

研究报告

Research Report

菜心及近缘种的 SRAP 标记及形态表型的遗传多样性研究

乔燕春¹, 黄红弟¹, 李光光¹, 张华¹, 李兆龙², 郑岩松¹, 刘自珠¹

1. 广州市农业科学研究院, 广州, 510308;

2. 仲恺农业工程学院生命科学院, 广州, 5102257

✉ 通讯作者: zhanghuagz@tom.com ✉ 作者

分子植物育种, 2012 年, 第 10 卷, 第 50 篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2012.10.0050

收稿日期: 2012 年 08 月 30 日

接受日期: 2012 年 10 月 17 日

发表日期: 2012 年 11 月 12 日

这是一篇采用 Creative Commons Attribution License 进行授权的开放取阅论文。只要对本原作有恰当的引用, 版权所有人允许和同意第三方无条件的使用与传播。

引用格式(中文):

乔燕春等, 2012, 菜心及近缘种的 SRAP 标记及形态表型的遗传多样性研究, 分子植物育种(online) Vol.10 No.50 pp.1369-1175 (doi: 10.5376/mpb.cn.2012.10.0050)

引用格式(英文):

Qiao et al., 2012, Genetic Diversity of Chinese Flowering Cabbage (*Brassica campestris* L.) and Relatives Based on Morphological Phenotypes and SRAP Markers, Fenzi Zhiwu Yuzhong (online) (Molecular Plant Breeding) Vol.10 No.50 pp.1369-1375 (doi: 10.5376/mpb.cn.2012.10.0050)

摘要 利用表型和 SRAP 分子标记技术, 对 30 份菜心及近缘种资源的遗传多样性进行分析。结果表明: 利用筛选出的 28 对引物对 30 份菜心材料进行扩增, 共扩增出多态性条带 111 条, 遗传相似系数在 0.79~1.0 范围内。30 份菜心材料的表型性状差异也较为明显, 12 项生物学性状的变异系数在 0.169~2.121 之间, 其中叶柄颜色的变异系数最大, 遗传多样性指数在 0.106~0.664 之间。将表型性状和 SRAP 分子标记进行相关性分析, 相关系数为 0.367 (P=0.05)。

关键词 菜心; 近缘种; SRAP; 表型多样性

Genetic Diversity of Chinese Flowering Cabbage (*Brassica campestris* L.) and Relatives Based on Morphological Phenotypes and SRAP Markers

Qiao Yanchun¹, Huang Hongdi¹, Li Guangguang¹, Zhang Hua¹, Li Zhaolong², Zheng Yansong¹, Liu Zizhu¹

1. Guangzhou Agricultural Academy, Guangzhou, 510308, P.R. China;

2. College of Life Sciences, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, 510225, P.R. China

✉ Corresponding author, zhanghuagz@tom.com ✉ Authors

Abstract The genetic diversity of 30 accessions of Chinese flowering cabbages and relatives were analyzed based on morphological characteristics and SRAP markers. The results showed that totally 111 polymorphic fragments in the tested 30 Chinese cabbage materials were generated by 28 pairs of SRAP primers. The molecular genetic similarity coefficient ranged from 0.79 to 1.0. While it was very obvious that 30 Chinese cabbages exhibited rich genetic variation in morphology, and the variation coefficient of twelve biological characters ranged from 0.169 to 2.121, the maximize variation coefficients of the phenotype was applied to the petiole colour with the genetic diversity index (H) from 0.106 to 0.664 in range. The relationship analysis on the phenotypic traits and SRAP markers presented that correlation coefficient reached 0.367 (P=0.05).

Keywords Chinese flowering cabbage; Relatives; Srap markers; Morphological characters

种质资源的多样性是育种的前提, 而分子标记是种质资源遗传多样性的有效检测工具和重要手段, 通常广义的遗传多样性是指地球上所有生物携带的遗传信息的总和, 而一般所指的遗传多样性是指种内基因的变化, 包括种内不同的居群间和同一居群内不同个体间的遗传变异, 也称基因多样性(石胜友, 2005; 唐建民, 2009; 王利松等, 2010)。开展生物多样性研究(张立, 2008; 刘小梅, 2007), 对了解物种起源、调查种源适应性、种质资源开发利用、进

行杂交育种亲本选择选配等具有重要意义(晏嫦好, 2007; 王小艳, 2008; 毕川, 2010)。SRAP (序列相关扩增多态性)是近年来发展起来的一种新型分子标记(Li and Quiros, 2001), 该标记在黄瓜、甘蓝、辣椒等蔬菜作物上得到了应用(刘丽娟, 2008; 刘丽娟等, 2009), 并取得了一定的研究成果, 因此利用 SRAP 标记开展蔬菜遗传多样性研究, 对加快蔬菜育种进程, 挖掘重要性状标记进而辅助育种具有重要作用。



表型多样性是在形态水平上对遗传多样性的阐述(张冰冰等, 2009; 艾先涛等, 2011; 石胜友等, 2011), 是遗传多样性与环境多样性的综合体, 是生物多样性的重要研究内容, 蔬菜资源表型多样性研究正逐步增多, 研究的相关蔬菜作物有大白菜(李国强等, 2008), 油菜(何燕等, 2008), 蔊斗菜(朱蕊蕊等, 2010)等。

在广东省菜心(*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* var. *utilis* Tsen. et. Lee)的栽培面积较大, 为华南地区的主要蔬菜。目前在菜心的分子标记研究中有RAPD(王丽等, 2006)和ISSR(孙雪梅等, 2010; 陈兆贵和王愈等, 2010; 乔燕春等, 2011), 种类不多, 而且有关基因型与表型性状相结合的研究还报道较少。

本文作者系统的观察了广东省种质资源库中的菜心及近缘种共30份种质的表型性状、并对其基因型及遗传多样性进行了分析和研究, 目的是进一步揭示菜心及近缘种资源的遗传特性, 通过遗传距离和生物学特性分析, 可以更好的了解菜心的遗传背景, 为杂交组合的选择选配提供理论指导, 为进一步菜心优良品种选育, 充分发掘现有品种资源提供依据。

1 结果与分析

1.1 表型多样性统计分析

从表1可以看出, 30份菜心及近缘种资源的成熟期及光泽度存在一定的差异, 但由于材料类别存在差异, 很难统一归类, 所以本实验仅对12项生理指标包括叶长、叶宽、茎粗等进行了数值型和非数值型赋值, 本研究中包括8项数值型指标: 叶长的极值范围为7.300~17.933 cm, 叶宽为2.733~6.467 cm, 叶长/叶宽为1.572~3.484 cm, 叶柄长为4.367~11.967 cm, 茎粗为0.250~0.803 cm, 单株重为2.025~31.044 g, 叶间距为0~2.233 cm, 电导率为3.08~13.076 cm。30份供试材料叶片形状有四种近圆形, 卵圆形, 长卵圆形, 柳叶形, 各占3.33%, 66.67%, 3.33%和26.67%; 叶柄颜色有四种类型其中白色占3.33%, 浅绿占3.33%, 绿色占86.67%, 紫色占6.67%; 主叶脉有三种类型, 其中白色占3.33%, 绿色占90%, 紫色占6.67%; 幼叶颜色有两种类型: 其中绿色占93.33%, 紫绿相间占6.67% (见表2和表3)。通过分析Shannon-Weinner多样性指数(H')

的变异, 表明30份菜心及近缘种的12个表型存在明显的多样性, 12个表型的多样性指数在0.106 (幼叶颜色)和0.664 (叶间距)之间变化(表2), 总体上表现出较高的遗传多样性, 特别是叶

1.2 聚类分析

进一步探讨30份菜心及近缘种资源的形态指标差异, 并进行聚类分析, 结果见图1。图中显示, 30份供试材料的欧氏距离系数变动范围为0.9~9.44, 说明菜心及近缘种30份供试材料的表型性状之间存在较大的差异。

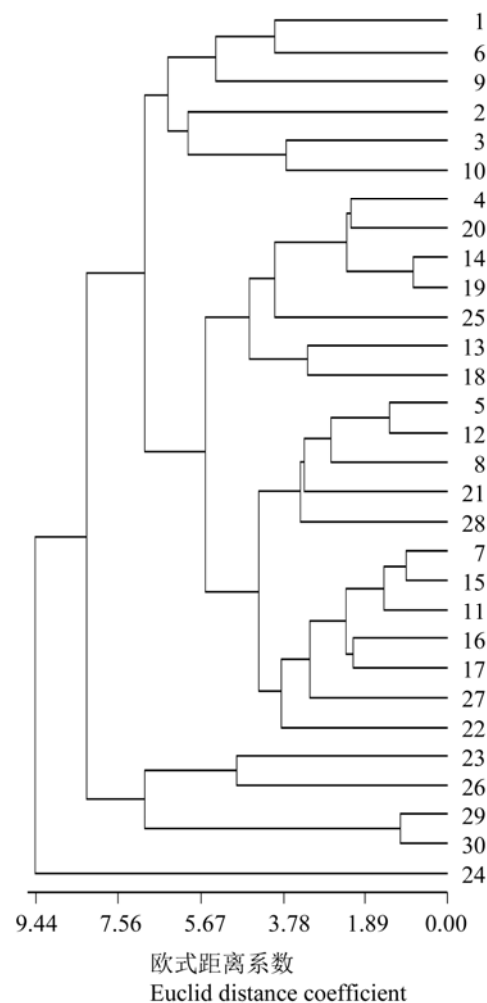


图1 基于表型性状的聚类分析

注: 品种编号同表1

Figure 1 Dendrogram constructed by cluster analysis based on phenotypic traits

Note: The serial number of the tested materials indicated as the same as table 1

1.3 SRAP分析

参照Li等(2001)和乔燕春等(2008)的方法, 从99对引物中(序列见表4)筛选出扩增条带清晰、多态性强且重现性好的28对SRAP引物对30份菜心及近缘种资源进行SRAP分析, 共扩增出111条带, 其中多

态性带为57条, 占51.35%。当遗传相似系数为0.92时, 30份供试材料被分为四大类: 作为外围材料的芥菜被聚为一类、七星红菜薹为一分支聚类; 增城迟菜心和早丰红菜薹聚为一类; 结果表明: 增城迟菜心更接近红菜薹类型, 而和普通菜心亲缘关系较远。当遗传相似系数为0.952时, 原聚为一类的剩余的25份材料可以分为四类, 其中特青迟心4号、日本福田菜心和福田菜心聚为一类, 矮脚束腰青江白、农普奶白菜、东莞45天、大种45天聚为一类, 四九菜心单独为一类, 其它17份菜心材料聚为一类。

1.4表型与SRAP标记的遗传多样性距离矩阵的相关性分析

通过DPS软件分析已获得的SRAP标记的遗传距离矩阵和表型性状欧氏距离矩阵的关联性, 发现两个矩阵的相关系数为0.367 3 ($P=0.05$)表明二者间存在相关性。

2讨论

菜心作为华南地区的特色蔬菜, 其表型性状一

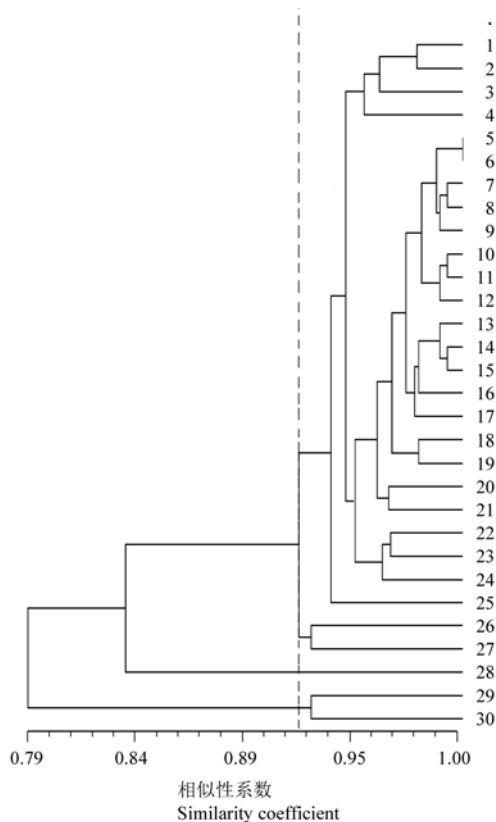


图2 基于SRAP标记的聚类分析

注: 品种编号同表1

Figure 2 Dendrogram by cluster analysis based on SRAP markers

Note: The serial number of the tested materials indicated as the same as table 1

直都是品种选育者的重要衡量指标之一, 利用表型性状指标结合分子生物学技术进行菜心选育种已成为获得新品种的一种有效手段。本研究就是利用了这种结合的技术手段分析了30份不同来源的菜心及近缘种资源的亲缘关系, 以期为下一步的选育种提供有效的信息。

结果显示, 30份菜心及近缘种资源的12个表型性状中叶柄颜色差异最为明显, 多样性指数为0.231; 欧氏距离系数则在0.9~9.44之间。分子标记分析结果显示: 遗传相似系数为0.92时, 供试材料分为四大类; 其中早丰红菜薹则和增城迟菜心聚为一类, 表明增城迟菜心在亲缘关系上更接近红菜薹类型; 遗传相似系数为0.952时, 剩余的25份材料可以聚为四类: 四九菜心为一类; 矮脚束腰青江白、农普奶白菜为一类; 特青迟心4号、日本福田菜心和福田菜心为一类; 其他17份菜心材料聚为一类。菜心属长日照植物, 花芽分化和花薹的生长速度主要受温度的调控, 根据其对温度的反应和栽培环境的不同, 可将菜心品种分为三类: 早熟类型、中熟类型和晚熟类型, 本研究结果和上述分类不很相符, 例如油绿50天菜心是利用四九菜心与50天菜心杂交选育的。这与王丽报道结果一致(王丽等, 2006)。主要原因可能在于菜心在新品种的选育时, 常常根据早、中、晚熟性来相互杂交, 使得在DNA水平上很难区分早、中、晚熟品种。变异较小, 遗传背景较狭窄, 这与我国长期利用系统选育法培育新品种有关。

增城迟菜心是广东省增城市的地方特色品种, 长期以来它的归类一直没有定论, 本研究结果显示, 增城迟菜心和紫菜薹聚为一类, 说明从遗传多样性角度分析可作为菜心种的变种, 和紫菜薹划为一类, 该结果对菜心遗传育种研究及分类具有重要指导意义。

3材料与方法

3.1试验材料

供试30份材料见表1。

3.2形态学数据调查与分析

2010年9月份将30份供试材料播种于广州市农业科学研究所的花都基地, 从种子发芽到薹成熟, 调查叶片形状, 叶柄颜色, 主叶脉颜色, 幼叶颜色共四项非数值型性状指标; 调查叶长、叶宽、薹粗等8项数值型性状指标, 每个性状测量30个数据。12个性状的调查结果见表2。

表 1 30 份菜心及近缘种资源

Table 1 A list of names of 30 Chinese flowering cabbage and relatives

类别	编号	品种名	来源
Category	Serial no.	Name of cultivars	Origin
小白菜	1	农普奶白菜	广州市农业科学研究院
Small Chinese cabbage		Nongpunaibaicai	Guangzhou Academy of Agricultural sciences
	2	矮脚束腰青江白	广州市农业科学研究院
		Aijiaoshuyao ingjiangbai	Guangzhou Academy of Agricultural sciences
早熟黄叶	3	四九-19	广州市农业科学研究院
Prematurity lowering youqing		Sijiu-19	Guangzhou Academy of Agricultural sciences
Chinese cabbage			
早熟油青	4	东莞 45 天	广州市农业科学研究院
Prematurity flowering youqing		Dongguan45tian	Guangzhou Academy of Agricultural sciences
Chinese cabbage	5	澳选甜菜心	广州市农业科学研究院
		Aoxuantiancaixin	Guangzhou Academy of Agricultural sciences
	6	油绿 50 天	广州市农业科学研究院
		Youlv50tian	Guangzhou Academy of Agricultural sciences
	7	油绿 501	广州市农业科学研究院
		Youlv501	Guangzhou Academy of Agricultural sciences
	8	碧绿菜心	广州市农业科学研究院
		Bilvcaixin	Guangzhou Academy of Agricultural Sciences
	9	美绿菜心	广州绿河种子经营部
		Meilvcaixin	Guangzhou lvhe seed operating department
	10	大种 45 天	广州长合种子有限公司
		Dazhong45tian	Guangzhou changhe seed Trading Co., Ltd
	11	碧绿粗苔菜心	广东省蔬菜研究所
		Bilvcutaicaixin	Vegetable Research Institute Guangdong Academy of Agriculture Science
	12	31 号甜菜心	广州张水江菜种店
		31Haotiancaixin	Guangzhou shuijiang zhang seed store
	13	油绿 5 号菜心	广州市义农园艺有限公司
		Youlv5haocaixin	Guangzhou yinong horticultural Trading Co., Ltd
	14	501 柳叶菜心	广州市义农园艺有限公司
		501Liuyecaixin	Guangzhou yinong horticultural Trading Co., Ltd
	15	太空 3T-5	广州市农业科学研究院
		Taikong3T-5	Guangzhou Academy of Agricultural Sciences
中熟油青	16	油绿 701	广州市农业科学研究院
Mid-mature flowering youqing		Youlv701	Guangzhou Academy of Agricultural Sciences
	17	长合 70	广州长合种子有限公司
		Changhe70	Guangzhou changhe seed Trading Co., Ltd
	18	蔡兴利 70	广州市大田园种子有限公司
		Caixingli70	Guangzhou datianyuan seed Trading Co.,Ltd
迟熟油青	19	油绿 80 天	广州市农业科学研究院
Late-mature youqing flowering		Youlv80tian	Guangzhou Academy of Agricultural Sciences
Chinese cabbage	20	东坡 80 天	广州东莞
		Dongpo80tian	Guangdong dongguan
中熟特青	21	绿宝 70	广州市农业科学研究院
Mid-mature flowering teqing		Lvbao70tian	Guangzhou Academy of Agricultural Sciences
迟熟特青	22	香港 80	广州市农业科学研究院
Late-mature flowering Teqing		Xianggang80tian	Guangzhou Academy of Agricultural Sciences
Chinese cabbage	23	特青迟心 4 号	广州市农业科学研究院
		Teqingchixin4hao	Guangzhou Academy of Agricultural Sciences
特异资源	24	增城迟菜心	增城农科所
Special germplasm resources		Zengchengchicaixin	Agriculture Institute of Zengcheng

续表 1

Continuing table 1

类别 Category	编号 Serial no.	品种名 Name of cultivars	来源 Origin
	25	福田菜心 Futiancaixin	广东惠州博罗 Guangdong huizhou boluo
	26	日本福田菜心 Ribenfutiancaixin	日本 Japan
	27	凤尾大芥 Fengweidajiecai	广州长合种子有限公司 Guangzhou changhe seed TradingCo., Ltd
芥菜 Chinese mustard	28	甜客家芥 Tiankejajiecai	广州兴研 Guangzhou xingyan
紫菜薹 Purple caitai	29	七星红菜薹 Qixinghongcaitai	四川广汉龙盛种业有限公司 Sichuan guanganlongsheng seed industry Trading Co., Ltd
	30	早丰红菜薹 Zaofenghongcaitai	四川广汉龙盛种业有限公司 Sichuan guanganlongsheng seed industry Trading Co., Ltd

参照Lavi等(1989)、Illoh和Olorode (1991)的方法, 转化质量性状并对数量性状进行分级, 然后对表型赋值。

非数值型见表3。

3.3 SRAP分析

供试材料DNA的提取采用改良CTAB法, 用核酸蛋白仪测定DNA的浓度和质量; DNA样品定量后保存于4℃中备用。引物由上海生物技术有限责任公司合成, 序列见表4, Taq酶、dNTP购于TAKARA生物技术有限公司。

利用DPS软件对表型性进行聚类分析并对表型性状欧氏距离矩阵和SRAP标记的遗传距离矩阵之间的相关性进行显著性分析。对SRAP扩增条带的有、无条带情况分别用1、0代替, 得到Excel数据表。利用NTSYS-pc2.1软件分析相似系数和聚类关系。其中多态性百分率(%)(总谱带数-共有谱带数)/总谱带数×100; 表型性状的遗传多样性指数(H'): $H' = -$

$\sum P_i \ln P_i$, 式中 P_i 表示该性状第*i*类的表现频率。

作者贡献

乔燕春和黄红弟是本研究的方案设计和直接实施者, 完成论文初稿。李光光和李兆龙协助完成实验和数据整理。郑岩松和刘自珠共同参与本研究。张华为本研究提供研究材料、技术和资金支持, 并修改论文定稿。全体作者都阅读并同意最终文本。

致谢

本研究由广东省特色蔬菜现代产业技术体系菜心创新团队岗位体系项目, 广州市科信局条件建设项目(蔬菜育种新技术应用研究重点实验室二期建设)和广州市科信局应用基础项目(菜心、茄子花药培养技术研究)共同资助, 感谢贺立红副教授对本研究的帮助。

参考文献

Ai X.T., Li X.Y., Wang J.J., Zheng J.Y., Sha H., Tu E.X.J., Duo

表 3 非数值型性状赋值

Table 3 Quantified value of the nonnumeric typic traits in this study

性状 Traits	赋值 Quantified value
叶片形状 Leaf shape	近圆形=1, 卵圆形=2, 长卵圆形=3, 柳叶形=4 The Subround=1, the ovate=2, the long ovate=3, the willow phylliform=4
叶柄颜色 Petiole colour	白色=1, 浅绿=2, 绿色=3, 紫色=4 White=1, light green=2, green=3, purple=4
主叶脉 The main vein	白色=1, 绿色=2, 紫色=3 White=1, light green=2, purple=3
幼叶颜色 Colour of young leaf	绿色=1, 紫绿相间=2 Green=1, the purple and green=2

表 4 引物序列

Table 4 the primer sequence used in this research

正向引物		反向引物	
Forward primer		Reverse primer	
me1	5'-TGAGTCCAAACCGGATA-3'	em1	5'-GACTGCGTACGAATTAAT-3'
me2	5'-TGAGTCCAAACCGGAGC-3'	em2	5'-GACTGCGTACGAATTTGC-3'
me3	5'-TGAGTCCAAACCGGAAT-3'	em3	5'-GACTGCGTACGAATTGAC-3'
me4	5'-TGAGTCCAAACCGGACC-3'	em4	5'-GACTGCGTACGAATTTGA-3'
me5	5'-TGAGTCCAAACCGGAAG-3'	em5	5'-GACTGCGTACGAATTAAC-3'
me6	5'-TGAGTCCAAACCGGTAA-3'	em6	5'-GACTGCGTACGAATTGCA-3'
me7	5'-TGAGTCCAAACCGGTCC-3'	em7	5'-GACTGCGTACGAATTCAA-3'
me8	5'-TGAGTCCAAACCGGTGC-3'	em8	5'-GACTGCGTACGAATTCTG-3'
me9	5'-TGAGTCCAAACCGGTAG-3'	em9	5'-GACTGCGTACGAATTCGA-3'
		em10	5'-GACTGCGTACGAATTCAG-3'
		em11	5'-GACTGCGTACGAATTCGA-3'

- L.K., and Mo M., 2011, Genetic diversity on agronomic phenotypes in upland cotton varieties of North xinjiang area, *Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plant Breeding)*, 9(1):113-122 (艾先涛, 李雪源, 王俊铎, 郑巨云, 沙红, 吐尔逊江, 多力坤, 莫明, 2011, 北疆陆地棉育成品种表型性状遗传多样性分析, *分子植物育种*, 9(1): 113-122)
- An C.Y., 2007, Study on genetic diversity and protection of Fenghuang-Dancong tea germplasm resources by AFLP technology, Thesis for M.S., Hu-nan Agricultural University, Supervisor: Luo J.W., pp.10 (晏嫦好, 2007, 凤凰单丛古茶树资源遗传多样性AFLP分析及保护研究, 硕士学位论文, 湖南农业大学, 导师: 罗军武, pp.10)
- Bi C., 2010, Studies on genetic relationship, combining ability and genetic map in castor-oil plant, Thesis for M.S., Guangdong Ocean University, Supervisor: Yin X.G., pp.4, (毕川, 2010, 蓖麻亲缘关系与配合力分析及遗传图谱构建, 硕士学位论文, 广东海洋大学, 导师: 殷学贵, pp.4)
- Chen Z.G., and Wang Y., 2010, Preliminary study on identification flowering chinese cabbage varieties by ISSR molecular markers, *Zhongzi (Seed)*, 29(3): 29-32 (陈兆贵, 王愈, 2010, 菜心ISSR分子标记技术初步研究, *种子*, 29(3): 29-32)
- He Y., Luan Y.F., Chang T.J., Cheng H.H., Chang X., Zhuo G., and Wang J.L., 2008, Wild rapeseed germplasm phenotype diversity primary research of Tibet, *Zhongguo Nongxue Tongbao (Chinese Agricultural Science Bulletin)*, 24(3): 355-361 (何燕, 栾运芳, 常天军, 成海宏, 昌西, 卓嘎, 王建林, 2008, 西藏野生油菜种质资源表型多样性初探, *中国农学通报*, 24(3): 355-361)
- Illoh H.C., Olorode O., 1991. Numerical taxonomic studies of mango (*Mangifera indica* L.) varieties in Nigeria. *Euphytica*, 51: 197-205. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00039719>
- Lavi U., Tomer E., Gazit S., 1989. Inheritance of agriculturally important traits in mango. *Euphytica*, 44: 5-10. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00022593>
- Li G and Quiros C F., 2001, Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), A new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in Brassica, *Theor Appl Genet*, 103: 455-461 <http://dx.doi.org/10.1007/s001220100570>
- Li G.Q., Li X.X., Shen D., Wang H.Q., Song J.P., and Qiu Y., 2008, Studies on the methods of constructing Chinese cabbage core germplasm based on the morphological data, *Yuanyan Xuebao (Acta Horticulturae Sinica)*, 35 (12): 1759-1766 (李国强, 李锡香, 沈镛, 王海平, 宋江萍, 邱杨, 2008, 基于形态数据的大白菜核心种质构建方法的研究, *园艺学报*, 35 (12): 1759-1766)
- Liu L.J., 2008, The application on DUS test of SRAP and establishment of a 2-D electrophoresis system, Thesis for M.S., Central China Agricultural University, Supervisor: Luo L.J., pp.18 (刘丽娟, 2008, SRAP标记在DUS测试中的应用与高分辨率双向电泳体系的建立, 硕士学位论文, 华中农业大学, 导师: 罗利军, pp.18) <http://dx.doi.org/10.6028/jres.113.024>
- Liu L.J., Liu Z.C., Chen R., and Luo L.J., 2009, SRAP marker technique and its application in genetic diversity analyses of vegetable crops, *Zhongguo Nongxue Tongbao (Chinese Agricultural Science Bulletin)*, 25(21): 43-48 (刘丽娟, 刘灶长, 陈海荣, 罗利军, 2009, SRAP标记技术及其在蔬菜作物遗传多样性分析中的应用, *中国农学通报*, 25(21): 43-48) <http://dx.doi.org/10.6028/jres.114.005> <http://dx.doi.org/10.6028/jres.114.004>
- Liu X.M., Pan J.P., Zen Y., Lin Z.X., Kuang S.Z., Tian S.R., and Jiang L., 2007, RAPD analysis of germplasm resources of *Clausena lansium*, *Guangdong Nongye Kexue (Guangdong Agricultural Sciences)*, 2: 13-15 (刘小梅, 潘建平, 曾杨, 林志雄, 匡石滋, 田世尧, 姜玲, 2007, 黄皮种质资源的RAPD分析, *广东农业科学*, 2: 13-15)

- Qiao Y.C., Li G.G., Huang H. D., Zhang H., Li Z.L., Zheng Y.S., and Liu Z.Z., 2011, Genetic diversity of chinese flowering cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) based on morphological charaters and SRAP markers, Yuanyi Xuehui Zengkan(*Acta Horticulturae Sinica*), 38 (Suppl.): 2544 (乔燕春, 李光光, 黄红弟, 李兆龙, 张华, 郑岩松, 刘自珠, 2011, 菜薹种质资源SRAP分析及表型多样性研究, 园艺学报, 38(增刊): 2544)
- Qiao Y.C., Lin S.Q., Liu C.M., and Yang X.H., 2008, Optimization of SRAP analysis and its application in germplasm research of Loquat (*Eriobotrya japonica*), Guoshu Xuebao (Journal of Fruit Science), 25(3): 348-352 (乔燕春, 林顺权, 刘成明, 杨向晖, 2008, SRAP分析体系的优化及在枇杷种质资源研究上的应用, 果树学报, 25(3): 348-352)
- Shi S.Y., 2005, Studies on the origill and differentiation of genetic diversity in *Malus toringoides* (Rehd.)hughes, Dissertation for Ph.D., Southwest University, Supervisor: Cheng M.H., pp.24 (石胜友, 2005, 变叶海棠起源及其遗传多样性分化研究, 博士学位论文, 西南大学, 导师: 成明昊, pp.24)
- Shi S.Y., Wu H.X., Wang S.B., Liu L.Q., Wang Y.C., and Ma W.H., 2011, Genetic diversity of mango germplasm based on morphological charaters and AFLP markers, Yuanyi Xuebao (*Acta Horticulturae Sinica*), 38(3): 449-456 (石胜友, 武红霞, 王松标, 刘丽琴, 王一承, 马蔚红, 2011, 杧果种质遗传多样性的表型分析和 AFLP 分析, 园艺学报, 38(3): 449-456)
- Sun X.M., QiaoA.M., Sun M., Gui T.Q., and Yin C.X., 2010, ISSR analysis of genetic diversity of 27 flowering chinese cabbage, Xinan Shifan Daxue Xuebao (Ziran Kexueban) (Journal of Southwest China Normal University) (Natural Science Edition), 35(1): 119-123 (孙雪梅, 乔爱民, 孙敏, 桂腾琴, 尹彩霞, 2010, 27个菜心品种遗传多样性的ISSR分析, 西南师范大学学报(自然科学版), 35(1): 119-123)
- Tang J.M., 2009, A study on the genetic diversity and evolution of *Malus Toringoides* (Rehd.) hughes, Dissertation for Ph.D., Southwest University, Supervisor: Zhou Z.Q., pp.1, (唐建民, 2009, 变叶海棠 (*Malus toringoides* Hughes)的遗传多样性及其进化研究, 博士学位论文, 西南大学, 导师: 周志钦, pp.1)
- Wang L., QiaoA.M., Sun Y.M., and Sun M., 2006, Extraction of genomic DNA from flowering Chinese cabbage and optimization of RAPD reaction system, Xinan Shifan Daxue Xuebao (Ziran Kexueban) (Journal of Southwest China Normal University) (Natural Science Edition), 31 (2): 124-128 (王丽, 乔爱民, 孙一铭, 孙敏, 2006, 菜心基因组DNA提取及RAPD反应体系的优化, 西南师范大学学报(自然科学版), 31(2): 124-128)
- Wang L.S., C.B., Ji L.Q., and Ma K.P., 2010, Progress in Biodiversity Informatics, Shengwu Duoyangxing (Biodiversity Science), 18(5): 429-443 (王利松, 陈彬, 纪力强, 马克平, 2010, 生物多样性信息学研究进展, 生物多样性, 18(5):429-443) <http://dx.doi.org/10.1117/2.1201009.0-02581> <http://dx.doi.org/10.1117/2.1201003.002642> <http://dx.doi.org/10.1117/2.1201006.002961> <http://dx.doi.org/10.1117/2.1201002.002571> <http://dx.doi.org/10.1117/2.12009-12.002540> <http://dx.doi.org/10.1117/2.1201006.003021>
- Wang X.Y., 2008, Studies on oyster mushroom of *Pleurotus* (Fr.) Kumm germplasm resource using AFLP technique, Thesis for M.S., Hu-nan Agricultural University, Supervisor: Xia Z.L., pp.5 (王小艳, 2008, 侧耳属平菇种质资源AFLP分析, 硕士学位论文, 湖南农业大学, 导师: 夏志兰, pp.5)
- Zhang B.B., Song H.W., Liu H.T., Liang Y.H., and Li Y.B., 2009, Study on the diversity of phenotypic characteristics of pear germplasm resources in the cold region, GuoshuXuebao (Journal of Fruit Science) 26(3): 287-293 (张冰冰, 宋洪伟, 刘慧涛, 梁英海, 李粤渤, 2009, 寒地梨种质资源表型多样性研究, 果树学报, 26(3): 287-293)
- Zhang L., 2008, Genetic diversity of camellia japonica in zhejiang province, Thesis for M.S., Beijing Forestry University, Supervisor: Zhang Q.X., pp.12 (张立, 2008, 浙江省山茶天然居群的遗传多样性研究, 硕士学位论文, 北京林业大学, 导师: 张启翔, pp.12)
- Zhu R.R., Gao Y.K. and Zhang Q.X., 2010, The speciation and genetics of *Aquilegia*, Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plant Breeding), 8(4): 784-789 (朱蕊蕊, 高亦珂, 张启翔, 2010, 耧斗菜属的物种进化与遗传学, 分子植物育种, 8(4): 784-789)

表2 供试材料表型性状指标

Table2 The index of the morphological traits in the tested 30 accessions

编号 Serial no.	叶长(cm) Leaf length (cm)	叶宽(cm) Leaf width (cm)	叶长/叶宽 Leaf length/ leaf width	叶柄长(cm) Petiolole length (cm)	茎粗(cm) Stem width (cm)	电导率(mS/m) Electric conductivity (mS/m)	单株重(g) Mass of each plant (g)	叶间距(cm) Length distance (cm)	叶片形状 Leaf shape	叶柄颜色 Petiole colour	主叶脉 The main vein	幼叶颜色 Colour of young leaf
1	9.667	6.133	1.572	6.800	0.670	10.776	18.549	0.267	1	1	1	1
2	8.733	3.933	2.245	6.500	0.470	7.372	29.001	0.300	2	2	2	1
3	15.433	5.433	2.845	9.833	0.664	8.563	30.930	0.900	2	3	2	1
4	12.833	4.533	2.874	9.667	0.611	5.291	17.280	1.067	3	3	2	1
5	10.667	5.300	2.011	7.633	0.648	7.374	17.649	0.867	2	3	2	1
6	9.500	4.400	2.187	8.300	0.519	11.044	16.509	2.000	2	3	2	1
7	9.767	4.367	2.231	7.100	0.527	6.468	12.510	0.633	2	3	2	1
8	11.967	5.367	2.239	8.733	0.665	7.338	22.260	0.767	2	3	2	1
9	12.067	5.433	2.223	8.633	0.661	12.688	25.878	2.233	2	3	2	1
10	12.667	5.700	2.238	9.200	0.803	7.367	31.044	1.067	2	3	2	1
11	8.133	4.500	1.799	6.633	0.471	5.855	14.841	1.333	2	3	2	1
12	10.833	5.067	2.122	7.567	0.583	6.939	17.154	1.767	2	3	2	1
13	12.067	5.400	2.234	8.067	0.623	5.092	23.856	1.433	2	3	2	1
14	13.867	4.433	3.135	9.433	0.654	6.537	21.021	0.967	4	3	2	1
15	8.967	4.167	2.185	7.000	0.561	6.485	12.990	0.900	2	3	2	1
16	10.500	4.233	2.489	7.667	0.522	5.191	11.385	1.367	2	3	2	1
17	8.833	3.400	2.622	6.133	0.428	5.361	9.468	0.433	2	3	2	1
18	12.067	4.600	2.624	8.333	0.551	3.080	17.064	0.600	2	3	2	1
19	13.900	4.533	3.110	9.533	0.614	5.933	21.675	1.467	4	3	2	1
20	13.400	3.833	3.484	8.533	0.605	6.559	15.786	0.500	4	3	2	1
21	11.467	3.900	2.941	7.667	0.551	6.756	13.710	0.800	4	3	2	1
22	8.333	3.167	2.658	5.300	0.428	7.085	6.294	0.200	4	3	2	1
23	9.933	3.967	2.503	6.433	0.453	13.076	8.364	0.467	4	3	2	1
24	17.933	6.467	2.786	11.967	0.586	6.671	17.721	0.400	2	3	2	1
25	14.967	5.667	2.654	10.067	0.552	7.300	13.326	0.900	4	3	2	1
26	7.800	3.133	2.515	5.000	0.312	9.986	6.789	1.533	2	3	2	1
27	9.000	4.400	2.072	8.000	0.315	6.042	8.271	0.000	4	3	2	1
28	11.400	5.533	2.074	9.267	0.461	7.196	11.484	0.533	2	3	2	1
29	7.300	2.933	2.487	4.367	0.265	5.603	2.025	1.533	2	4	3	2

续表 2

Continuing table 2

编号 Serial no.	叶长(cm) Leaf length (cm)	叶宽(cm) Leaf width (cm)	叶长/叶宽 Leaf length/ leaf width	叶柄长(cm) Petiole length (cm)	茎粗(cm) Stem width (cm)	电导率(mS/m) Electric conductivity (mS/m)	单株重(g) Mass of each plant (g)	叶间距(cm) Length distance (cm)	叶片形状 Leaf shape	叶柄颜色 Petiole colour	主叶脉 The main vein	幼叶颜色 Colour of young leaf
30	7.920	2.733	2.450	4.600	0.250	5.612	2.109	1.000	2	4	3	2
平均值 Average value	11.064	4.556	2.454	7.799	0.534	7.221	15.897	0.941	2.533	2.967	2.033	1.067
变异系数 Coefficient of variation	0.232	0.210	0.169	0.224	0.244	0.311	1.443	0.584	0.707	2.121	1.414	0.707
遗传多样性指 数(H) Geneticdiversit yindexes (H')	0.627	0.652	0.611	0.621	0.612	0.535	0.662	0.664	0.231	0.231	0.169	0.106