后茬复种模式及效益等研究,取得了一定成效。本文主要对白菜型冬油菜品种(系)在张掖的抗寒性、适应性以及产量表现,冬油菜后茬复种高效种植模式及效益,冬油菜越冬前养分积累与越冬性的变化,冬油菜适宜播种期等问题展开研究分析,为张掖及河西走廊冬油菜栽培、利用提供依据。

1 供试材料与方法

1.1 试验区自然条件概况

试验于2008–2013年在黑河灌区上游张掖新

墩镇园艺村土地上进行。纬度 $38^{\circ}36'$,海拔高度 $1\,482.7\text{ m}$,最大冻土深度 90 cm ,最冷月平均气温 -10.2°C ,最冷月平均最低气温 -17.1°C ,极端最低气温 -28.7°C ,年均气温 7.1°C ,无霜期156 d,降雨量 136.8 mm ,12~2月平均蒸发量 130.3 mm ,年平均蒸发量 $2\,047.9\text{ mm}$ ^[2]。土质沙壤土,肥力中等。土壤有机质含量 $0.7\%\sim 2.5\%$,碱解氮 $30\sim 60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $5\sim 8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $1.3\sim 2.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。地力均匀,排灌方便。

1.2 试验研究内容与方法

1.2.1 品种抗寒性鉴定及筛选 (1) 试验材料:由甘肃农业大学提供的延油2号、陇油8号、陇油7号、陇油6号,天水市农科所提供的天油2号、02C杂9、9852、9889,共8个白菜型冬油菜品种(系)。(2) 试验设计:试验于2008–2010年进行,采用随机区组排列,3次重复。小区面积 8 m^2 ,行距 20 cm ,株距 12 cm ,每小区播种10行,密度 $4\text{ 万株}\cdot 666.7\text{ m}^{-2}$ 。选肥力中等的麦茬,结合整地,施农家肥 $2\text{ t}\cdot 666.7\text{ m}^{-2}$,磷酸二铵 $25\text{ kg}\cdot 666.7\text{ m}^{-2}$,尿素 $7.5\text{ kg}\cdot 666.7\text{ m}^{-2}$,用旋耕机翻入地下作基肥。试验于8月12日播种,采用耧播。出苗后及时间苗,3~5片真叶定苗,11月上旬浇冬水;第二年4月中旬浇第一水,结合浇水追施尿素 $10\text{ kg}\cdot 666.7\text{ m}^{-2}$,并及时中耕松土保墒;终花期浇第二水。油菜角果70%左右蜡黄时收获并考种。(3) 抗寒性鉴定:以极端低温为 $-24^{\circ}\text{C}\sim -28^{\circ}\text{C}$ 条件下的越冬率为判断参试品种(系)抗寒性强弱的依据^[2],越冬率 $90\%\sim 100\%$ 为超强抗寒性品种;越冬率 $70\%\sim 89\%$ 为强抗寒性品种;越冬率 $30\%\sim 69\%$ 为抗寒品种;越冬率 $<30\%$ 为弱抗寒性品种^[2]。越冬率鉴定:越冬前和返青后调查单位面积油菜株数和成活率,确定每个品种越冬率和抗寒性。同时对8个品种冬前苗进行生长量测定,选择生长整齐,均匀的植株剪去地上部,挖取根系,将叶和根系带回室内冲洗干净晾干。用游标卡尺测量根茎直径、主根长、称其鲜重,烘箱烘干后再称其干重。每个品种随机取样10株测定求其平均值。分析冬前营养生长(地上/地下)与越冬率的关系。生育期间记载出苗期、五叶期、枯叶期、返青期、抽苔期、现蕾期、始花期、终花期、成熟期、越冬前苗龄等。农艺性状及产量测定:在油菜角果70%左右蜡黄时,每个品种随机取样10株进行农艺性状测定,测定株高(cm)、一次分枝数(个)、二次分枝数(个)、主花序有效长度(cm)、全株有效角果数(个)、角粒数(粒)、千粒重($\text{g}\cdot 1000\text{ 粒}^{-1}$)。产量测定后进行差异显著性分析。品质测定:采用索氏

法^[5]测定率测定品种含油率。

1.2.2 冬油菜-后茬复种高效模式研究及效益分析

(1)指示作物及品种:冬油菜陇油 8 号,大豆早熟品种(系)QSD2005-1,早熟马铃薯克新 4 号,早熟油葵新葵杂 5 号,西葫芦品种早青一代。(2)试验设计与方法:试验于 2012-2013 年进行,设 4 种种植方式:冬油菜-马铃薯(春小麦-冬油菜-马铃薯-春小麦)、冬油菜-油葵(春小麦-冬油菜-油葵-春小麦)、冬油菜-大豆(春小麦-冬油菜-大豆-春小麦)、冬油菜-西葫芦(春小麦-冬油菜-西葫芦-春小麦),每一种方式设面积 333.5 m²,以大田单作小麦、单作玉米、玉米-小麦套种为对照。冬油菜收获后及时进行复种,生产管理同大田,成熟后进行产量测定及效益分析。

1.2.3 冬油菜不同播种期试验研究 (1)试验材料:由甘肃农业大学提供的延油 2 号、陇油 8 号、陇油 7 号、陇油 6 号四个品种。(2)试验设计与方法:试验于 2010-2011 年进行,设 8 月 15 日、8 月 22 日、8 月 29 日、9 月 5 日 4 个播期处理。随机排列,3 次重复。试验行距 20 cm,株距 12 cm,10 行区,小区面积 8 m²。密度为 4 万株·666.7m⁻²。测定不同播种期对品种越冬率、产量、经济性状及生育期的影响。

2 结果与分析

2.1 白菜型冬油菜在张掖的抗寒性和适应性

不同品种抗寒性和适应性试验结果见表 1。抗

寒性鉴定结果初步得出:白菜型冬油菜在张掖能够正常越冬,且适应性强。但品种间抗寒性表现差异较大,8 个品种越冬率在 25.9%~96.8%之间,分为超强、强、弱三种抗寒类型。其中陇油 7 号、陇油 8 号、陇油 6 号三个品种(系)属超强抗寒性品种,越冬率分别达到 96.8%、96.0%、95.9%;延油 2 号越冬率为 87.9%,属强抗寒性品种;其余四个品种(系)越冬率仅 25.9%~30.0%,是弱抗寒性品种。这一试验结果与孙万仓等^[2]研究得出陇油 7 号、陇油 6 号为超强抗寒性品种类型,陇油 8 号为强抗寒性品种类型,延油 2 号为抗寒性品种类型,天油 2 号、9889、9852、02C 杂 9 属弱抗寒性品种类型的结论相似。

2.2 冬油菜冬前营养生长、干物质积累(地上/地下)与越冬率

对 8 个白菜型冬油菜品种冬前生长量测定表明:越冬前油菜地上(根冠)与地下(根)的生长进程与品种越冬率有着极其密切的关系。测定结果分析得出:8 个不同品种陇油 7 号、陇油 8 号、陇油 6 号、延油 2 号、02C 杂 9、天油 2 号、9852、9889 越冬前地上部叶片与地下根部干物质积累比值大小依次是:1.03<1.28<1.56<1.92<2.35<2.43<2.59<2.63,相对应的越冬率依次为:96.8%>96.0%>95.9%>87.9%>33.5%>27.9%>26.5%>25.9%(见表 1,图 1)。这一结果显示冬油菜冬前营养生长(地上/地下)与品种越冬率呈负相关趋势。

表 1 8 个不同油菜品种冬前干物质积累与越冬率

Table 1 The dry matter accumulation prior to winter and overwintering rate of 8 different rapeseed cultivars

品 种 Cultivar	调查日期 (月-日) Survey date (m-d)	叶片数 Number of leaves /个	根茎径 Stem diameter /cm	根长 Root length /cm	干物质积累 Dry matter accumulation						越冬率/% Overwintering rate	
					叶 Leaf			根 Root				地上/ 地下 Ground/ underground
					鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight	鲜重/干重 Fresh weight/ dry weight	鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight	鲜重/干重 Fresh weight/ dry weight		
天油 2 号 Tianyou 2	10-16	13	1.46	27.40	73.96	10.56	7.00	16.14	4.49	3.59	2.35	33.5
延油 2 号 Yanyou 2	10-16	12	1.69	26.28	69.43	10.75	6.71	18.59	5.57	3.33	1.92	87.9
陇油 8 号 Longyou 8	10-16	11	2.30	26.01	65.09	9.43	6.90	26.31	7.37	3.57	1.28	96.0
陇油 7 号 Longyou 7	10-16	11	2.11	23.83	43.59	7.05	6.18	21.17	6.80	3.11	1.03	96.8
陇油 6 号 Longyou 6	10-16	10	2.23	22.82	61.32	10.3	5.95	26.40	6.60	4.00	1.56	95.9
02C 杂 9 02C-Za 9	10-16	12	1.74	25.75	96.88	12.68	7.64	22.18	5.22	4.25	2.43	27.9
9852	10-16	13	1.61	24.43	77.96	11.61	6.71	16.36	4.79	3.42	2.59	26.5
9889	10-16	11	1.50	26.7	82.11	11.02	7.45	13.89	4.18	3.32	2.63	25.9

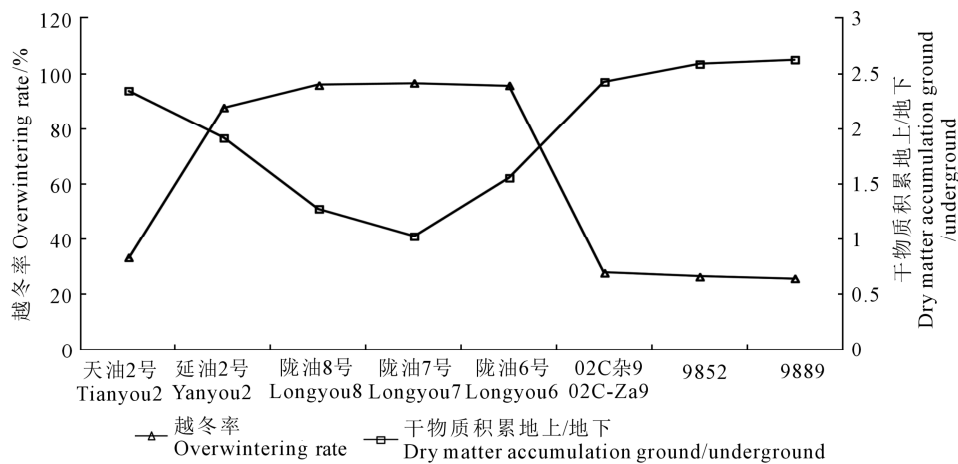


图 1 冬前不同品种干物质积累(地上/地下)与越冬率关系

Fig.1 Relationship between dry matter accumulation (ground/underground) before winter and overwintering rate of different cultivars

2.3 白菜型冬油菜在张掖的产量、经济性状和生育期表现

2.3.1 产量表现(2008-2010 年) 8 个参试品种(系)平均产量(见表 2)110.83 kg · 666.7m⁻²~293.33 kg · 666.7m⁻²,以陇油 8 号产量最高,为293.33 kg · 666.7m⁻²;延油 2 号、陇油 7 号、陇油 6 号三个品种也表现较高产量,平均产量依次是246.67、234.17、222.50 kg · 666.7m⁻²,居第2、第3、第4 位;其余 4 个品种产量在 110.83~165.0 kg · 666.7m⁻²之间。经方差分析,品种间产量差异达到极显著水平。研究结果初步得出以陇油 8 号、延油 2 号、陇油 7 号、陇油 6 号 4 个品种产量表现最好,适应性最强。

2.3.2 不同白菜型冬油菜主要经济性状表现 在张掖,白菜型冬油菜品种主要经济性状表现优良,但品种间表现差异较大(表 3)。有效分枝数、主花序有效长度、千粒重分别以陇油 8 号、陇油 7 号、延油 2 号表现最高;单株角果数、角果粒数以 02C 杂 9 表现最高。试验品种含油率 40.55%~44.28%,平均含油率 42.95%。陇油 8 号含油率最高达到 44.28%。

2.3.3 不同白菜型冬油菜生育期表现 由表 4 看出,参试的 8 个品种(系)都能在 6 月 20 日前成熟,生育期 298~308 d,有早、中、晚熟 3 种类型。以陇油 8 号、延油 2 号成熟较早,生育期是 298、300 d,较其它品种分别早熟 6~10 d 和 4~8 d,可为后茬复种集约更多光热资源。

2.4 冬油菜-后茬复种高效模式研究及效益分析

2012 年在海拔 1 559 m 的张掖新墩镇进行冬油菜后茬复种研究,平均产量 225 kg · 666.7m⁻²。冬油菜收获后,于 6 月 24 日及时复种马铃薯、油葵、西葫芦、大豆四类作物,10 月上旬均正常成熟。研究

表 2 8 个白菜型冬油菜品种产量结果及分析

Table 2 Yield and analysis of 8 Chinese cabbage cultivars of winter rapeseed

品种 Cultivar	产量/(kg · 666.7m ⁻²) Yield	较对照增减/% Change over the control	位次 Rank
陇油 8 号 Longyou 8	293.33aA	43.75	1
延油 2 号 Yanyou 2	246.67bAB	33.11	2
陇油 7 号 Longyou 7	234.17bB	29.54	3
陇油 6 号 Longyou 6	222.50bB	25.84	4
天油 2 号 Tianyou 2	165.00cC	ck	5
02C 杂 9 02C-Za 9	138.33cdCD	-16.16	6
9889	125.84dCD	-23.73	7
9852	110.83dD	-32.83	8

注:表中小、大写英文字母分别表示品种间 5%、1%差异水平的显著性。

Note:Different small letters and capital letters in the same column show significant difference at P=0.05 level and P=0.01 level, respectively.

结果得出,冬油菜-后茬复种两季总产值达到 1 875~3 814 元 · 666.7m⁻²,纯收入达到 1 245~2 716 元 · 666.7m⁻²,较单作小麦、单作玉米增收 32.0%~154.4%,15.4%~108.6%。以冬油菜-马铃薯一年两季种植模式效益最高,马铃薯产量 2 689 t · 666.7 m⁻²,产值 2 689 元 · 666.7m⁻²,两季纯收益 2 716.0 元 · 666.7m⁻²;其次是冬油菜-西葫芦种植模式,西葫芦产量 1 530 kg · 666.7m⁻²,产值达到 2 448 元 · 666.7m⁻²,两季纯收益 2 168 元 · 666.7m⁻²。较当地传统的单作小麦、单作玉米、玉米-小麦套种增产增效极其显著。冬油菜-油葵、冬油菜-大豆种植模式也有较好的效益,具体结果见表 5。

表 3 8 个白菜型冬油菜品种主要经济性状比较

Table 3 Comparison of economic returns of 8 Chinese cabbage cultivars of winter rapeseed

品种 Cultivar	株高/cm Plant height	分枝部位/cm Branch position	总分枝数/个 Branches/plant	主序长/cm Length of terminal raceme	全株有效结 角数/个 Pods per plant	角粒数/粒 Seeds per pod	千粒重/g 1000-seed weight	产量/(kg·667m ⁻²) Seed yield	含油率/% Oil content
天油 2 号 Tianyou 2	90.1	9.9	16.3	30.1	249.4	20.6	3.0	165.00	43.53
延油 2 号 Yanyou 2	92.9	10.1	14.5	33.7	220.2	18.2	3.3	246.67	43.93
陇油 8 号 Longyou 8	89.9	5.1	16.8	33.4	243.1	21.4	2.9	293.33	44.04
陇油 7 号 Longyou 7	105.1	7.0	13.1	37.1	158.1	21.8	3.0	234.17	44.28
陇油 6 号 Longyou 6	91.6	3.4	13.6	34.4	178.9	21.0	3.1	222.50	42.81
02C 杂 9 02C-Za 9	84.5	6.9	16.7	28.9	255.3	24.5	3.0	138.33	42.86
9852	88.7	7.1	16.2	32.7	281.5	21.9	3.2	110.83	41.56
9889	84.7	10.6	13.1	29.3	162.5	22.4	3.2	125.84	40.55

表 4 8 个白菜型冬油菜品种各生育期时间(月-日)及总生育期天数(d)差异

Table 4 Variation of growth stages(m-d) and total growth period days(d) of 8 Chinese cabbage cultivars of winter rapeseed

品种 Cultivar	播种期 Sowing	出苗期 Emergence	五叶期 Five-leaf stage	枯叶期 Withering stage	返青期 Returngreen	现蕾期 Squaring	初花期 Flowering	盛花期 Full-bloom stage	终花期 End of flowering	成熟期 Maturity	生育期天数/d Growth period days
天油 2 号 Tianyou 2	8-12	8-16	9-9	11-13	3-23	4-11	4-20	4-29	5-9	6-16	304
延油 2 号 Yanyou 2	8-12	8-16	9-9	11-13	3-22	4-11	4-20	4-28	5-10	6-12	300
陇油 8 号 Longyou 8	8-12	8-16	9-9	11-13	3-22	4-11	4-20	4-29	5-8	6-10	298
陇油 7 号 Longyou 7	8-12	8-16	9-9	11-11	3-23	4-20	4-30	5-8	5-25	6-20	308
陇油 6 号 Longyou 6	8-12	8-16	9-9	11-11	3-22	4-20	4-26	5-4	5-23	6-16	304
02C 杂 9 02C-Za 9	8-12	8-16	9-9	11-13	3-23	4-13	4-23	5-2	5-13	6-16	304
9852	8-12	8-16	9-9	11-13	3-23	4-13	4-22	4-30	5-10	6-18	306
9889	8-12	8-16	9-9	11-13	3-24	4-13	4-22	4-30	5-9	6-18	306

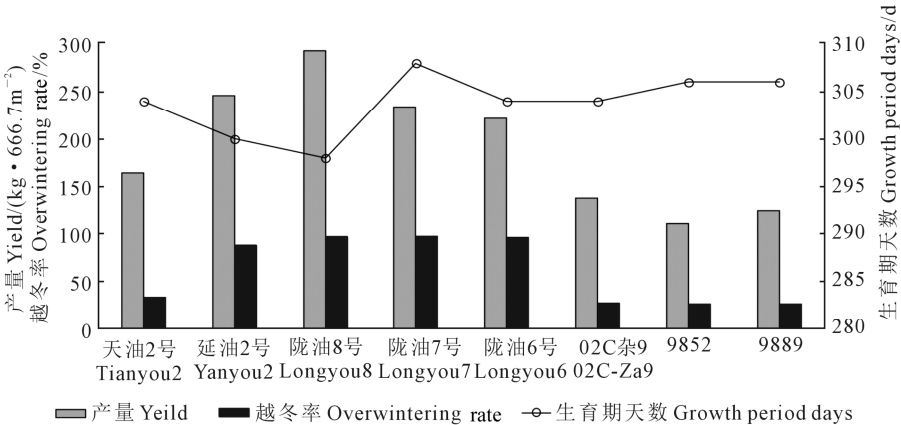


图 2 8 个不同油菜品种越冬率、产量、生育期分析

Fig.2 Analysis of overwintering rate, yield, and growth period days of 8 different rapeseed cultivars

2.5 张掖冬油菜不同播种期对品种生育期、抗寒性及产量的影响

2.5.1 不同播种期对冬油菜生育期和越冬率的影响

播种期对冬油菜不同生育期影响较大,同一品种播种早的出苗期、5 叶期、现蕾期、初花期等都早于播种晚的处理,生育期也较长。随播种期推迟,

冬前叶片数减少,越冬率及抗寒性降低,生育期缩短。以陇油 7 号为例:4 个不同播期,平均冬前叶片数分别是 13、12、9、8,越冬率依次是 96.4%、88.6%、66.83%、45.69%,生育期依次是 305、298、291、283 d。从试验数据得出:冬前叶片数与越冬率、生育期呈正相关趋势,见表 6。

表 5 冬油菜复种作物产值与效益
Table 5 Winter rapeseed multiple cropping system output value and benefits

种植方式 Cropping system	W1/(kg·666.7m ⁻²)		W2/(kg·666.7m ⁻²)		产值 Output value	投入 Input	净收益 Net benefits	增加收入/(元·666.7m ⁻²) Income change		
	籽粒 Kernel	秸秆 Straw	籽粒/块茎 /瓜 Kernel/Tuber /Melon	秸秆 Straw				较 Compare with CK1	较 Compare with CK2	较 Compare with CK3
油菜-马铃薯复种 Winter rapeseed-potato multiple cropping	225	—	2689	—	3814	1098	2716	1930	1782	1298
冬油菜-油葵复种 Winter rapeseed-oil sunflower multiple cropping	225	—	219.3	—	2002.2	816	1186.2	400.2	252.2	−231.8
冬油菜-西葫芦复种 Winter rapeseed-zucchini cropping	225	—	1530	—	3114	946	2168	1382	1234	750
冬油菜-大豆复种 Winter rapeseed-soybean multiple cropping	225	—	150	—	1875	633	1245	459	311	−173
小麦 Wheat (CK1)	500	500	—	—	1250	464	786	—	—	—
玉米 Corn (CK2)	800	2000	—	—	1640	706	934	—	—	—
玉米-小麦套种 interplanting (CK3)	600	1500	350	500	2120	702	1418	—	—	—

注:以上作物的价格按当年市场收购价格为准。油菜籽 5.0 元/kg,马铃薯 1.0 元/kg,油葵 4.0 元/kg,西葫芦 1.3 元/kg,大豆 5.0 元/kg,小麦 2.4 元/kg,玉米 1.8 元/kg,秸秆 0.1 元/kg。每 666.7 m² 投入的总费用包括种子、肥料、农药、用工及水费等,均以当年市场价格标准计算。产值、投入、纯收益单位:元·666.7m⁻²

Note: The prices of the above crops are subject to marketprices. Rapeseed: 5.0 yuan·kg⁻¹, potato: 1.0 yuan·kg⁻¹, oil sunflower: 4.0 yuan·kg⁻¹, zucchini: 1.3 yuan·kg⁻¹, soybean: 5.0 yuan·kg⁻¹, wheat: 2.4 yuan·kg⁻¹, corn: 1.8 yuan·kg⁻¹, straw: 0.1 yuan·kg⁻¹. The total cost per 666.7 m² includes seeds, fertilizers, pesticides, labor, and water charges, which are calculated at the current market prices. Output value, input, pure income unit: yuan·666.7m⁻²

表 6 不同播种期对 4 个冬油菜品种物候期(月-日)的影响
Table 6 Effects of different sowing dates (m-d) on growth and development of 4 winter rapeseed cultivars

品种 Cultivar	播种期 Sowing	出苗期 Emergence	五叶期 Five-leaf stage	枯叶期 Withering	返青期 Return green	现蕾期 Squaring	初花期 Start of flowering	终花期 End of flowering	成熟期 Maturity	生育期/d Growth period	冬前苗 龄/片 Seedling before winter /tablets	越冬率/% Overwintering rate
陇油 7 号 Longyou 7	8-15	8-19	9-11	11-12	3-23	4-20	4-28	5-27	6-20	305	13	96.4
	8-22	8-26	9-18	11-12	3-23	4-20	4-29	5-27	6-20	298	12	88.6
	8-29	9-2	9-27	11-13	3-23	4-22	4-29	5-27	6-20	291	9	66.83
	9-5	9-10	10-6	11-15	3-25	4-23	5-1	5-28	6-21	283	8	45.69
陇油 8 号 Longyou 8	8-15	8-19	9-10	11-11	3-22	4-12	4-18	5-13	6-12	297	13	97.3
	8-22	8-26	9-17	11-12	3-22	4-12	4-18	5-13	6-12	290	12	89.5
	8-29	9-2	9-26	11-12	3-22	4-13	4-18	5-13	6-12	283	10	70.42
	9-5	9-10	10-5	11-14	3-25	4-13	4-19	5-14	6-13	275	8	56.39
陇油 6 号 Longyou 6	8-15	8-19	9-11	11-13	3-23	4-20	4-24	5-25	6-17	302	13	90.55
	8-22	8-26	9-18	11-13	3-23	4-20	4-24	5-25	6-17	285	11	89.5
	8-29	9-2	9-27	11-14	3-23	4-21	4-24	5-25	6-17	278	9	68.3
	9-5	9-10	10-6	11-15	3-26	4-23	4-26	5-26	6-18	270	8	40.26
延油 2 号 Yanyou 2	8-15	8-19	9-10	11-12	3-22	4-12	4-18	5-13	6-14	299	13	88.32
	8-22	8-26	9-17	11-13	3-22	4-13	4-18	5-13	6-14	292	12	78.62
	8-29	9-2	9-26	11-14	3-22	4-13	4-19	5-13	6-14	285	9	58.37
	9-5	9-10	10-5	11-15	3-25	4-20	4-20	5-15	6-15	278	8	46.45

2.5.2 不同播种期对冬油菜农艺性状和产量的影响 研究表明:4 个品种随播种期推迟,株高、主花序长度、千粒重等性状呈明显下降趋势,产量明显降低。以陇油 7 号为例,4 个播期千粒重依次递减:3.2 g>3.0 g>2.7 g>2.4 g;每 666.7 m² 产量依次递减为 216.67 kg>200.03 kg>153.34 kg>100.01 kg,见表 7。而分枝和角果数呈增多趋势,说明播种期过晚越冬率下降,造成单位面积收获群体减少,单株产生过多的分枝,而后期成熟度不良,导致千粒重下降,单株产量降低。这一结论与甘肃农业大学研究结果相似,播种期对冬油菜农艺性状有较大影响^[6]。不同播期产量经方差分析,处理间差异达到极显著水平。

表 7 不同播种期对 4 个冬油菜品种农艺性状、产量的影响

Table 7 Effects of different sowing dates on economic characters and yield of 4 winter rapeseed cultivars

品种 Cultivar	播种期(月-日) Sowing (m-d)	株高/cm Plant height	分枝数/个 Branches/plant	主序长/cm Length of terminal raceme	全株有效结 角数/个 Pods per plant	角粒数/粒 Seeds per pod	千粒重/g 1000-seed weight	产量/(kg·666.7m ⁻²) Seed yield
陇油 7 号 Longyou 7	8-15	98.7	13.8	43.4	167	22.8	3.2	216.67
	8-22	97.3	14.2	40.6	186.2	21.6	3.0	200.03
	8-29	92.8	20.0	38.0	198.3	20.3	2.7	153.34
	9-5	87.6	21.6	34.4	226.7	17.6	2.4	100.01
陇油 8 号 Longyou 8	8-15	89.9	16.8	33.4	243.1	21.8	2.9	293.33
	8-22	88.6	17.3	31.4	255.8	21.5	2.7	270.50
	8-29	83.6	23.8	29.0	268.9	20.5	2.5	230.45
	9-5	78.6	26.2	25.0	289.5	18.2	2.2	180.60
陇油 6 号 Longyou 6	8-15	91.6	13.6	34.4	178.9	21.0	3.1	222.50
	8-22	90.0	14.2	31.8	188.9	19.7	2.9	210.42
	8-29	84.3	19.7	28.9	203.8	17.8	2.7	168.90
	9-5	72.0	23.0	24.4	235.6	15.5	2.4	118.20
延油 2 号 Yanyou 2	8-15	92.9	14.5	33.7	220.2	18.2	3.3	246.67
	8-22	90.6	15.0	31.2	231.5	17.8	3.2	230.70
	8-29	85.5	22.5	28.8	246.3	15.8	2.7	183.42
	9-5	78.8	24.9	23.7	267.9	14.0	2.5	133.0

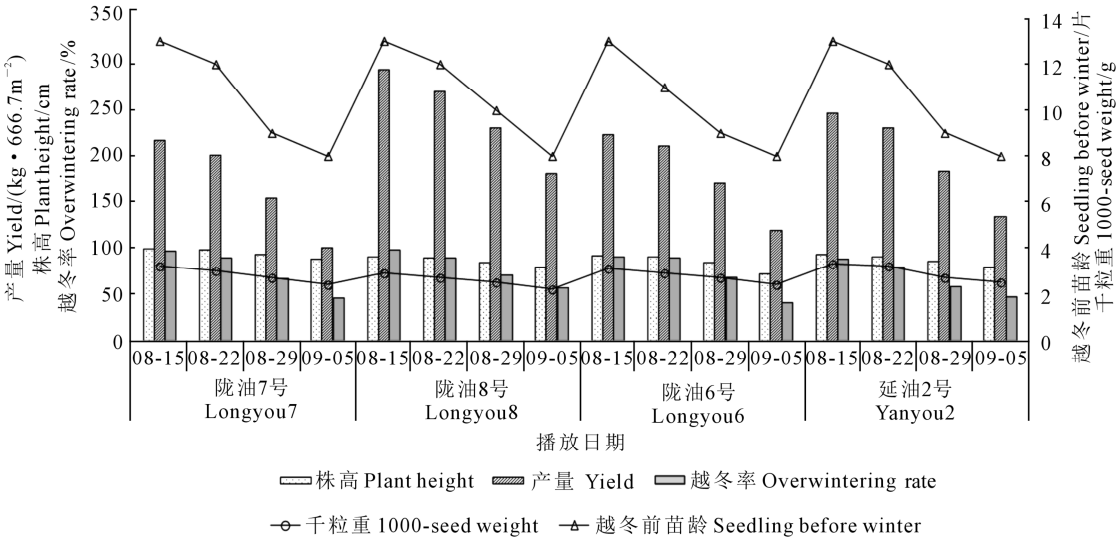


图 3 不同播期下 4 个冬油菜品种株高、越冬前苗龄、越冬率、千粒重及产量变化
Fig.3 Variation of plant height, seedling, overwintering rate, thousand grain weight, and yield of 4 winter rapeseed cultivars under different sowing dates