

蔊菜幼苗抗菌核病及抗旱和耐湿特性的鉴定

涂玉琴, 戴兴临^①, 涂伟凤, 汤 洁

(江西省农业科学院作物研究所, 江西 南昌 330200)

摘要: 以3个甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.) 品种‘中油821’(‘Zhongyou No. 821’)、‘中双9号’(‘Zhongshuang No. 9’)及‘中油杂2号’(‘Zhongyouza No. 2’)为对照, 采用离体叶片菌丝块接种法、人工模拟干旱和湿害胁迫处理法对蔊菜 (*Rorippa indica* (L.) Hiern) 的抗菌核病 [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary]、抗旱和耐湿特性进行了鉴定。结果表明: 菌核病菌接种后, 蔊菜幼苗叶片的病斑直径为 1.75 cm, 极显著小于3个甘蓝型油菜品种的病斑直径 (3.25~3.60 cm)。经干旱胁迫后, 3个油菜品种的幼苗严重萎蔫, 茎粗、根长以及地上部分、根和全株的鲜质量和干质量均极显著低于对照; 蔊菜幼苗轻度萎蔫, 仅茎粗和根鲜质量分别极显著和显著低于对照, 其他生长指标与对照差异不显著; 蔊菜幼苗各生长指标的伤害指数均显著或极显著低于3个油菜品种。经湿害胁迫后, 蔊菜和3个油菜品种幼苗的总叶片数和绿叶数较对照明显减少、黄叶数增加, 但蔊菜幼苗的黄叶数显著少于3个油菜品种; 3个油菜品种幼苗的茎粗、根长以及地上部分、根和全株的鲜质量和干质量总体上显著或极显著低于对照, 而蔊菜幼苗仅茎粗、根长和根干质量显著低于对照, 其他生长指标与对照差异不显著; 蔊菜幼苗的茎粗, 根长, 地上部分、根和全株的鲜质量以及根和全株的干质量的伤害指数均显著或极显著低于3个油菜品种。研究结果显示: 蔊菜对菌核病的抗性、抗旱和耐湿性均强于供试的3个甘蓝型油菜品种, 是十字花科 (Brassicaceae) 中对菌核病抗性强、抗旱耐湿的优质基因源。

关键词: 蔊菜; 抗菌核病; 抗旱; 耐湿

中图分类号: Q949.748.3; S332.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2011)03-0009-07

Identification of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* and drought resistance, waterlogging tolerance of *Rorippa indica* seedling TU Yu-qin, DAI Xing-lin^①, TU Wei-feng, TANG Jie (Crops Research Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2011, 20(3): 9-15

Abstract: Taking three cultivars of *Brassica napus* L. of ‘Zhongyou No. 821’, ‘Zhongshuang No. 9’ and ‘Zhongyouza No. 2’ as the control, characteristics of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, drought resistance and waterlogging tolerance of *Rorippa indica* (L.) Hiern were identified by methods of mycelial inoculation on leaf *in vitro* and of simulating drought and waterlogging stresses. The results show that lesion spot diameter on leaf *in vitro* of *R. indica* seedling is 1.75 cm after mycelial inoculation with *S. sclerotiorum*, which is obviously significantly smaller than those on leaf *in vitro* of three cultivars of *B. napus* (3.25-3.60 cm). After drought stress, seedlings of three cultivars of *B. napus* wilt severely, their stem diameter, root length, fresh and dry weights of above-ground part, root and whole plant decrease obviously significantly compared with those of the control. While seedling of *R. indica* wilts slightly, only its stem diameter and root fresh weight are obviously significantly and significantly lower than those of the control and other growth indexes have not significant differences with those of the control. Also damage indexes of growth indexes of *R. indica* seedling all are significantly or obviously significantly lower than those of seedlings of three cultivars of *B. napus*. After waterlogging stress, total number of leaf and green leaf number of seedlings of *R. indica* and three cultivars of *B.*

收稿日期: 2010-12-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31060195); 江西省自然科学基金资助项目(2009GZN0060; 2010GQN0104); 江西省农业科学院博士启动项目; 江西省农业科学院科技创新基金项目

作者简介: 涂玉琴(1981—), 女, 江西高安人, 博士, 助理研究员, 主要从事油菜种质创新与遗传育种研究。

^①通信作者 E-mail: dxlgny@163.com

napus decrease obviously and yellow leaf number increases compared with the control, but yellow leaf number of *R. indica* seedling is significantly less than that of three cultivars of *B. napus*. Stem diameter, root length, fresh and dry weights of above-ground part, root and whole plant of three cultivars of *B. napus* mostly decrease significantly or obviously significantly compared with those of the control. But stem diameter, root length and root dry weight of *R. indica* seedling decrease significantly compared with those of the control, and other growth indexes have not significant differences with those of the control. All of damage index of stem diameter, root length, fresh weights of above-ground part, root and whole plant, dry weights of root and whole plant of *R. indica* seedling are significantly or obviously significantly lower than those of three cultivars of *B. napus*. It is suggested that resistances of *R. indica* to *S. sclerotiorum* and to drought and waterlogging all are stronger than those of three cultivars of *B. napus*, and *R. indica* is an excellent gene pool of strong resistance to *S. sclerotiorum*, drought resistance and waterlogging tolerance in Brassicaceae.

Key words: *Rorippa indica* (L.) Hiern; resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary; drought resistance; waterlogging tolerance

随育种工作的不断深入及生态环境的持续破坏,加之长期的定向选择,现有作物栽培品种间和种内可利用的基因资源十分有限,基因等位性变异越来越少,遗传脆弱性不断增加,以致作物现有品种的抗性较差、产量较低。因而,寻找新的优异基因资源对于改良作物的品质和抗耐性、提高育种效率以及培育有突破性的新品种具有十分重要的意义。

在油菜 (*Brassica napus* L.) 和许多蔬菜所属的十字花科 (Brassicaceae) 植物中遗传资源非常丰富,有很多可供相关作物遗传改良的有利性状,如抗病虫、耐盐碱、抗旱、耐湿和高含油量等,是一个宝贵的基因库,有巨大挖掘潜力,对油菜等十字花科作物的遗传改良和种质创新具有重要意义。蔊菜 [*Rorippa indica* (L.) Hiern] 为十字花科蔊菜属 (*Rorippa* Scop.) 的一、二年生草本植物,具有抗耐性好和每角结实率高(每角籽粒数平均达 70 余粒,显著高于普通油菜品种)等优良性状^[1-2],是非常有利用价值的基因资源。许多研究者通过远缘杂交和原生质体融合等方式将蔊菜的优良性状导入油菜中,创建新的种质资源,以期为油菜品种的遗传改良提供中间材料^[2-4]。但是,迄今尚未见蔊菜相关抗耐性鉴定的研究报道。

作者以长江中下游区域种植面积较大的 3 个甘蓝型油菜品种‘中油 821’(‘Zhongyou No. 821’)、‘中双 9 号’(‘Zhongshuang No. 9’)及‘中油杂 2 号’(‘Zhongyouza No. 2’)为对照,采用离体叶片菌丝块接种法和人工模拟干旱、湿害胁迫处理法对蔊菜的抗耐性进行鉴定,对其抗旱、耐湿和抗菌核病等特性进行评价,为蔊菜相关抗耐性基因的研究和利用提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

供试蔊菜采自江西省农业科学院作物研究所试验地(南昌莲塘);甘蓝型油菜品种‘中油 821’、‘中双 9 号’及‘中油杂 2 号’由中国农科院油料作物研究所提供。其中,‘中油 821’具抗菌核病^[5-6]特点;‘中双 9 号’具抗菌核病^[7]、耐湿性强^[8-9]、抗旱性强^[10]的特点;‘中油杂 2 号’具抗菌核病^[11]的特点。

1.2 方法

1.2.1 菌核病抗性鉴定 采用离体叶片菌丝块接种法^[12-14]进行菌核病 [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary] 抗性鉴定,实验于 2009 年 12 月在江西省农业科学院油料作物重点实验室进行。将取自大田植株上的菌核病菌核用体积分数 75% 乙醇处理 1 min,无菌水冲洗 1~2 次,然后用质量体积分数 0.1% HgCl₂ 溶液处理 10 min,再用无菌水冲洗 3~4 次后,接种在 PDA 培养基上,置于 20 ℃ 暗培养 1~2 d;菌核萌发后,取菌落外围菌丝接种于装有 PDA 培养基的培养皿(直径 9 cm)中继代 1 次,待菌丝布满整个培养皿时用直径 4 mm 打孔器打取菌块用于接种。

于苗期随机选择 20 株长势一致的蔊菜幼苗,每株选取中下部新鲜叶片 2 片,共 40 片;3 个甘蓝型油菜品种幼苗每株选取中下部生长较为一致的新鲜叶片 2 片,每个油菜品种各 20 片。将菌丝块长有菌丝的一面贴于展开的叶片表面,蔊菜叶片每片接种 1 个菌丝块,3 个油菜品种的叶片则每片接种 2 个菌丝块;接种后的叶片平展摆放于铺有 3~4 层湿润滤纸

的大塑料盆中,盖上塑料布保湿,置于25℃培养室中暗培养,72 h后测量病斑直径。

1.2.2 抗旱性和耐湿性鉴定 于2009年10月至2010年1月在江西省农业科学院作物研究所试验大棚内采用盆栽法^[15-16]进行抗旱性实验。栽培盆高20 cm、直径25 cm,盆栽土为大田栽培土,碎土后摊开晾晒2 d,并翻动数次,确保土壤含水量一致;播种前拌入适量多菌灵粉末灭菌,每盆分装干土6.0 kg(土壤含水量约7%),并加水700 mL,使盆栽土最终含水量为16.7%。2009年10月中下旬播种,出苗后视土壤墒情定量浇水,每次每盆浇水300 mL,使盆栽土含水量保持在约15%。3叶期定苗,每盆4株。

在7~8片真叶期(2010年1月6日)选取长势较为一致的盆栽苗进行干旱处理(即不浇水处理25 d),以正常浇水(视土壤墒情等量浇水)为对照,干旱处理和对照各设置3次重复,每重复3盆。2010年1月31日处理结束后参照文献^[17]的方法取样统计并测定单株的总叶片数、绿叶数、黄叶数、茎粗、根长以及地上部分、根和全株的鲜质量及干质量等指标。茎粗采用游标卡尺测定植株子叶结部位的直径。用吸水纸擦去植株表面水分后,将地上部分和根分开,分别称取鲜质量,然后于160℃杀青处理1 h并在70℃恒温条件下干燥至恒质量,分别称取干质量。根据对照组及处理组各指标的测定值计算伤害指数(damage index, DI), $DI = [(\text{对照值} - \text{处理值}) / \text{对照值}] \times 100\%$ ^[17-18]。

在6~7片真叶期(2009年12月27日)进行湿

害处理,使盆栽土表保持1~2 cm的浅水层^[17,19-20],处理35 d^[17],以上述正常浇水为对照,重复3次,每重复3盆。2010年1月31日处理结束后取样,测定指标与抗旱性实验一致并计算各指标的伤害指数。

1.3 数据统计处理

采用Excel 2003和SPSS 13.0软件对实验数据进行处理和分析。

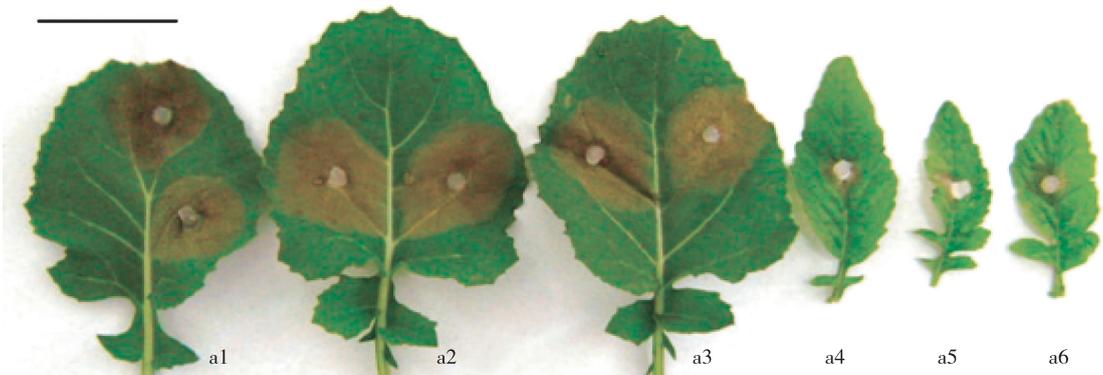
2 结果和分析

2.1 蔊菜离体叶片对菌核病的抗性

甘蓝型油菜品种‘中油821’、‘中双9号’和‘中油杂2号’以及蔊菜离体叶片接种菌核病菌丝后的形态见图1,病斑直径的统计结果见表1。经菌核病侵染的‘中油821’、‘中双9号’、‘中油杂2号’和蔊菜离体叶片的病斑直径分别为3.60、3.36、3.25和1.75 cm。蔊菜离体叶片的病斑直径极显著小于3个油菜品种,为3个油菜品种病斑直径的48.61%~53.85%。此外,作者多年的田间观察结果显示:蔊菜叶片对菌核病的自然感病率为0%。因此,蔊菜对菌核病的抗性显著高于甘蓝型油菜品种,是可深度利用的菌核病抗性基因资源。

2.2 蔊菜幼苗的抗旱性和耐湿性

经干旱和湿害胁迫处理后蔊菜及甘蓝型油菜品种‘中油821’、‘中双9号’和‘中油杂2号’幼苗的各项生长指标的变化见表2。



a1: ‘中油821’叶片 Leaf of ‘Zhongyou No. 821’; a2: ‘中油杂2号’叶片 Leaf of ‘Zhongyouza No. 2’; a3: ‘中双9号’叶片 Leaf of ‘Zhongshuang No. 9’; a4-a6: 不同蔊菜单株的叶片 Leaves from different plants of *R. indica*. 标尺为5 cm Bar scale is 5 cm.

图1 经菌核病侵染后蔊菜和3个甘蓝型油菜品种离体叶片的形态
Fig. 1 Morphology of leaves *in vitro* of *Rorippa indica* (L.) Hiern and three cultivars of *Brassica napus* L. after infected by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

表1 经菌核病侵染后蔊菜和3个甘蓝型油菜品种离体叶片病斑直径的比较($\bar{X} \pm SE$)

Table 1 Comparison of lesion spot diameter in leaves *in vitro* of *Rorippa indica* (L.) Hiern and three cultivars of *Brassica napus* L. after infected by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary ($\bar{X} \pm SE$)

样品 Sample	病斑直径/cm ¹⁾ Diameter of lesion spot ¹⁾
中油 821 Zhongyou No. 821	3.60±0.43
中油杂 2 号 Zhongyouza No. 2	3.25±0.44
中双 9 号 Zhongshuang No. 9	3.36±0.24
蔊菜 <i>R. indica</i>	1.75±0.41 **

¹⁾ **: 蔊菜与3个供试油菜品种间差异极显著($P < 0.01$) The difference between *R. indica* and three cultivars of *B. napus* is highly significant ($P < 0.01$).

2.2.1 蔊菜幼苗的抗旱性 在停止浇水(即干旱胁迫处理)7 d后,3个甘蓝型油菜品种幼苗出现萎蔫状况,而蔊菜植株未发生萎蔫现象。干旱胁迫结束时,3个油菜品种幼苗出现严重萎蔫,总叶片数和绿叶数较对照明显减少、黄叶数增加,总叶片数7.88~10.59片、绿叶数3.46~5.29片,分别为对照的75.92%~86.45%和47.72%~58.78%;黄叶数4.42~5.50片,为对照的1.41~1.63倍。而在干旱胁迫结束时蔊菜幼苗叶片仅出现轻度萎蔫,总叶片数22.13片、绿叶数19.75片,分别为对照的84.02%和79.00%;黄叶数2.38片,为对照的1.79倍。

表2结果显示:经干旱胁迫处理后,3个甘蓝型油菜品种幼苗的茎粗、根长以及地上部分、根和全株的鲜质量和干质量均极显著低于对照($P < 0.01$),其中,干旱胁迫对3个甘蓝型油菜品种幼苗地上部分、根和全株的鲜质量影响较大,伤害指数分别为76.92%~82.47%、71.68%~76.69%和76.19%~81.27%;对茎粗、根长以及地上部分、根和全株的干质量影响较小,伤害指数分别为41.55%~44.49%、24.19%~36.46%、32.13%~43.75%、49.50%~54.03%和36.79%~44.99%。

经干旱胁迫后,蔊菜幼苗的茎粗和根鲜质量分别极显著和显著低于对照,伤害指数分别为17.90%和25.13%,均极显著小于3个甘蓝型油菜品种。蔊菜幼苗的根长、地上部分和全株鲜质量均较对照有不同程度的减少,但与对照间的差异不显著,而这3个指标的伤害指数分别仅为9.33%、26.78%和26.39%,均显著或极显著小于3个甘蓝型油菜品种。蔊菜幼苗根干质量与对照相比没有变化,伤害指数为0%,极显著低于3个甘蓝型油菜品种。蔊菜幼苗地上部分和全株的干质量均较对照有所增加,但差异不显著,

伤害指数分别为-17.14%和-11.36%,推测与蔊菜的抗旱性以及实验的误差有关。

上述分析结果表明:干旱胁迫处理后,蔊菜幼苗各生长指标的伤害指数均显著或极显著低于3个甘蓝型油菜品种,表明蔊菜的抗旱性显著高于3个甘蓝型油菜品种。

2.2.2 蔊菜幼苗的耐湿性 经湿害胁迫后,3个甘蓝型油菜品种幼苗的叶片叶缘先失绿且呈紫红色,然后为黄褐色,且失绿面积逐渐扩大,直至整个叶片失绿而凋零;而蔊菜幼苗在湿害胁迫条件下叶片叶缘变黄色,黄斑面积逐渐扩大,直至整个叶片变黄而凋零。湿害胁迫处理结束时,蔊菜和3个甘蓝型油菜品种幼苗的总叶片数和绿叶数均明显少于对照、黄叶数增加,但蔊菜幼苗的黄叶数显著小于3个甘蓝型油菜品种,3个甘蓝型油菜品种幼苗的黄叶数为4.50~5.25片,蔊菜幼苗的黄叶数为2.50片。

表2结果还显示:经湿害胁迫处理后,3个甘蓝型油菜品种幼苗的茎粗、根长及地上部分、根和全株的鲜质量以及根和全株的干质量均极显著低于对照;‘中油821’幼苗地上部分干质量也低于对照但差异不显著,‘中双9号’和‘中油杂2号’幼苗地上部分的干质量均显著或极显著低于对照。湿害胁迫处理对油菜幼苗根的鲜质量和干质量的伤害较严重,伤害指数分别为56.9%~70.62%和62.90%~74.26%,而对茎粗、根长以及地上部分和全株的鲜质量及干质量的伤害较小,伤害指数分别为32.61%~38.39%、27.02%~49.57%、35.30%~49.21%、40.25%~52.64%、12.60%~27.17%和25.00%~37.31%。

经湿害胁迫处理后,蔊菜幼苗的茎粗、根长和根干质量均显著低于对照,伤害指数分别仅为12.00%、13.17%和20.99%,显著或极显著小于3个甘蓝型油菜品种。蔊菜幼苗地上部分、根和全株的鲜质量以及地上部分和全株的干质量均低于对照但差异不显著,伤害指数分别为25.76%、7.95%、21.66%、27.14%和24.55%;除地上部分干质量外,其他生长指标的伤害指数均显著或极显著低于3个甘蓝型油菜品种。

经湿害胁迫处理后,3个甘蓝型油菜品种和蔊菜幼苗的根系生长受到明显抑制,根长以及根的鲜质量和干质量均有不同程度减少,尤其是3个甘蓝型油菜品种的幼苗根系丧失活力、甚至腐烂(图2);而蔊菜幼苗的根系经湿害胁迫处理后虽然生长受到抑制但未出现大量根系腐烂的现象(图2)。

表2 干旱和湿害胁迫对蔊菜和3个甘蓝型油菜品种幼苗生长指标的影响¹⁾Table 2 Effects of drought and waterlogging stresses on growth indexes of seedlings of *Rorippa indica* (L.) Hiern and three cultivars of *Brassica napus* L.¹⁾

样品 Sample	茎粗 Stem diameter		根长 Root length		地上部分质量 Weight of above-ground part			
					鲜质量 Fresh weight		干质量 Dry weight	
	\bar{X} /mm	DI/%	\bar{X} /cm	DI/%	\bar{X} /g	DI/%	\bar{X} /g	DI/%
对照 CK								
中油 821 Zhongyou No. 821	24.01		13.88		32.49		3.89	
中双 9 号 Zhongshuang No. 9	22.26		14.76		29.15		3.38	
中油杂 2 号 Zhongyouza No. 2	24.25		15.13		29.59		3.68	
蔊菜 <i>R. indica</i>	14.92		18.00		12.81		1.40	
干旱胁迫处理 Drought stress treatment								
中油 821 Zhongyou No. 821	13.36A	44.36	8.82A	36.46	7.50A	76.92	2.64A	32.13
中双 9 号 Zhongshuang No. 9	13.01A	41.55	11.19A	24.19	5.11A	82.47	2.12A	37.28
中油杂 2 号 Zhongyouza No. 2	13.46A	44.49	11.11A	26.57	5.30A	82.09	2.07A	43.75
蔊菜 <i>R. indica</i>	12.25A	17.90B	16.32	9.33b	9.38	26.78B	1.64	-17.14B
湿害胁迫处理 Waterlogging stress treatment								
中油 821 Zhongyou No. 821	15.63A	34.90	10.13A	27.02	21.02A	35.30	3.40	12.60
中双 9 号 Zhongshuang No. 9	15.00A	32.61	9.44A	36.04	17.49A	40.00	2.62a	22.49
中油杂 2 号 Zhongyouza No. 2	14.94A	38.39	7.63A	49.57	15.03A	49.21	2.68A	27.17
蔊菜 <i>R. indica</i>	13.13a	12.00B	15.63a	13.17b	9.51	25.76B	1.02	27.14

样品 Sample	根质量 Weight of root				全株质量 Weight of whole plant			
	鲜质量 Fresh weight		干质量 Dry weight		鲜质量 Fresh weight		干质量 Dry weight	
	\bar{X} /g	DI/%	\bar{X} /g	DI/%	\bar{X} /g	DI/%	\bar{X} /g	DI/%
对照 CK								
中油 821 Zhongyou No. 821	5.82		1.03		38.31		4.92	
中双 9 号 Zhongshuang No. 9	7.68		1.24		36.84		4.62	
中油杂 2 号 Zhongyouza No. 2	5.65		1.01		35.24		4.69	
蔊菜 <i>R. indica</i>	3.90		0.81		16.71		2.20	
干旱胁迫处理 Drought stress treatment								
中油 821 Zhongyou No. 821	1.63A	71.99	0.48A	53.40	9.12A	76.19	3.11A	36.79
中双 9 号 Zhongshuang No. 9	1.79A	76.69	0.57A	54.03	6.90A	81.27	2.69A	41.77
中油杂 2 号 Zhongyouza No. 2	1.60A	71.68	0.51A	49.50	6.90A	80.42	2.58A	44.99
蔊菜 <i>R. indica</i>	2.92a	25.13B	0.81	0.00B	12.30	26.39B	2.45	-11.36B
湿害胁迫处理 Waterlogging stress treatment								
中油 821 Zhongyou No. 821	1.88A	67.70	0.30A	70.87	22.89A	40.25	3.69A	25.00
中双 9 号 Zhongshuang No. 9	3.31A	56.90	0.46A	62.90	20.79A	43.57	3.09A	33.12
中油杂 2 号 Zhongyouza No. 2	1.66A	70.62	0.26A	74.26	16.69A	52.64	2.94A	37.31
蔊菜 <i>R. indica</i>	3.59	7.95B	0.64a	20.99B	13.09	21.66B	1.66	24.55b

¹⁾ DI: 伤害指数 Damage index. A 和 a 分别表示处理与对照间在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 “A” 和 “a” indicate the significant difference between the treatment and the control at 0.01 and 0.05 levels, respectively; B 和 b 分别表示蔊菜与 3 个油菜品种间在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 “B” 和 “b” indicate the significant difference between *R. indica* and three cultivars of *B. napus* at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

上述分析结果表明:与 3 个甘蓝型油菜品种幼苗相比,蔊菜幼苗对湿害胁迫具有一定的耐性。

3 讨 论

油菜菌核病是世界范围内的一种主要病害,居中

国油菜三大病害之首,以长江流域发病最为严重,发病较轻年份可致减产 10%~20%,发病严重年份可致减产 50% 以上^[21]。长期以来,人们在该病害的防控方面做了大量的研究工作,并在药剂防治等方面取得了一定的成效,但仍未能有效改变油菜菌核病危害严重的局面^[22]。实践证明,选育抗菌核病品种是减轻



a1: 对照组‘中油 821’幼苗 Seedling of ‘Zhongyou No. 821’ in the control group; a2-a4: 经湿害胁迫处理的‘中油 821’、‘中油杂 2 号’和‘中双 9 号’幼苗 Seedlings of ‘Zhongyou No. 821’, ‘Zhongyouza No. 2’ and ‘Zhongshuang No. 9’ treated by waterlogging stress; b1, b2: 对照和湿害胁迫处理组的蔊菜幼苗 Seedlings of *R. indica* in the control group and waterlogging stress group. 标尺为 5 cm Bar scale is 5 cm.

图 2 经湿害胁迫处理后蔊菜和 3 个甘蓝型油菜品种的形态比较

Fig. 2 Morphology comparison of *Rorippa indica* (L.) Hiern and three cultivars of *Brassica napus* L. treated by waterlogging stress

其危害的最有效手段^[23],但是,迄今未发现对菌核病具有完全抗性或免疫的油菜种质资源。因此,迫切需要发掘和创造抗(耐)菌核病的种质资源,而从野生近缘种中发掘抗(耐)病基因源并转移和利用其抗性基因是油菜抗菌核病种质创新的重要手段。离体叶片菌丝块接种法是应用较为广泛的菌核病抗性鉴定方法之一^[14,24],已经广泛用于油菜抗病种质筛选、新品种和遗传群体的抗性鉴定等方面^[7,13-14,25]。本研究结果表明:菌核病菌接种后蔊菜幼苗离体叶片病斑直径极显著小于 3 个甘蓝型油菜品种,因此,蔊菜是一种可利用的高抗菌核病的基因源。

干旱和湿害一直是我国油菜生产中影响较大的自然因素。西南、华北等油菜产区在油菜生长前期雨水偏少、冬旱频繁,例如 2010 年西南地区受旱耕地面积达到 7.3×10^{10} hm^2 ,油菜和小麦(*Triticum aestivum* L.)等冬季作物受灾严重;长江流域产区在油菜生长后期雨水偏多,且主要采用“水稻(*Oryza sativa* L.)-油菜”轮作模式,地下水位高、土壤黏重,常发生湿害,加之全年降水量不均匀,容易导致季节性干旱(如秋旱和春旱),严重影响油菜的产量和种植面积^[10,17,26]。因此,发掘和创造抗旱、耐湿种质,改良现有油菜品种的抗旱性及耐湿性,是我国油菜产业发展的迫切需求,已引起研究者的广泛关注^[8-10,15,17,20,27]。

干旱胁迫直接影响植物的生长发育和生理代谢,

可导致植株矮小以及生物量和产量降低^[28-30]。因此,对于旱胁迫后植株鲜质量和干质量等形态学指标进行评价,是鉴定植物抗旱性的主要方法^[28,30]。作者对于旱胁迫后 3 个甘蓝型油菜品种和蔊菜幼苗的茎粗、根长以及地上部分、根和全株的鲜质量和干质量等 8 个生长指标进行了比较,结果显示:干旱胁迫后 3 个甘蓝型油菜品种幼苗的生长指标极显著低于对照,而蔊菜幼苗仅茎粗和根鲜质量分别极显著和显著低于对照,且蔊菜幼苗各指标的伤害指数均显著或极显著小于 3 个甘蓝型油菜品种。由此可见,干旱胁迫对 3 个甘蓝型油菜品种的影响显著大于蔊菜,蔊菜的抗旱性较强,但其抗旱机制尚有待进一步研究。

湿害使油菜根际缺氧,导致能量代谢途径发生变化,从而释放大量的有害物质,引起根系活力下降,叶片凋零死亡,株高、根长及植株鲜质量和干质量等性状显著下降^[17],因此,湿害后植株根系、叶片、鲜质量和干质量等性状已经成为植物耐湿性评价鉴定的重要指标^[17,31-32]。在湿害胁迫后 3 个甘蓝型油菜品种幼苗根系相关指标降低幅度最大,这与前人的研究结果类似^[17,20,32],可见湿害对 3 个甘蓝型油菜品种幼苗根系影响较大;而蔊菜幼苗根干质量、根长和茎粗等生长指标显著下降,但其他指标下降不明显。对蔊菜和 3 个甘蓝型油菜品种幼苗各指标的伤害指数进行比较分析,结果显示:蔊菜幼苗 8 项指标的伤害指数

均低于油菜品种,且其中7项指标的差异达到显著或极显著水平。值得注意的是,在湿害胁迫处理后3个甘蓝型油菜品种幼苗根系丧失活力、且大多腐烂;而蔊菜根系则仅表现为生长受到抑制,未出现大量根系腐烂的情况。因此,蔊菜的耐湿能力显著高于3个甘蓝型油菜品种。蔊菜的根系活力很强,长期浸泡水中也没有大范围腐烂,这是蔊菜耐湿性显著高于普通油菜的重要原因之一,而其耐湿机制则有待进一步的系统研究和阐述。

研究表明:蔊菜是十字花科植物中对菌核病抗性强、抗旱耐湿的优异基因源之一,可为油菜等十字花科作物的抗病性、抗逆性等性状的遗传改良提供新的抗性基因。

致谢: 在实验和数据分析过程中得到了江西省农业科学院作物研究所孙建老师和饶月亮老师的大力帮助,谨此致谢!

参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第三十三卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 300-304.

[2] 戴兴临, 程春明, 宋来强, 等. 油菜×蔊菜远缘杂交创新油菜种质资源研究[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(2): 242-244.

[3] 戴兴临, 程春明, 潘斌, 等. 油菜与蔊菜远缘杂交亲和性研究初报[J]. 江西农业学报, 2001, 13(1): 60-61.

[4] 姜淑慧, 管荣展, 唐三元, 等. 甘蓝型油菜与蔊菜的原生质体融合与植株再生[J]. 遗传, 2007, 29(6): 745-750.

[5] 贺源辉, 杨瑞芳, 罗时清. 多抗性高产油菜新品系821的选育及其性状结构的研究[J]. 中国油料, 1987, 9(2): 11-15.

[6] 贺源辉, 陈秀芳. 多抗(耐)性油菜新品种中油821的推广应用和前景[J]. 中国油料, 1989, 11(3): 1-5.

[7] 王汉中, 刘贵华, 郑元本, 等. 抗菌核病双低油菜新品种中双9号选育及其重要防御酶活性变化规律的研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(1): 23-28.

[8] 丛野, 程勇, 邹崇顺, 等. 甘蓝型油菜发芽种子耐湿性的主基因+多基因遗传分析[J]. 作物学报, 2009, 35(8): 1462-1467.

[9] 张学昆, 范其新, 陈洁, 等. 不同耐湿基因型甘蓝型油菜苗期对缺氧胁迫的生理差异响应[J]. 中国农业科学, 2007, 40(3): 485-491.

[10] 杨春杰, 程勇, 邹崇顺, 等. 模拟干旱胁迫下不同甘蓝型油菜品种发芽能力的配合力与遗传效应分析[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1744-1749.

[11] 李云昌, 李英德, 徐育松, 等. 高产双低杂交油菜新品种中油杂2号的选育[J]. 中国油料作物学报, 2002, 24(2): 73-75.

[12] Cruickshank R H. Distinction between *Sclerotinia* species by their pectic zymograms [J]. Transactions of the British Mycological Society, 1983, 80(1): 117-119.

[13] 李爱民, 张永泰, 蒋金金, 等. 白芥和甘蓝型油菜属间杂种后代菌核病抗性鉴定[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(2): 249-252.

[14] 冉毅, 文成敬, 牛应泽. 油菜菌核病抗性鉴定方法的比较及抗源的筛选[J]. 植物保护学报, 2007, 34(6): 601-606.

[15] 耿站军, 钟颖, 杨瑞吉. 水分胁迫对不同基因型油菜的生态适应性影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 159-162.

[16] 何玮, 范彦, 徐远东, 等. 红三叶苗期抗旱性指标筛选及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(4): 572-577.

[17] 宋丰萍, 胡立勇, 周广生, 等. 渍水时间对油菜生长及产量的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(1): 170-176.

[18] 黎裕, 王天宇, 刘成, 等. 玉米抗旱品种的筛选指标研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 210-215.

[19] 孙建, 张秀荣, 张艳欣, 等. 湿害处理对不同生育时期芝麻叶片保护酶活性和种子产量的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(6): 790-795.

[20] 李真, 蒲圆圆, 高长斌, 等. 甘蓝型油菜DH群体苗期耐湿性的评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(2): 286-292.

[21] 官春云, 李方球, 李梅, 等. 双低油菜湘油15 (*B. napus*) 对菌核病抗性的研究[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 715-718.

[22] 张志元, 官春云. 油菜对菌核病抗(耐)病性鉴定与抗病育种研究进展[J]. 湖北农业科学, 2003, 42(3): 38-43.

[23] Liu S, Wang H, Zhang J, et al. *In vitro* mutation and selection of doubled-haploid *Brassica napus* lines with improved resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* [J]. Plant Cell Reports, 2005, 24(3): 133-144.

[24] 吴纯仁, 刘后利. 油菜菌核病抗(耐)病性筛选方法的研究[J]. 植物保护学报, 1991, 18(4): 323-327.

[25] 刘春林, 官春云, 李梅, 等. 油菜分子标记图谱构建及抗菌核病性状的QTL定位[J]. 遗传学报, 2000, 27(10): 918-924.

[26] 杨春杰, 张学昆, 邹崇顺, 等. PEG-6000模拟干旱胁迫对不同甘蓝型油菜品种萌发和幼苗生长的影响[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(4): 425-430.

[27] 唐道城, 张礼, 王艳萍, 等. 白芥及油菜产量性状抗旱性及抗旱性鉴定指标研究初探[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(3): 62-66.

[28] 孙彩霞, 沈秀瑛. 作物抗旱性鉴定指标及数量分析方法的研究进展[J]. 中国农学通报, 2002, 18(1): 49-51.

[29] 杨帆, 苗灵凤, 胥晓, 等. 植物对干旱胁迫的响应研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13(4): 586-591.

[30] 王艳慧, 高洪文, 王赞, 等. 胶质苜蓿种质资源苗期抗旱性综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 443-447.

[31] 李真, 梅淑芳, 刘向蕾, 等. 作物耐湿涝性研究进展[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(11): 2866-2868.

[32] 宋丰萍, 胡立勇, 周广生, 等. 地下水水位对油菜生长及产量的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(8): 1508-1515.