

白菜型、芥菜型和甘蓝型油菜 对低氮低磷胁迫反应的差异

田飞^{1,2} 徐芳森^{1,2} 石桃雄^{1,2} 赵尊康^{1,2}
石磊^{1,2} 蔡红梅¹ 马朝芝² 孟金陵²

1. 华中农业大学农业部亚热带农业资源与环境重点开放实验室, 武汉 430070
2. 华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室, 武汉 430070

摘要 以收集的94份白菜型油菜(*Brassica rapa*)、芥菜型油菜(*Brassica juncea*)、甘蓝型油菜(*Brassica napus*)为材料,利用大田小区试验,设正常施肥(CK)、低氮(LN)、低磷(LP)3种处理,在成熟期考察籽粒产量、株高、一次分枝数、每角果粒数、千粒重和角果数以及低氮或低磷与正常施肥间的籽粒产量比值(氮、磷效率),研究评价不同油菜材料对低氮、低磷胁迫反应的差异和产量潜力。结果表明:甘蓝型油菜在3种处理条件下都具有最高的平均籽粒产量,生产潜力大;白菜型的氮、磷效率最高,可能携带更多氮、磷高效相关的基因;芥菜型油菜的氮、磷效率虽不及白菜型油菜,但高于甘蓝型油菜,同时还具有黄籽和角果数多、抗虫抗病性强等优良性状,二者均可作为甘蓝型油菜的遗传改良提供优良基因来源。在不同施肥条件下,不同类型油菜的性状都有较大的变异,并且与其籽粒产量有不同程度的相关性,说明不同油菜种类的相关性状具有较大的遗传变异资源,且同一类油菜不同基因型或品种间也存在较大的遗传变异。

关键词 白菜型油菜; 芥菜型油菜; 甘蓝型油菜; 氮效率; 磷效率

中图分类号 S 565.402 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)06-0725-06

油菜是十字花科芸薹属作物,根据其遗传类型,可以分为白菜型油菜(*Brassica rapa*, AA)、芥菜型油菜(*Brassica juncea*, AABB)和甘蓝型油菜(*Brassica napus*, AACC)^[1-3]。白菜型油菜、芥菜型油菜和甘蓝型油菜的遗传基础不同,长期以来的生长环境也有很大差异,导致它们具有非常丰富的遗传变异资源,为氮、磷高效种质的筛选及其育种提供了遗传资源^[4-5]。甘蓝型油菜具有高产、适应性强等特点,是3种类型油菜中种植面积最大且总产最高的一类。我国的甘蓝型油菜的种植面积已占全国油菜总种植面积的80%左右^[6],但是由于甘蓝型油菜起源时间相对较短,遗传基础相对狭窄^[7-8]。白菜型油菜和芥菜型油菜在我国已有几千年的栽培历史,野生资源和人工驯化资源远多于甘蓝型油菜,其遗传多样性更为丰富^[8-9]。白菜型油菜具有耐瘠薄、耐干旱、抗寒性强、生育期短等优点,但产量低、芥酸含

量高、抗病性弱^[10-11];芥菜型油菜具有耐干旱、耐高温、耐瘠薄、黄籽、抗裂荚、抗病虫等优点^[12-15]。3种类型油菜均有自身独特的优良性状,若将白菜型和芥菜型的优良基因用于改良甘蓝型油菜,可得到更为优良的甘蓝型油菜新品种。

氮、磷是作物生长必需的营养元素,缺氮、缺磷是目前影响作物产量的主要因素,因此,施用氮、磷肥是农业生长中最主要的栽培措施^[16-18]。目前,有关这3种类型油菜氮、磷效率评价的报道较少,科学地评价3种类型油菜的氮、磷效率特性,能够为今后更为广泛的油菜氮、磷高效品种的育种提供参考,对农业生产和科学研究都有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料中白菜型油菜18份,编号1~18;芥

收稿日期: 2011-12-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(30830073)和农业部行业计划项目(201003016)

田飞, 硕士研究生, 研究方向: 植物营养遗传。E-mail: tianfei@webmail.hzau.edu.cn

通讯作者: 蔡红梅, 博士, 讲师。研究方向: 植物营养分子生物学。E-mail: caihongmei@mail.hzau.edu.cn

菜型油菜 26 份,编号 19~44;甘蓝型油菜 50 份,编号 45~94。文中所有图表中,白菜型、芥菜型、甘蓝型油菜的样本数分别为 18、26、50。

1.2 试验设计

试验于 2009—2010 年在湖北省蕲春县向桥镇杨畈村试验田进行。供试土壤为花岗岩片麻岩母质发育而来的水稻土,质地偏砂,养分含量偏低,适于进行氮、磷营养胁迫试验,其基本理化性状如下:有机质 2.91 g/kg,全氮 1.62 g/kg,全磷 0.54 g/kg,全钾 1.44 g/kg,碱解氮 89.73 mg/kg,速效磷 2.74 mg/kg,速效钾 27.63 mg/kg,pH 5.1(水土质量比 2:1)。

试验设置 3 个处理:对照(正常施肥)处理(CK)、低氮(LN)处理和低磷(LP)处理。CK 处理肥料施用量为:N 150 kg/hm²、P₂O₅ 90 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²,相应肥料为尿素、过磷酸钙、氯化钾,此外,施用硼砂 15 kg/hm²。LN 处理中的 N 为 75 kg/hm²,LP 处理中的 P₂O₅ 为 9 kg/hm²,其余与 CK 处理相同。3 种处理的 N 均按基肥:苗肥:薹肥 = 3:1:1 配比施用,其他肥料全作基肥。试验小区面积为 1.20 m×0.72 m,每小区种 3 行,每行 6 株,共 18 株,各处理均重复 3 次。试验材料于 2009 年 9 月 22 日播种育苗,10 月下旬移栽,各材料完全随机排列,2010 年 4 月下旬调查农艺性状,5 月上旬收获并考种。

1.3 指标及测定方法

株高(PH),钢卷尺直接测量,每种材料测量 6 个长势中等的单株,求平均值。一次分枝数(PBN),每种材料记录 6 个长势中等的单株,求平均值。每角果粒数(SNPP),每种材料随机摘取 100 个角果,脱粒后准确数出总籽粒数,所得数据除以 100 即得每角果粒数。千粒重(TSW),准确数出 500 粒籽粒,用百分之一天平称量,所得结果乘以 2 即为千粒重。

籽粒产量(SY),成熟期将油菜按株系收获,记录株数,并装入网袋,脱粒,然后晒干至恒质量,用百分之一天平称质量,总产量除以株数。角果数(PN),由平均单株产量、千粒重和每角果粒数计算,角果数=1 000×平均单株产量/(千粒重×每角果粒数)。氮、磷效率系数用各材料低氮或低磷处理与正常处理的相对籽粒产量表示,氮效率系数=LN 籽粒产量/CK 籽粒产量;磷效率系数=LP 籽粒产

量/CK 籽粒产量。

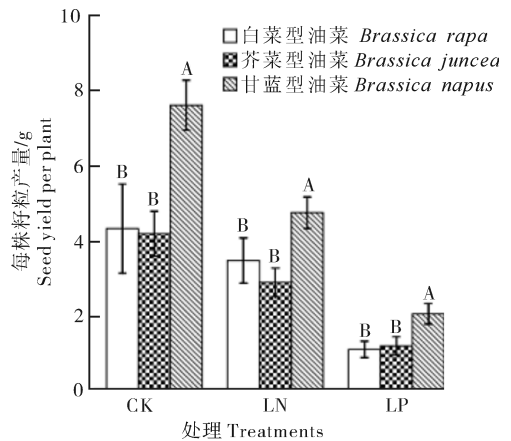
1.4 数据分析

试验数据由 Excel 处理,并用 SPSS 13.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对 3 种类型油菜籽粒产量的影响

籽粒是油菜最有价值的部分,因此籽粒产量也是衡量油菜氮、磷效率最关键的指标。结果表明,在 CK、LN、LP 3 种处理下,甘蓝型油菜籽粒产量平均值最高,分别为 7.54、4.69、2.00 g/株;白菜型和芥菜型油菜籽粒产量显著低于甘蓝型油菜($P<0.01$),其中白菜型分别为 4.27、3.41、1.06 g/株,芥菜型分别为 4.13、2.83、1.14 g/株(图 1)。

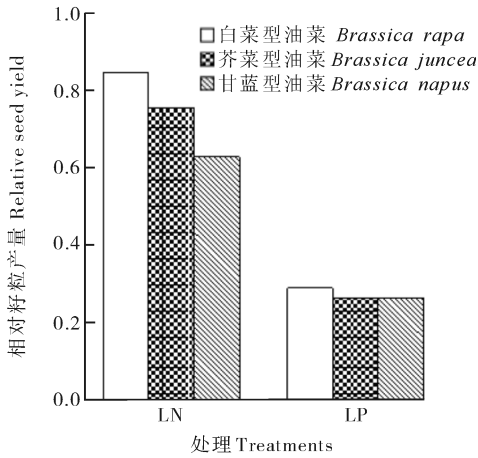


CK:正常施肥(对照)处理 Normal nutrient; LN:低氮处理 Low nitrogen; LP:低磷处理 Low phosphorus; 大写字母表示同一施肥处理下不同类型油菜间差异显著性在 $P<0.01$ 水平 Capital letters mean the significance at $P<0.01$ level.

图 1 不同处理下 3 种类型油菜的籽粒产量

Fig. 1 Seed yield of three kinds of rapeseed under different conditions

相对籽粒产量可以减少其他因素对结果的影响,更准确地反映油菜抗 LN 或 LP 胁迫的能力。图 2 表明,在 LN 或 LP 条件下,3 种类型油菜的相对籽粒产量(效率系数)均为白菜型>芥菜型>甘蓝型,尤其是在 LN 条件下,三者表现出显著的差异,白菜型油菜的效率系数最高,达到 0.852;芥菜型油菜次之,为 0.759;甘蓝型油菜最低,为 0.663。而在 LP 条件下,三者差异较小,白菜型油菜为 0.293,略高于芥菜型油菜和甘蓝型油菜,说明白菜型油菜具有较强的抗 LN、LP 胁迫的能力。



LN:低氮处理 Low nitrogen; LP:低磷处理 Low phosphorus

图 2 低氮(LN)或低磷(LP)处理下 3 种类型油菜的相对籽粒产量

Fig. 2 Relative seed yield of three kinds of rapeseed under low nitrogen (LN) or low phosphorus (LP) conditions

2.2 不同施肥条件下 3 种类型油菜农艺性状的差异

从各类型油菜大田农艺性状的调查结果(表 1~3)可以看出,在不同处理下,3 种类型油菜的各个农艺性状表现出不同程度的变异性。不同类型油菜之间,各性状的变异性大小关系基本一致,但变异性大小程度则有所区别。比较发现,籽粒产量和角果数这 2 个性状的变异性最大;一次分枝数和每角果粒数居中;株高的变异性最小;千粒重在不同类型油菜中的差异变化最大,其中芥菜型油菜在 3 种处理条件下,千粒重都有较大的变异系数,而白菜型油菜则较小。说明不同处理条件下,各性状指标在 3 种类型油菜之间的变异性大体一致,均以籽粒产量和角果数的变异性最大,其他性状的变异性也大致相似,但也存在差异。

2.3 3 种类型油菜籽粒产量与其他性状的相关性分析

籽粒是油菜的经济部位,籽粒产量的高低直接

表 1 正常施肥下油菜各性状的变异¹⁾

Table 1 The differences in traits of rapeseed under normal nutrition (CK) condition

油菜类型 Type	项目 Item	籽粒产量/(g/株) SY	株高/cm PH	一次分枝数 PBN	每角果粒数 SNPP	千粒重/g TSW	角果数 PN
白菜型油菜 <i>B. rapa</i>	平均值 Mean	4.27±2.30	109.99±10.52	7.13±1.74	10.65±1.75	2.42±0.24	172.76±85.13
	变幅 Range	0.79~8.42	90.00~128.92	3.88~11.11	7.98~14.70	1.99~2.94	46.73~317.76
	CV/%	53.86	9.56	24.35	16.38	9.86	49.30
芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>	平均值 Mean	4.13±1.47	149.44±21.35	7.22±1.83	9.86±1.45	1.42±0.33	315.17±106.97
	变幅 Range	1.71~7.37	115.31~185.75	4.45~11.39	7.11~12.45	0.84~1.95	121.25~565.52
	CV/%	35.69	14.28	25.38	14.68	23.06	33.94
甘蓝型油菜 <i>B. napus</i>	平均值 Mean	7.54±2.33	125.04±12.07	6.65±1.19	13.36±2.21	4.17±0.66	139.92±47.24
	变幅 Range	3.94~13.04	93.83~153.89	4.06~9.06	7.95~17.71	2.78~5.66	61.76~335.95
	CV/%	30.90	9.65	17.91	16.54	15.79	33.76

1)SY:籽粒产量 Seed yield; PH:株高 Plant height; PBN:一次分枝数 Primary branch number; SNPP:每角果粒数 Seed number per pod; TSW:千粒重 Thousand-seed weight; PN:角果数 Pod number. 下同。The same as follows.

表 2 低氮处理对油菜各性状的影响

Table 2 The influence of low nitrogen on traits of rapeseed

油菜类型 Type	项目 Item	籽粒产量/(g/株) SY	株高/cm PH	一次分枝数 PBN	每角果粒数 SNPP	千粒重/g TSW	角果数 PN
白菜型油菜 <i>B. rapa</i>	平均值 Mean	3.41±1.17	108.28±11.65	7.07±1.48	11.12±1.56	2.46±0.20	126.69±41.05
	变幅 Range	0.75~5.89	75.50~123.17	3.72~10.92	8.67~14.27	2.19~2.86	34.88~235.17
	CV/%	34.35	10.75	20.92	14.00	8.25	32.40
芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>	平均值 Mean	2.83±0.94	143.83±20.97	6.45±1.71	9.49±1.23	1.41±0.34	239.10±106.83
	变幅 Range	0.70~4.30	101.22~171.42	3.33~11.67	6.71~12.29	0.80~2.19	59.70~600.30
	CV/%	33.26	14.58	26.57	12.97	24.15	44.68
甘蓝型油菜 <i>B. napus</i>	平均值 Mean	4.69±1.45	119.22±10.45	5.85±1.27	11.79±2.43	4.18±0.62	104.75±71.23
	变幅 Range	2.10~8.03	90.72~143.44	3.56~8.89	6.10~16.64	2.78~5.63	31.82~465.70
	CV/%	31.03	8.77	21.75	20.64	14.74	68.00

表 3 低磷处理对油菜各性状的影响

Table 3 The influence of low phosphorus on traits of rapeseed

油菜类型 Type	项目 Item	籽粒产量/(g/株) SY	株高/cm PH	一次分枝数 PBN	每角果粒数 SNPP	千粒重/g TSW	角果数 PN
白菜型油菜 <i>B. rapa</i>	平均值 Mean	1.06±0.42	89.10±7.85	4.15±0.94	9.14±1.71	2.30±0.19	50.06±17.72
	变幅 Range	0.25~1.85	72.50~106.08	2.77~6.50	6.15~12.55	1.96~2.66	19.48~87.67
	CV/%	39.92	8.81	22.63	18.70	8.43	35.40
芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>	平均值 Mean	1.14±0.60	117.60±22.61	3.98±1.19	8.78±1.63	1.47±0.44	88.23±31.24
	变幅 Range	0.10~2.44	79.25~155.83	1.50~6.22	4.38~11.11	0.81~2.84	32.59~139.06
	CV/%	52.73	19.23	29.98	18.56	30.06	35.41
甘蓝型油菜 <i>B. napus</i>	平均值 Mean	2.00±0.97	106.69±11.17	3.32±0.75	12.40±2.51	3.87±0.62	43.40±19.12
	变幅 Range	0.54~5.38	78.00~126.42	1.44~5.28	6.60~20.79	2.59~5.27	12.70~118.75
	CV/%	48.39	10.47	22.47	20.21	16.03	44.05

表 4 不同处理条件下 3 种类型油菜籽粒产量与其他性状的相关性分析¹⁾

Table 4 Correlation analysis for seed yield and other traits under different treatments

油菜类型 Type	项目 Item	籽粒产量 SY		
		正常处理 CK	低氮处理 LN	低磷处理 LP
白菜型油菜 <i>B. rapa</i>	株高 PH	0.715**	0.469	0.553*
	一次分枝数 PBN	0.385	0.757**	0.262
	每角果粒数 SNPP	0.549*	0.572*	0.648**
	千粒重 TSW	0.343	-0.062	0.214
	角果数 PN	0.762**	0.935**	0.907**
	芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>	株高 PH	-0.060	0.378
芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>	一次分枝数 PBN	0.315	0.282	0.417*
	每角果粒数 SNPP	0.054	0.451*	0.499*
	千粒重 TSW	0.423*	0.209	0.735**
	角果数 PN	0.666**	0.701**	0.602**
	甘蓝型油菜 <i>B. napus</i>	株高 PH	0.631**	0.517**
甘蓝型油菜 <i>B. napus</i>	一次分枝数 PBN	0.200	0.108	0.480**
	每角果粒数 SNPP	0.399**	0.470**	0.381**
	千粒重 TSW	-0.012	0.076	0.147
	角果数 PN	0.627**	0.154	0.726**

1) * 和 ** 分别表示两指标之间的相关性达到 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 的显著水平。* and ** means the significance of correlation at $P<0.05$ and $P<0.01$ level, respectively.

关系到农业生产经济效益的高低,因此它是各项指标中最重要的一项。其他各项指标,则应根据其对籽粒产量的贡献程度,来确定其重要性。对籽粒产量和其他性状进行的相关性分析(表 4)表明,在正常施肥时,白菜型油菜的籽粒产量与株高和角果数呈极显著正相关($P<0.01$),与每角果粒数为显著正相关($P<0.05$),与一次分枝数和千粒重无显著相关性;芥菜型油菜的籽粒产量与角果数呈极显著正相关($P<0.01$),与千粒重呈显著正相关($P<0.05$),与株高、一次分枝数和每角果粒数无显著相关性;甘蓝型油菜的籽粒产量与株高、每角果粒数和角果数呈极显著正相关($P<0.01$),而与一次分枝数和千粒重则无显著相关性,说明对不同类型油菜而言,各性状对其籽粒产量有着不同的贡献率。

在低氮或低磷处理条件下,各性状之间的相关系数发生不同程度的改变(表 4)。低氮条件下,白菜型油菜的籽粒产量与株高不再有显著相关性,而与一次分枝数的相关性则达到极显著水平($P<0.01$),说明在低氮条件下,白菜型油菜的一次分枝数对籽粒产量和角果数的贡献率比株高更大。芥菜型油菜的籽粒产量与每角果粒数呈显著正相关($P<0.05$),与角果数呈极显著正相关($P<0.01$),籽粒产量与千粒重则失去显著相关性。甘蓝型油菜的籽粒产量与角果数无显著相关性,与株高和每角果粒数则达到极显著正相关($P<0.01$)。低磷条件下,芥菜型油菜的籽粒产量与一次分枝数和每角果粒数呈显著正相关($P<0.05$),甘蓝型油菜的籽粒产量与一次分枝数呈极显著正相关($P<0.01$),说

明在不同处理或不同类型油菜之间,各性状的相关性存在较大变异。

3 讨论

本研究结果表明,3种类型油菜对低氮或低磷具有不同的耐受性。甘蓝型油菜在CK、LN、LP 3种处理下都具有最高的籽粒产量,但是其相对籽粒产量反而是三者中最低的,说明其虽有较高的产量潜力,但氮、磷效率却较低。甘蓝型油菜虽然起源最晚,但因其产量高、适应性强等特点,使它能够得到广泛的种植。随着其快速发展,农业生产对更为优良的甘蓝型油菜新品种需求也日益迫切,狭窄的遗传基础,已逐渐成为影响新一代高产优质油菜品种的关键因素。相对于甘蓝型油菜,白菜型油菜和芥菜型油菜的产量虽然不理想,但是它们有更高的氮、磷效率,并且其种质资源异常丰富。若能够将二者蕴含的优良基因挖掘出来,有效地转移到甘蓝型油菜中,将突破甘蓝型油菜遗传资源稀缺的限制,为其改良育种开辟新的途径。目前,关于远缘杂交的报道已并不鲜见,王爱云等^[11]通过远缘杂交,尝试着将诸葛菜的优良性状向白菜型油菜中转移,并且成功地获得了1株属间杂交植株。Li等^[19]利用分子标记以及显微技术,研究埃芥与白菜型油菜杂交产物染色体的特性。Qian等^[20]通过甘白杂交,利用白菜型油菜的基因改良甘蓝型油菜,所得新型甘蓝型油菜表现出高产等优良特性。

低氮或低磷胁迫对3种类型油菜的各个性状有着不同程度的影响,在本试验中,表现出对籽粒产量和角果数有较大的抑制作用,对其他性状的影响则较小。这一结论与曹兰芹等^[21]的研究结果基本一致,低氮条件下,甘蓝型油菜根系生物量差异最大,同时有效角果数、株高和第一分枝高度也有显著差异。

对各个性状进行相关性分析,3种类型油菜的籽粒产量均与角果数呈显著或极显著正相关,说明角果数对3种类型油菜籽粒产量都有较大贡献,可以将其作为一个普遍适用的指标来判定油菜氮、磷效率的高低。李志玉等^[22]和汪瑞清等^[23]研究发现,角果数对产量的贡献最大,千粒重最小;沈金雄等^[24]认为在油菜产量性状的遗传改良中,一次分枝数和角果数尤为重要。而其他性状之间的相关性,在3种类型油菜之间存在一定的差异,具体操作中,是否可将其作为判定油菜氮、磷效率的指标,还应作

具体分析。本试验中,一次分枝数和角果数2个性状,可以作为白菜型油菜氮高效品种的筛选指标;但是一次分枝数就不适合作为芥菜型油菜氮高效品种的筛选指标。左青松等^[25-26]研究发现,甘蓝型油菜氮素籽粒生产效率与品种产量达到极显著正相关,与氮素吸收总量、氮收获指数以及角果数呈显著相关,但与生物量、分枝数和千粒重的关系不密切,提高氮素籽粒生产效率,重点在于提高角果数,其次是每角果粒数,本研究结果与该结论基本一致。

参 考 文 献

- [1] 刘后利.实用油菜栽培学[M].上海:上海科技出版社,1988:71-77.
- [2] 王济人,王国槐.甘蓝型油菜高油分的遗传改良[J].作物研究,2007,21(5):657-661.
- [3] 董发明,洪登峰,刘平武,等.甘蓝型油菜隐性细胞核雄性不育系9102AB遗传模式新释[J].华中农业大学学报,2010,29(3):262-267.
- [4] CHOUDHARY B R, JOSHI P, RAMARAO S. Interspecific hybridization between *Brassica carinata* and *Brassica rapa* [J]. Plant Breeding, 2000, 119: 417-420.
- [5] NAUSHAD A T, RAZIYUDDIN, FARHATULLAH, et al. Combining ability analysis in *Brassica juncea* L. for oil quality traits [J]. African Journal of Biotechnology, 2010, 9(26): 3998-4002.
- [6] 何余堂,涂金星,傅廷栋,等.中国白菜型油菜种质资源的遗传多样性研究[J].作物学报,2002,28(5):697-703.
- [7] 吴美红,徐跃进,方正杰.甘蓝型油菜与甘蓝种间杂种的鉴定及特性研究[J].华中农业大学学报,2011,30(3):290-294.
- [8] 王建林,栾运芳,大次卓嘎,等.中国栽培油菜的起源和进化[J].作物研究,2006,20(3):199-205.
- [9] 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.
- [10] 刘静,董振生.白菜型油菜杂种优势利用进展[J].西北农业学报,2006,15(5):261-265.
- [11] 王爱云,李梅,胡大有.白菜型油菜和诸葛菜远缘杂交的子房培养及杂种鉴定[J].中国油料作物学报,2009,31(2):143-148.
- [12] 刘淑艳,刘忠松,官春云.芥菜型油菜种质资源研究进展[J].植物遗传资源学报,2007,8(3):351-358.
- [13] 刘显军,黄谋志,官春云,等.芥菜型油菜黄籽性状的遗传、基因定位和起源探讨[J].作物学报,2009,35(5):839-847.
- [14] 刘后利.油菜遗传育种学[M].北京:中国农业大学出版社,2000:63-67.
- [15] 吴江生,段志红,张毅.油菜良种及高产技术问答[M].北京:中国农业出版社,1998:8-10.
- [16] 胡廷章,胡宗利,屈霄霄,等.氮素供应对植物根系生长发育的影响[J].生命的化学,2009,29(3):391-394.
- [17] 丁玉川,陈明昌,程滨,等.磷营养对不同大豆品种生长和磷吸收利用效率的影响[J].华北农学报,2009,21(1):121-124.

- [18] 张海伟,徐芳森.不同磷效率甘蓝型油菜对土壤和铁锰铜锌的吸收差异[J].华中农业大学学报,2010,29(5):567-571.
- [19] LI M T, LI Z Y, ZHANG C Y, et al. Reproduction and cytogenetic characterization of interspecific hybrids derived from cross between *Brassica carinata* and *B. rapa*[J]. Theor Appl Genet, 2005, 110(7):1284-1289.
- [20] QIAN W, CHEN X, FU D, et al. Intersubgenomic heterosis in seed yield potential observed in a new type of *Brassica napus* introgressed with partial *Brassica rapa* genome[J]. Theor Appl Genet, 2005, 110(7):1187-1194.
- [21] 曹兰芹,伍晓明,李亚军,等.油菜氮素吸收效率的基因型差异及其与农艺性状的关系[J].中国油料作物学报,2010,32(2):270-278.
- [22] 李志玉,郭庆元,廖星,等.不同氮水平对双低油菜中双9号产量和品质的影响[J].中国油料作物学报,2007,29(2):78-82.
- [23] 汪瑞清,杨国正,陆丽娟,等.氮磷钾镁硫混合施用对油菜产量的影响[J].中国油料作物学报,2008,30(2):212-217.
- [24] 沈金雄,傅廷栋,杨光圣,等.甘蓝型油菜杂种优势及产量性状的遗传改良[J].中国油料作物学报,2005,27(1):5-9.
- [25] 左青松,石剑飞,袁权,等.油菜氮素吸收利用的遗传效应分析[J].中国油料作物学报,2008,30(2):143-147.
- [26] 左青松,刘荣,石剑飞,等.油菜不同氮素籽粒生产效率类型品种干物质生产及农艺性状差异[J].中国油料作物学报,2010,32(2):235-239.

Different adaptability of *Brassica rapa*, *Brassica juncea* and *Brassica napus* in response to low nitrogen or low phosphorus stress

TIAN Fei^{1,2} XU Fang-sen^{1,2} SHI Tao-xiong^{1,2} ZHAO Zun-kang^{1,2}
SHI Lei^{1,2} CAI Hong-mei¹ MA Chao-zhi² MENG Jin-ling²

1. Key Laboratory of Subtropical Agriculture Resource and Environment,
MOA, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement,
Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract 94 samples of *Brassica rapa*, *Brassica juncea* and *Brassica napus* were grown in fields under normal nutrition (CK), low nitrogen (LN) and low phosphorus (LP) conditions. Several agronomic traits such as seed yield, plant height, primary branch number, seed number per pod, thousand-seed weight, pod number and relative seed yield on LN or LP condition were studied in the mature period, to evaluate the difference of adaptability and yield potential of *Brassica rapa*, *Brassica juncea* and *Brassica napus* in the response to low nitrogen or low phosphorus stress. Results showed that *Brassica napus* had higher seed yield under three different nutrient treatments and larger potential for agriculture production than that of the other two types. *Brassica rapa*, which might have more genes involved in nitrogen or phosphorus utilization, showed the highest nitrogen and phosphorus efficiency. Whereas the nitrogen or phosphorus efficiency of *Brassica juncea* was in the middle between *Brassica rapa* and *Brassica napus*, and *Brassica juncea* had some other good traits such as yellow seed, large pod number and strong resistance to insects and diseases. These results suggested that both *Brassica rapa* and *Brassica juncea* could help to improve *Brassica napus*. Under different nutrition conditions, different correlations between seed yield and other traits were found in different types of rapeseeds. The great genetic variations among different cultivars or genotypes suggest that it is possible to select high nitrogen or phosphorus efficient rapeseed in intraspecific or interspecific if the number of samples collected is large enough.

Key words *Brassica rapa*; *Brassica juncea*; *Brassica napus*; N efficiency; P efficiency

(责任编辑:陆文昌)