

# 不同栽培措施对油菜抗寒性的影响

徐正华 张晓红 陈秀斌 郑红裕 胡立勇

华中农业大学植物科技学院/农业部长江中游作物生理生态与耕作重点实验室, 武汉 430070

**摘要** 以11个甘蓝型油菜品种(系)为试验材料,研究了不同播种期、苗期喷施烯效唑、不同肥料类型、不同施肥量等栽培措施对油菜抗寒性的影响。结果表明:越冬期发生 $-4\sim-4^{\circ}\text{C}$ 低温时,早播(10月1日播种)条件下,不同品种均进入抽薹开花期,植株冻害明显,品种(系)间的抗寒性表现差异较大,冻害指数为25.0~82.5;以28-2010、中油116抗寒性最好;晚播(10月29日播种)条件下所有品种均处于苗期,冻害较轻,品种(系)间差异不大,冻害指数为24.2~29.2。早播处理幼苗5叶期喷施烯效唑使抗寒性明显提高,品种(系)间的冻害指数比对照平均降低4.76。氮磷钾配合施用,不同施肥量对油菜抗寒性影响差异不大,但增施有机肥有提高抗寒性的作用。

**关键词** 甘蓝型油菜;栽培;抗寒性;播种期;烯效唑;施肥

**中图分类号** S 565.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)06-0661-07

2008年以来,由于长江流域频繁出现冬季低温冻害,严重影响了我国冬油菜的生产。围绕油菜冷、冻害形成和冷驯化(一段时间非冷冻型低温锻炼)的作用机制,国内外学者做了大量研究,包括冻害室内室外鉴定手段、冻害形成的生理生化原因等。研究结果表明,抗寒性较强的品种,叶色深绿微带紫红色,叶柄短,植株较矮,越冬存活率高<sup>[1-3]</sup>。叶片总含水量、细胞汁液浓度、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量及细胞游离脯氨酸含量可作为抗寒性的生理鉴定指标<sup>[4-7]</sup>。

近年来的一些研究表明,合理播期、肥料运筹和化学调控等农艺措施,对实现油菜冬壮、春发、稳长,提高抗冻能力具有重要作用<sup>[8-10]</sup>。孙万仓等<sup>[11]</sup>对甘肅冬油菜的研究表明,地膜覆盖、秸秆覆盖处理对冬油菜安全越冬、提高产量的效果最为明显。李俊等<sup>[12]</sup>认为适宜播期与密度、增施磷钾肥等对油菜抗冻性及产量影响较大。国内外学者在应用植物激素或生长调节剂提高抗寒性方面有一定的尝试,Morrison等<sup>[13]</sup>、马霓等<sup>[14]</sup>的研究表明脱落酸、6-苄基腺嘌呤、油菜素内酯、多效唑等浸种或叶面喷施可提高

植株的耐寒性。其中多效唑是我国生产上应用较广泛且抗逆效果比较稳定的植物生长调节剂,其增强油菜抗寒性的原因主要是抑制体内赤霉素的合成,降低株高和叶片着生角度,提高叶组织的紧密度和细胞的耐脱水能力<sup>[15]</sup>。烯效唑与多效唑作用相同,但活性较多效唑高6~10倍,在土壤中的残留量仅为多效唑的1/10,采用烯效唑浸种或苗期喷施可显著抑制苗高,增加根颈粗,提高油菜根系活力及幼苗抗寒性<sup>[16-17]</sup>。

前人的研究多数是单个品种或单项措施分别进行的,所得结论也不易进行科学比较。本研究以不同熟期的多个品种(系)为材料,探讨不同播种期、不同肥料类型、不同施肥量以及苗期喷施烯效唑等栽培措施对油菜抗寒性的影响及其差异,以期对油菜的抗寒栽培提供理论依据与关键技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验共选用11个甘蓝型油菜品种(系)为试验材料(表1)。

收稿日期:2012-02-27

基金项目:国家科技支撑计划项目(2009BADA8B01,2010BADA8B01)、农业部油菜现代产业体系专项(nycytx-00510)、中央高校基本科研业务费专项(52204-09144)和湖北省农业创新科技岗位

徐正华,博士,讲师,研究方向:油菜栽培生理。E-mail: xzh@mail.hzau.edu.cn

通讯作者:胡立勇,博士,教授,研究方向:油菜栽培生理。E-mail: liyonghu@mail.hzau.edu.cn

表 1 试验品种(材料)及来源  
Table 1 Name and source of material tested

品种(系) Variety(Line)	选育单位 Breeding organization	熟期 Maturity	审定时间(年份) Year of examination
中双 11 号 Zhongshuang 11	中国农业科学院油料作物研究所 Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences	中晚熟 Mid-late-maturing	2008
华双 5 号 Huashuang 5	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	中熟 Mid-maturing	2004
华油杂 13 号 Huayouza 13	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	中晚熟 Mid-late-maturing	2007
青杂 7 号 Qingza 7	青海省农业科学院 Qinghai Academy of Agricultural Sciences	特早熟 Extra-early-maturing	2010
德油早 1 号 Deyouza 1	四川省广汉市三星堆油菜研究所 Sanxingdui Rape Research Institute in Guanghan, Sichuan	早中熟 Early-mid-maturing	2003
28-2010 (Line)	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	特早熟 Extra-early-maturing	
中油 116 Zhongyou 116	中国农业科学院油料作物研究所 Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences	特早熟 Extra-early-maturing	2008
中油杂 2 号 Zhongyouza 2	中国农业科学院油料作物研究所 Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences	中熟 Mid-maturing	2001
华油杂 62 Huayouza 62	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	中熟 Mid-maturing	2009
中油杂 7819 Zhongyouza 7819	中国农业科学院油料作物研究所 Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences	中熟 Mid-maturing	2009
华油杂 9 号 Huayouza 9	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	中晚熟 Mid-late-maturing	2004

1.2 试验设计

试验于 2010—2011 年在华中农业大学试验基地进行。供试土壤为黄壤,于夏季施塘泥 5 cm 左右。试验前测定土壤养分含量为有机质 17.989 g/kg,铵态氮 16.12 mg/kg,硝态氮 14.30 mg/kg,速效磷 16.96 mg/kg,速效钾 127.98 mg/kg。

采用机械翻耕整地,条直播方式种植,设置 3 次重复。小区面积 15 m<sup>2</sup>,定苗密度 30 万株/hm<sup>2</sup>。氮磷钾肥以  $m_N : m_{P_2O_5} : m_{K_2O} = 1.0 : 0.5 : 0.7$  设置施用量。不同试验处理均施用硼砂 7.5 kg/hm<sup>2</sup>。磷肥、硼肥及 50% 的氮钾肥作基肥撒施;第 1 次追肥在 2011 年 1 月 12 日,施用 20% 氮钾肥;第 2 次追肥在 2011 年 2 月 23 日,施用 30% 氮钾肥。氮磷钾肥分别为尿素(含 46% N)、过磷酸钙(含 12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、氯化钾(含 60% K<sub>2</sub>O)。

1)播种期试验。设置 10 月 1 日、10 月 29 日 2 个播种期。早播 10 月 31 日定苗,晚播 12 月 21 日定苗。施纯氮量为 270 kg/hm<sup>2</sup>,按上述比例计算磷钾肥施用量。

2)喷施烯效唑试验。与播种期试验采用相同品种及施肥量,10 月 1 日播种。在 5 叶期(2010 年 10 月 23 日)喷施烯效唑 1 次,喷施剂量为 20 mg/L(每公顷 5% 烯效唑粉剂 300 g 兑水 750 kg)。

3)施肥试验。采用华油杂 62、华油杂 9 号 2 个品种;纯氮设 180、270、360 kg/hm<sup>2</sup> 3 个施肥水平,以  $m_N : m_{P_2O_5} : m_{K_2O} = 1.0 : 0.5 : 0.7$  计算磷钾肥施用量;有机肥为菜饼,设置 0、1 500、3 000 kg/hm<sup>2</sup> 3 个水平。2 个品种各 5 个处理分别为:A. 0 kg 菜饼 180 kg 纯氮;B. 0 kg 菜饼 270 kg 纯氮;C. 0 kg 菜饼 360 kg 纯氮;D. 1 500 kg 菜饼 270 kg 纯氮;E. 3 000 kg 菜饼 270 kg 纯氮。菜饼全部作基肥施用。2010 年 10 月 1 日播种,10 月 31 日定苗。

1.3 冻害调查方法

低温结束后 1 周内调查冻害情况。冻害调查标准按照刘后利<sup>[18]</sup>的方法进行记载。每个小区取 30 株油菜进行冻害调查。

2 结果与分析

2.1 生育期低温阶段的温度变化情况

图 1 显示了 2010 年 12 月 10 日至 2011 年 1 月 25 日期间的日最低温、日均温变化情况。在这一时间段内,可大致分为 2 次降温过程,第 1 次发生在 12 月 14—18 日,日均温为-0.02~4.94 ℃,日最低温为-1.39~0.41 ℃,低温最低值出现在 12 月 16 日,为-2.49 ℃。第 2 次从 12 月 24 日开始至 1 月 24 日结束,出现了一段持续低温过程,其间日最低

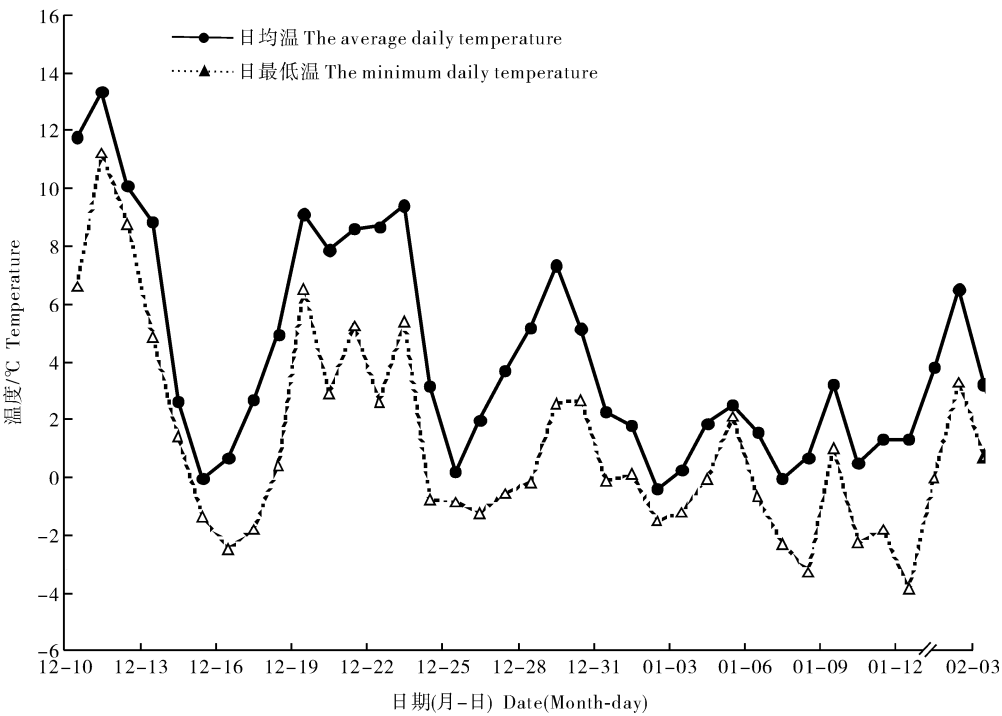


图 1 越冬期间温度变化图

Fig. 1 Change of temperature during the winter

温度一直处于在 $-3.85\sim 3.30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,并分别在1月8日、1月12日、1月16日达到了 $-3.29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-3.85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-3.54\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.2 不同处理油菜生育期及生长状态

1)不同播种期下各品种(系)生育期比较。从表2可以看出,在早播条件下各品种(系)生育期差异较大。不同品种(系)生育期为 $200\sim 218\text{ d}$ ,青杂7号生育期最短,于11月5日最早进入蕾薹期,11月26日进入初花期,12月6日进入盛花期,并且花期一直持续到4月2日。华双5号和中双11号生育期最长,达到 $218\text{ d}$ ;其余各品种(系)在冻害发生期间基本处于蕾薹期。

晚播条件下各品种(系)生育期相对缩短。各品种(系)全生育期在 $185\sim 194\text{ d}$ 。青杂7号生育期最短,为 $185\text{ d}$ 。中油杂7819和中双11号生育期最长,达到 $194\text{ d}$ 。各品种(系)在冻害发生时均处于苗期。

2)不同播种期下各品种(系)越冬期绿叶数及株高。从表3可知,越冬期低温使各品种(系)绿叶数下降。早播(10月1日播种)条件下1月9日第1次调查各品种(系)绿叶数范围为 $6.6\sim 11.0$ ,持续低温结束后1月25日调查绿叶数为 $2.6\sim 10.0$ ;各品

种(系)绿叶数平均降低 $1.6$ 。其中青杂7号受影响最严重,绿叶数下降 $4.0$ ,28-2010受影响最小,绿叶数仅下降 $0.4$ 。晚播(10月29日播种)条件下第1次调查各品种(系)绿叶数范围为 $6.2\sim 8.4$ ,持续低温过程后为 $5.3\sim 7.1$ ,各品种(系)绿叶数平均降低 $0.84$ 。其中中双11号与德油早1号受影响最大,绿叶数分别下降 $1.3$ 和 $1.2$ ,华杂62受影响最小,绿叶数下降 $0.5$ 。2个播期比较可以看出,晚播油菜由于处于苗期,低温对绿叶数影响相对较小;而不同品种在早播和晚播条件下,抗寒性表现不尽一致。

2010年11月由于气温偏高,使早播油菜苗期生长旺盛,普遍提前完成了基本营养生长期,进入了抽薹阶段,青杂7号甚至已经进入了开花期。而晚播条件下各品种在越冬期均处于苗期,没有抽薹现象。表4为早播条件下各品种(系)越冬期的株高调查,可以看出,不同熟期品种(系)由于生育进程的差异,株高差异也十分明显。1月9日调查,株高最高为青杂7号,在不使用烯效唑的条件下,达到了 $153.8\text{ cm}$ ,其次为中油116、28-2010,分别达到了 $44.0$ 、 $45.5\text{ cm}$ ;而华油杂62、华双5号和中双11号处于抽薹初期,株高分别为 $18.6\sim 18.8\text{ cm}$ 。

表 2 不同播期条件下供试品种(系)生育期比较

Table 2 Growth stages of the tested cultivars under sowing on Oct. 1 and Oct. 29, 2010

品种(系) Variety(Line)	10月1日播种 Sowing on Oct. 1					10月29日播种 Sowing on Oct. 29				
	五叶期 Five leaf period	薹薹期 Bolting stage	初花期 25% flo- rescence	终花期 Late flo- rescence	成熟期 Maturity	五叶期 Five leaf period	薹薹期 Bolting stage	初花期 25% flo- rescence	终花期 Late flo- rescence	成熟期 Maturity
28-2010	10—28	11—30	02—10	03—02	04—20	12—11	02—24	03—14	04—10	05—05
中油 116 Zhongyou 116	10—27	11—30	02—11	04—04	04—27	12—09	02—23	03—13	04—10	05—06
华双 5 号 Huashuang 5	10—28	12—08	03—03	04—09	05—06	12—11	02—28	03—17	04—12	05—10
中油杂 7819 Zhongyouza 7819	10—28	12—08	03—07	04—09	05—03	12—09	02—25	03—18	04—17	05—12
华油杂 13 号 Huayouza 13	10—28	12—04	03—08	04—07	05—03	12—10	02—24	03—13	04—10	05—06
华油杂 62 Huayouza 62	10—28	12—04	03—10	04—07	05—01	12—08	02—25	03—19	04—15	05—11
德油早 1 号 Deyouza 1	10—27	11—25	02—24	03—31	04—29	12—09	02—21	03—12	04—08	05—05
中油杂 2 号 Zhongyouza 2	10—28	11—30	03—10	04—07	04—29	12—09	02—27	03—20	04—15	05—09
中双 11 号 Zhongshuang 11	10—27	12—08	03—09	04—09	05—06	12—09	02—26	03—17	04—15	05—12
青杂 7 号 Qingza 7	10—26	11—05	11—26	04—02	04—18	12—09	02—14	03—01	04—09	05—03

表 3 供试品种(系)越冬期绿叶数

Table 3 Green leaf number of the tested cultivars in the wintering period

播种时间 Sowing date	调查时间 Survey time	28- 2010	中油 116 Zhongyou 116	华双 5 号 Huashuang 5	中油杂 7819 Zhongyouza 7819	华油杂 13 号 Huayouza 13	华油杂 62 Huayouza 62	德油早 1 号 Deyouza 1	中油杂 2 号 Zhongyouza 2	中双 11 号 Zhongshuang 11	青杂 7 号 Qingza 7
10 月 1 日 Oct. 1	1 月 9 日 Jan. 9	10. 4	11. 0	10. 2	9. 4	8. 8	8. 8	9. 4	7. 2	11. 0	6. 6
	1 月 25 日 Jan. 25	10. 0	9. 4	8. 8	8. 4	7. 2	7. 8	8. 4	5. 6	9. 0	2. 6
10 月 29 日 Oct. 29	1 月 13 日 Jan. 13	6. 4	7. 4	6. 2	6. 6	6. 6	7. 0	7. 6	6. 6	8. 4	7. 0
	1 月 23 日 Jan. 23	5. 8	6. 6	5. 3	5. 8	5. 8	6. 5	6. 4	6. 0	7. 1	6. 1

表 4 早播条件下供试品种(系)越冬期株高

Table 4 Plant height of the tested cultivars in the wintering period sowing on Oct. 1, 2010

cm

调查时间 Survey time	处理 Treatments	28- 2010	中油 16 Zhongyou 116	华双 5 号 Huashuang 5	中油杂 7819 Zhongyouza 7819	华油杂 13 号 Huayouza 13	华油杂 62 Huayouza 62	德油早 1 号 Deyouza 1	中油杂 2 号 Zhongyouza 2	中双 11 号 Zhongshuang 11	青杂 7 号 Qingza 7
1 月 9 日 Jan. 9	对照 Control	44. 0	45. 5	18. 8	29. 8	30. 6	18. 6	26. 4	24. 2	18. 6	153. 8
	烯效唑处理 Spraying uniconazole	22. 6	44. 0	15. 2	23. 0	28. 7	11. 8	21. 2	13. 8	17. 0	142. 8
1 月 25 日 Jan. 25	对照 Control	48. 0	49. 0	22. 8	32. 4	33. 4	21. 0	29. 8	25. 2	22. 8	154. 0
	烯效唑处理 Spraying uniconazole	25. 6	48. 0	16. 8	24. 4	31. 7	13. 2	23. 4	15. 8	19. 3	143. 6

由于低温的影响,不同品种在 1 月份生长缓慢,但进入抽薹期的早播油菜,薹(株)高仍缓慢增长。在没有喷施烯效唑的情况下,各品种(系)在 1 月 9 日至 1 月 25 日期间,株高平均增加 2.8 cm,在喷施烯效唑的情况下,各品种(系)株高平均增加 2.2 cm。即在喷施烯效唑的条件下,2 次调查各品种(系)株高平均降低 7.0~7.7 cm,降低幅度达到 17.0%~17.5%。其中影响最大的是 28-2010,2 次调查结果显示烯效唑处理比对照株高分别降低了 21.4、22.4 cm,降低幅度为 46.7%~48.6%。28-2010 为早熟品种,生育习性与中油 116 相当,在烯效唑的作用之下,明显延缓了早薹趋势,说明烯效唑对不同品种的影响程度存在较大差异。

### 2.3 不同栽培措施对油菜冻害指数的影响

从表 5 可以看出,10 月 1 日播种的油菜,由于不同品种(系)均进入抽薹阶段,特早熟品种青杂 7 号甚至已进入开花期,田间冻害发生较严重,10 个品种(系)抗寒性表现差异较大。冻害指数为 25.0~82.5,平均冻害指数为 42.0。植株冻害主要在 2~3 级。根据冻害指数可以看出:28-2010、中油 116 抗寒性较强;华双 5 号、中油杂 7819、华油杂 13、华杂 62、德油早 1 号抗寒性中等;中双 11 号、中油杂 2 号抗寒性较差。由于青杂 7 号已进入花期,抗寒性最差,冻害指数达到了 82.5,田间倒伏折断,焦枯严重,多数主茎缺失。在 10 月 29 日晚播条件下,不同品种(系)均处于苗期,抗寒性普遍好于早播条件,冻害指数范围在 24.2~29.2,平均为 27.2。植株冻害程度主要为 1 级,各品种(系)之间差异不大。相对于早播油菜,冻害指数降低 14.8。特早熟品种青杂 7 号在晚播条件下仍处于苗期,冻害指数为 26.7,与中油 116、华油杂 62 等品种相当,说明只要播期适宜、不早薹,该品种的抗寒性不差。

表 5 还显示:在 10 月 1 日早播条件下,幼苗 5 叶期喷施烯效唑后,抗寒性普遍提高,不同品种(系)冻害指数平均 37.2,比未喷施的降低 4.8。其中以青杂 7 号、华杂 62、中油杂 2 号降低幅度较大,达到 15%~24.2%。

田间冻害调查结果表明(表 6),在磷钾肥随氮肥施用量增加的基础上,在 180~360 kg/hm<sup>2</sup> 范围内增施氮肥对冻害指数影响不明显,华油杂 9 号为 25.0~27.5,华油杂 62 为 20.0~22.5。增施有机肥(菜饼)则有降冻害指数的趋势。以华杂 62 降低

幅度较大,增施菜饼 1 500~3 000 kg/hm<sup>2</sup> 使冻害指数降低了 7.0~9.5,降低幅度为 35.0%~47.5%。

表 5 不同播种期及喷施烯效唑对油菜冻害指数的影响

Table 5 Effect of different sowing date and spraying uniconazole on freeze injury index			
品种(系) Variety(Line)	冻害指数 Freeze injury index		
	10 月 1 日播种 Sowing on Oct. 1	10 月 29 日	
	未喷施烯效唑 None spraying uniconazole	喷施烯效唑 Spraying uniconazole	播种 Sowing on Oct. 29
28-2010	25.0	23.3	24.2
中油 116 Zhongyou 116	27.5	27.5	26.7
华双 5 号 Huashuang 5	35.0	33.3	28.3
中油杂 7819 Zhongyouza 7819	35.0	33.3	28.3
华油杂 13 号 Huayouza 13	37.5	35.0	27.5
华油杂 62 Huayouza 62	37.5	30.0	26.7
德油早 1 号 Deyouzao 1	40.0	37.5	29.2
中油杂 2 号 Zhongyouza 2	50.0	42.5	26.7
中双 11 号 Zhongshuang 11	50.0	47.5	27.5
青杂 7 号 Qingza 7	82.5	62.5	26.7
平均 Average	42.0	37.2	27.2

表 6 油菜不同施肥方式田间冻害情况比较

Table 6 Freeze injury index of different variety with different fertilization method		
品种 Variety	处理 Treatment	冻害指数 Freeze injury index
华油杂 9 号 Huayouza 9	A	27.5
	B	25.0
	C	25.0
	D	25.0
	E	22.5
华油杂 62 Huayouza 62	A	22.5
	B	20.0
	C	22.0
	D	13.0
	E	10.5

## 3 讨 论

研究表明:武汉地区 10 月 1 日早播条件下进入抽薹开花期的 10 个品种(系)冻害严重,且抗寒性差异明显,冻害指数范围为 25.0~82.5,以 28-2010、中油 116 抗寒性最好。10 月 29 日晚播条件下,不

同品种(系)抗寒性普遍较好,冻害指数差别不大,平均为 27.2。在早播条件下,幼苗 5 叶期喷施 20 mg/L 烯效唑后,抗寒性普遍提高,不同品种冻害指数平均为 37.2,比未喷施的平均冻害指数降低 4.8。越冬期持续  $-4\sim -4\text{ }^{\circ}\text{C}$  低温,使早播油菜绿叶数不同品种平均减少 1.6 片,不同抗寒性的品种(系)绿叶数减少 0.4~4.0 片。喷施烯效唑可减少低温对绿叶数的影响,使早薹早花油菜株高平均降低 7.0~7.7 cm。在磷钾肥随氮肥施用量增加的基础上,不同施氮量油菜抗寒性相当。增施有机肥(菜饼)有提高油菜抗寒性的作用,但不同品种有差异,施有机肥使华油杂 62 冻害指数比对照降低 35.0%~47.5%。

本试验设置 2 个播种期(10 月 1 日和 10 月 29 日)中,各品种在早播(10 月 1 日)条件下生育进程差别很大。在晚播 28 d 条件下均处于苗期,低温下冻害较轻,冻害指数比早播平均降低 14.8,且各品种之间差异不大。特别是特早熟品种青杂 7 号,在早播条件下 11 月下旬即开始开花,低温发生期间正处于盛花期,植株倒伏折断面积大,并造成部分植株因损伤太大而枯萎死亡,冻害指数高达 82.5;但在晚播条件下与其他品种一样,低温发生时植株处于苗期,冻害指数仅为 26.7,表明适时晚播可避免早薹早花,降低低温对油菜的影响与危害。但是晚播又不利于油菜冬前个体发育,因此应适当增加种植密度,调整施肥技术,通过合理有效的栽培措施建立适宜的群体,以保证获得较高产量。

比较 2 个播种期在低温下的冻害情况,可以看出不同品种抗寒性排序并不完全一致,除了青杂 7 号抗寒性晚播处理明显大幅度提高之外,华杂 62、中油杂 2 号等品种排序提前,华双 5 号、中油杂 7819、德油早 1 号等排序后移;而 28-2010、中油 116 的冻害指数在 2 个播期间则相差不大。这些结果表明,不同播期使油菜处于不同的生长阶段,而不同品种在不同生育期所表现的抗寒性是有差异的,不一定在苗期抗寒性强的品种,在抽薹开花期也表现很抗寒,反之亦然。因此在对品种的抗寒性进行鉴定时,需要针对不同生育期予以观察与比较。同时,不同品种对不同农艺措施的反应也不同,如早播处理中喷施烯效唑对华油杂 62 冻害指数降低幅度最大,而对中油 116 却没有影响。施用有机肥对提高华油杂 62 的抗寒性作用较大,在增施 3 000 kg/hm<sup>2</sup> 饼肥后能够使冻害指数降低达 9.5;而同一措施对华

油杂 9 号则相对较小。因此,不能简单对某一品种抗寒性、或某一栽培技术的作用下结论。需要通过更加系统的试验设计、更加准确的低温条件控制、更加深入全面的抗寒性鉴定来开展相关研究工作。

## 参 考 文 献

- [1] 孙万仓,武军艳,曾军,等. 八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,2007(S1):151-155.
- [2] 李丹,刘凤兰,伍晓明,等. 2001—2009 年国家冬油菜区域试验参试材料分析[J]. 中国油料作物学报,2011,33(1):33-38.
- [3] RAPACZ M. The effects of day and night temperatures during early growth of winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera*, cv. *gorczanski*) seedlings on their morphology and cold acclimation responses[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 1998,20:67-72.
- [4] GREEN B R, SINGH S, BABIC I, et al. Relationship of chlorophyll, seed moisture and ABA levels in the maturing *Brassica napus* seed and effect of a mild freezing stress[J]. Physiol Plant, 1998, 104:125-133.
- [5] 李世成,牛俊义,盖玥,等. 零上低温处理对不同甘蓝型油菜品种抗寒性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2007(6):40-44.
- [6] RAPACZ M. Frost resistance and cold acclimation abilities of spring-type oilseed rape[J]. Plant Science, 1999, 147:55-64.
- [7] GUSTA L V, WISNIEWSKI M, NESBITT N T, et al. The effect of water, sugars, and proteins on the pattern of ice nucleation and propagation in acclimated and nonacclimated Canola leaves[J]. Plant Physiology, 2004, 135(3):1642-1653.
- [8] 肖庆生,夏志涛,周灿金,等. 氮磷钾肥对迟直播油菜产量和品质的影响[J]. 中国油料作物学报,2010,32(2):263-269.
- [9] 张树杰,张春雷,李玲,等. 氮素形态对冬油菜幼苗生长的影响[J]. 中国油料作物学报,2011,33(6):567-573.
- [10] 徐华丽,鲁剑巍,李小坤,等. 湖北省油菜施肥现状调查[J]. 中国油料作物学报,2010,32(3):418-423.
- [11] 孙万仓,牛俊义,滕文惠,等. 覆盖处理对旱寒区冬油菜越冬率和产量的影响[J]. 中国油料作物学报,2006,28(3):315-318.
- [12] 李俊,张春雷,马霓,栽培措施对冬油菜抗冻性和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2010(1):95-97.
- [13] MORRISON M J, ANDREWS C J. Variable increases in cold hardiness induced in winter rape by plant growth regulators[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1992, 11:113-117.
- [14] 马霓,刘丹,张春雷,等. 植物生长调节剂对油菜生长及冻害后光合作用和产量的调控效应[J]. 作物学报,2009,35(7):1336-1343.
- [15] 严远鑫,刘友良. 油菜抗冻性的季节变化和用多效唑处理的效应[J]. 南京农业大学学报,1990,13(4):25-29.
- [16] 杨建新,胡义文,杨大旗,等. 烯效唑(S-3307)对油菜幼苗抗寒性的生理效应[J]. 西南农业大学学报,1994,16(3):256-258.

[17] 周伟军,楼健,宋荣军,等. 烯效唑对油菜的壮秧效应及增产作用探讨[J]. 浙江农业大学学报,1996,22(6):609-613.

[18] 刘后利. 油菜的遗传育种[M]. 上海:上海科学技术出版社,1985.

Effect of different cultivation measures on cold resistance of *Brassica napus* L.

XU Zheng-hua   ZHANG Xiao-hong   CHEN Xiu-bin   ZHENG Hong-yu   HU Li-yong

*Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in the Middle Reaches of the Yangtze River/College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*

**Abstract** Eleven rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties were analysed for their cold resistance with respect to different cultivation measures, such as sowing time, spraying uniconazole during seedling growth, fertilizer types and fertilizer volume. The results showed a significant difference in the cold resistance among ten varieties under the condition of early sowing (October 1st) because of the bolting and flowering periods at a low temperature of  $-4-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  in overwintering period, and the freeze injury index ranged between 25.0 and 82.5. Of note, the variety of zhongyou116 and 28-2010 exhibited the highest cold resistance among different varieties. However, no significant difference was observed among late sowing varieties, and all varieties exhibited less frost damage, the freeze injury index ranged between 24.2 and 29.2. Moreover, by spraying uniconazole during seedling growth, there was a general increase in the cold resistance among different varieties. The average freeze injury index of different varieties was reduced by 4.76. Under assortative applying with different quantities of N, P and K, no significant difference was observed among different varieties, but the use of an organic fertilizer was found to increase the cold resistance. According to above observations, the author proposed a comprehensive report of the cultivation measures of rapeseed with respect to cold resistance.

**Key words** *Brassica napus* L.; cultivation; cold resistance; sowing time; uniconazole; fertilizer applying

(责任编辑: 张志钰)