

## 西藏野生油菜性状演化与分支分类研究

王建林, 常天军, 成海宏, 方华丽

(西藏大学农牧学院农学系, 西藏 林芝 860000)

**摘要:** 以西藏野生白菜型油菜(*Brassica campestris* L.)和野生芥菜型油菜(*B. juncea* Czern. et Coss.)的39个形态学性状为依据,以醉蝶花(*Cleome spinosa* Jacq.)为外类群,确定了性状的祖征和衍征。应用最大同步法,对35个西藏野生油菜种源的性状演化与分支分类进行了研究。结果表明,野生白菜型油菜和野生芥菜型油菜的基生叶、茎茎叶和花器官性状既有同期演化性状也有非同期演化性状;而伸长茎叶的所有性状均为非同期演化性状,有各自独特的演化规则。西藏野生白菜型油菜分为藏东野生白菜型油菜和藏中野生白菜型油菜2个组,野生芥菜型油菜分为藏中西野生芥菜型油菜和藏南野生芥菜型油菜2个组,各自沿不同的路线演化。

**关键词:** 野生油菜; 西藏; 性状演化; 分支分类

中图分类号: Q949.748.3; Q941 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2008)03-0010-08

**Study on character evolution and cladistic taxonomy of wild rapes (*Brassica campestris* and *B. juncea*) in Tibet** WANG Jian-lin, CHANG Tian-jun, CHENG Hai-hong, FANG Hua-li (Department of Agriculture, Agriculture and Animal Husbandry College, Tibet University, Linzhi 860000, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(3): 10-17

**Abstract:** Thirty-nine morphological characters of wild rapes (*Brassica campestris* L. and *B. juncea* Czern. et Coss.) in Tibet were analyzed to identify their plesiomorphies and apomorphies using *Cleome spinosa* Jacq. as the outgroup. The character evolution and cladistic taxonomy of thirty-five provenances of wild rapes in Tibet were studied by the method of maximal same step length. The result showed that the evolution of some characters of basal leaf, leaf of bolting stem and flower was synchronous while the evolution of other characters was asynchronous, and the evolution of all characters of leaf of elongation stem was asynchronous with its own unique evolution regulation. The wild provenances of *B. campestris* in Tibet was divided into two groups, including East Tibet group and Middle Tibet group. The wild provenances of *B. juncea* was also divided into two different groups, including Middle-west Tibet group and South Tibet group. Every group evolved following its own evolution route.

**Key words:** wild rape; Tibet; character evolution; cladistic taxonomy

西藏地处中国西南边陲,素以“世界屋脊”和“地球第三极”著称,是中国典型的低纬度、高海拔农业区。该区地质独特,地形、地貌复杂,气候带全,土壤种类繁多,野生植被多样。西藏高原油菜的生境千差万别,堪称全球之最。独特而复杂的油菜生境,加上长期的自然选择,产生了丰富多样的野生油菜种质资源。在前期研究工作的基础上,笔者提出“西藏高原是世界油菜起源地之一”的观点<sup>[1-6]</sup>,并在西藏高原搜集到许多野生油菜种质资源<sup>[7-14]</sup>。但是,由于对“这些野生油菜种质资源是否处于不同的演化阶段?它们之间的系统发育状况如何?”等问题尚不清楚。因此,笔者以搜集到的12份西藏

野生白菜型油菜(*Brassica campestris* L.)种源和23份野生芥菜型油菜(*B. juncea* Czern. et Coss.)种源为研究对象,运用最大同步法<sup>[5]</sup>对西藏野生油菜的系统发育状况进行了分支分类研究,以期为西藏野生油菜的演化研究及其种质资源的开发利用提供参考依据。

收稿日期: 2007-10-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30360055和30760122); 国家教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCHT-05-0826); 国家教育部科学技术研究重点项目(206141)

作者简介: 王建林(1969—),男,甘肃临洮人,学士,教授,主要从事油菜生物多样性的研究工作。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供研究用的35份野生油菜种质资源为2004年从西藏各分布区域收集而来(表1),其中,野生白菜型油菜12份,野生芥菜型油菜23份。2006年3月,

将上述野生油菜种源种植于西藏大学农牧学院实习农场的大田内,小区面积24 m<sup>2</sup>(6 m×4 m),采用随机区组排列,各3次重复,田间管理水平略高于当地大田。外类群为白花菜科(Cleomaceae)植物醉蝶花(*Cleome spinosa* Jacq.),采自中国科学院昆明植物研究所植物园。

表1 西藏野生白菜型油菜和野生芥菜型油菜的来源

Table 1 Origins of wild *Brassica campestris* L. and wild *B. juncea* Czern. et Coss. in Tibet

| 编号<br>No. | 名称<br>Name                       | 来源<br>Origin    | 编号<br>No. | 名称<br>Name                           | 来源<br>Origin       |
|-----------|----------------------------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|--------------------|
| 1         | 芥菜型油菜1号 No.1 of <i>B. juncea</i> | 谢通门 Xaitongmoin | 19        | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>               | 工布江达 Gongbo'gyamda |
| 2         | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>           | 左贡 Zogong       | 20        | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>               | 墨竹工卡 Maizhokunggar |
| 3         | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>           | 朗县 Nang Xian    | 21        | 芥菜型油菜5号 No.5 of <i>B. juncea</i>     | 日喀则 Xigazê         |
| 4         | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>           | 拉孜 Lhazê        | 22        | 芥菜型油菜2号 No.2 of <i>B. juncea</i>     | 谢通门 Xaitongmoin    |
| 5         | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>           | 乃东 Nêdong       | 23        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 贡嘎 Gonggar         |
| 6         | 芥菜型油菜1号 No.1 of <i>B. juncea</i> | 日喀则 Xigazê      | 24        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 穷结 Qonggyai        |
| 7         | 芥菜型油菜1号 No.1 of <i>B. juncea</i> | 林周 Lhünzhub     | 25        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 乃东 Nêdong          |
| 8         | 芥菜型油菜1号 No.1 of <i>B. juncea</i> | 桑日 Sangri       | 26        | 白菜型油菜1号 No.1 of <i>B. campestris</i> | 昌都 Qamdo           |
| 9         | 芥菜型油菜2号 No.2 of <i>B. juncea</i> | 桑日 Sangri       | 27        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 类乌齐 Riwoqê         |
| 10        | 芥菜型油菜1号 No.1 of <i>B. juncea</i> | 贡嘎 Gonggar      | 28        | 白菜型油菜1号 No.1 of <i>B. campestris</i> | 扎囊 Zhanang         |
| 11        | 芥菜型油菜2号 No.2 of <i>B. juncea</i> | 日喀则 Xigazê      | 29        | 白菜型油菜2号 No.2 of <i>B. campestris</i> | 扎囊 Zhanang         |
| 12        | 芥菜型油菜2号 No.2 of <i>B. juncea</i> | 贡嘎 Gonggar      | 30        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 左贡 Zogong          |
| 13        | 芥菜型油菜3号 No.3 of <i>B. juncea</i> | 日喀则 Xigazê      | 31        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 洛隆 Lhorong         |
| 14        | 芥菜型油菜1号 No.1 of <i>B. juncea</i> | 康马 Kangmar      | 32        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 当雄 Damxung         |
| 15        | 芥菜型油菜4号 No.4 of <i>B. juncea</i> | 日喀则 Xigazê      | 33        | 白菜型油菜2号 No.2 of <i>B. campestris</i> | 昌都 Qamdo           |
| 16        | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>           | 白朗 Bainang      | 34        | 白菜型油菜 <i>B. campestris</i>           | 江达 Jomda           |
| 17        | 芥菜型油菜2号 No.2 of <i>B. juncea</i> | 康马 Kangmar      | 35        | 芥菜型油菜 <i>B. juncea</i>               | 拉萨 Lhasa           |
| 18        | 芥菜型油菜2号 No.2 of <i>B. juncea</i> | 林周 Lhünzhub     |           |                                      |                    |

### 1.2 方法

1.2.1 性状的选取及其极性的确定方法 选取与野生油菜系统发育有重要关系的39个性状进行性状极性分析。由于十字花科(Brassicaceae)系由白花菜科(Cleomaceae)演化而来<sup>[16]</sup>,因此以形态上与野生油菜较为接近的白花菜科植物醉蝶花为外类群(outgroup)。39个性状中拥有白花菜科特征的为祖征,不拥有白花菜科特征的为衍征。

为便于分支分析,将性状进行编码。祖征编码为0,衍征编码为1,2等正整数,分别代表性状的不同演化程度,得到如下的性状演化序列:1)基生叶叶缘状:全缘或波状(0)→齿状(1);2)基生叶抱茎状:不抱茎(0)→半抱茎(1)→全抱茎(2);3)基生叶形状:椭圆形(0)→倒卵形(1);4)基生叶叶柄刺毛有无:有(0)→无(1);5)基生叶基部形态:楔形或倒箭形(0)→戟形、耳垂形或箭形(1);6)基生叶厚度:薄

(0)→厚(1);7)基生叶表面色泽:紫绿(0)→深绿(1)→淡绿(2);8)基生叶表面突起:无(0)→有(1);9)基生叶表面刺毛:有(0)→无(1);10)基生叶边缘刺毛:有(0)→无(1);11)基生叶叶柄基部横断面形态:向内弯曲(0)→半圆形或扁平(1);12)伸长茎色泽:紫绿(0)→深绿(1)→淡绿(2);13)伸长茎刺毛:有(0)→无(1);14)伸长茎叶缘状:全缘或波状(0)→齿状(1);15)伸长茎叶缘裂状:不裂(0)→浅裂(1)→深裂(2);16)伸长茎叶形状:长圆形或宽椭圆形(0)→倒卵形(1);17)伸长茎叶尖形状:急尖(0)→圆钝(1);18)伸长茎叶基部形态:楔形或倒箭形(0)→戟形、耳垂形或箭形(1);19)伸长茎叶表面突起有无:有(0)→无(1);20)伸长茎叶边缘刺毛有无:有(0)→无(1);21)伸长茎叶表面刺毛有无:有(0)→无(1);22)伸长茎叶抱茎状:不抱茎(0)→半抱茎(1)→全抱茎(2);23)伸长茎叶叶柄刺毛有无:

有(0)→无(1);24) 薹茎色泽:紫绿(0)→深绿(1)→淡绿(2);25) 薹茎叶边缘刺毛:有(0)→无(1);26) 薹茎叶缘状:全缘或波状(0)→齿状(1);27) 薹茎叶缘裂状:不裂(0)→浅裂(1)→深裂(2);28) 薹茎叶尖形状:急尖(0)→圆钝(1);29) 薹茎叶基部形态:楔形或倒箭形(0)→心形或耳垂形(1);30) 薹茎叶表面色泽:深绿(0)→淡绿(1);31) 薹茎叶表面形状:狭长三角形或长椭圆形(0)→宽椭圆形(1);32) 薹茎叶抱茎状:不抱茎(0)→半抱茎(1)→全抱茎(2);33) 薹茎叶表面刺毛:有(0)→无(1);

34) 萼片形态:外反(0)→直立(1);35) 花瓣形状:长卵形(0)→倒卵形(1);36) 花瓣着生状态:分离(0)→侧叠(1);37) 花瓣大小:大(0)→小(1);38) 柱头与四强雄蕊的长度比:短(0)→相等(1)→长(2);39) 萼片宽度:宽(0)→窄(1)。

1.2.2 性状分布矩阵的构成 在进行性状极性确定时,按照文献的特征描述<sup>[17-18]</sup>,将采集的野生油菜标本与外类群醉蝶花标本进行比较,据此得到由39个性状和35个分类单位构成的性状分布数据矩阵(表2)。

表2 西藏野生白菜型油菜和野生芥菜型油菜的性状分布矩阵  
Table 2 The matrix of character distribution of wild *Brassica campestris* L. and wild *B. juncea* Czern. et Coss. in Tibet

| 编号 <sup>1)</sup><br>No. <sup>1)</sup> | 性状 <sup>2)</sup> Character <sup>2)</sup> |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                       | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1                                     | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 2                                     | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 3                                     | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 4                                     | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 5                                     | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 6                                     | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 7                                     | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 8                                     | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 9                                     | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 10                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 11                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 12                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 13                                    | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 14                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 15                                    | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 16                                    | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 17                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 18                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 19                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 20                                    | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 21                                    | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 22                                    | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 23                                    | 0  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 24                                    | 0  | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 25                                    | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 26                                    | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 27                                    | 0  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 28                                    | 0  | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| 29                                    | 1  | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 30                                    | 1  | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 31                                    | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 32                                    | 0  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 33                                    | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 34                                    | 1  | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 35                                    | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  |

续表2 Table 2 (Continued)

| 编号 <sup>1)</sup><br>No. <sup>1)</sup> | 性状 <sup>2)</sup> Character <sup>2)</sup> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                       | 21                                       | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| 1                                     | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 2  | 1  |
| 2                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 3                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 1  |
| 4                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 5                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 0  |
| 6                                     | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 7                                     | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 8                                     | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 0  |
| 9                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 10                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 11                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 12                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 13                                    | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 14                                    | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 15                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 16                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 17                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 18                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 19                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 20                                    | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 0  |
| 21                                    | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 2  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 1  |
| 22                                    | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 23                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 24                                    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 25                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 26                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 27                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 28                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 29                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 30                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 31                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 32                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 2  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 33                                    | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 34                                    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 2  | 0  |
| 35                                    | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |

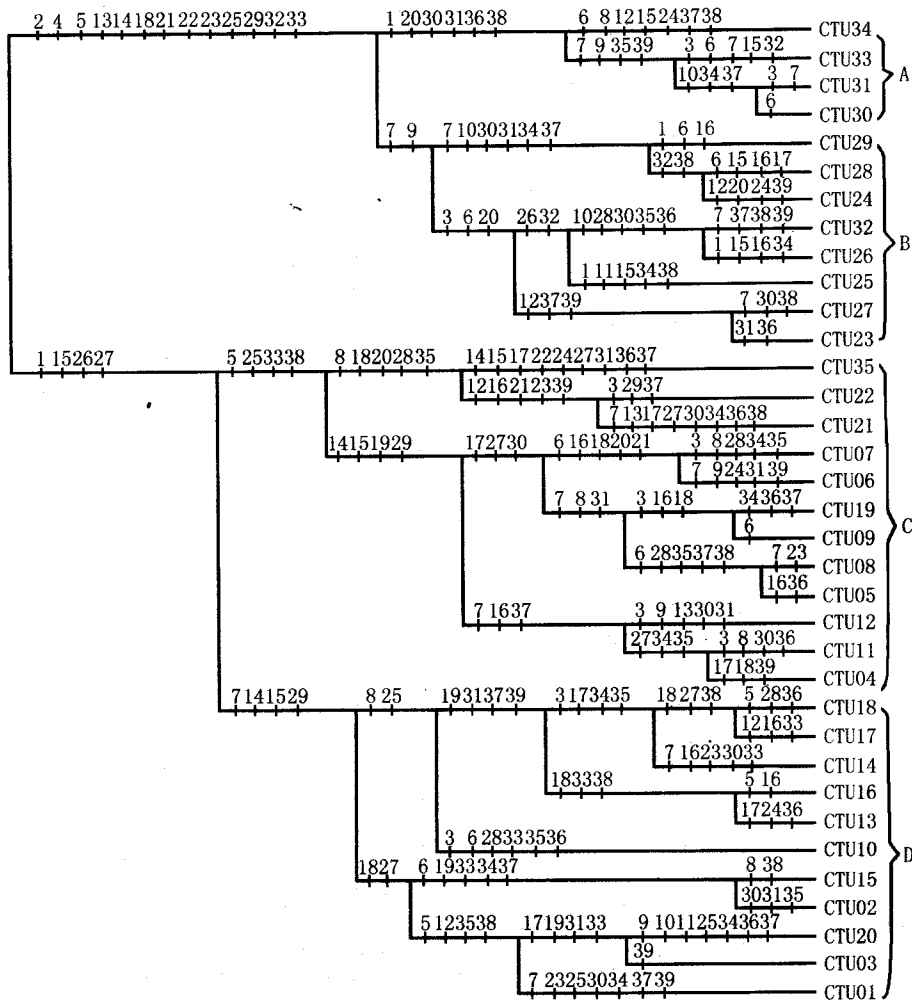
<sup>1)</sup> 1-22,35: 野生芥菜型油菜 Wild *Brassica juncea* Czern. et Coss.; 23-34: 野生白菜型油菜 Wild *B. campestris* L. <sup>2)</sup> 1. 基生叶叶缘状 Leaf margin shape of basal leaf; 2. 基生叶抱茎状 Clasp shape of basal leaf; 3. 基生叶形状 Shape of basal leaf; 4. 基生叶叶柄刺毛有无 With or without seta on petiole of basal leaf; 5. 基生叶基部形态 Basal shape of basal leaf; 6. 基生叶厚度 Thick of basal leaf; 7. 基生叶表面色泽 Surface color on basal leaf; 8. 基生叶表面突起有无 With or without protuberance on surface of basal leaf; 9. 基生叶表面刺毛有无 With or without seta on surface of basal leaf; 10. 基生叶边缘刺毛有无 With or without seta at leaf margin of basal leaf; 11. 基生叶叶柄基部横断面形态 Transverse shape at petiole basal of elongation stem; 12. 伸长茎色泽 Color of elongation stem; 13. 伸长茎刺毛有无 With or without seta on elongation stem; 14. 伸长茎叶缘状 Leaf margin shape of elongation stem; 15. 伸长茎叶缘裂状 Lobe shape of leaf of elongation stem; 16. 伸长茎叶形状 Leaf shape of elongation stem; 17. 伸长茎叶尖形状 Leaf apex shape of elongation stem; 18. 伸长茎叶基部形态 Basal shape of leaf of elongation stem; 19. 伸长茎叶表面突起有无 With or without protuberance on leaf surface of elongation stem; 20. 伸长茎叶边缘刺毛有无 With or without seta at leaf margin of elongation stem; 21. 伸长茎叶片表面刺毛有无 With or without seta on leaf surface of elongation stem; 22. 伸长茎叶抱茎状 Clasp shape of leaf of elongation stem; 23. 伸长茎叶叶柄刺毛有无 With or without seta on petiole of elongation stem; 24. 茎茎色泽 Color of bolting stem; 25. 茎茎叶边缘刺毛有无 With or without seta at leaf margin of bolting stem; 26. 茎茎叶缘状 Leaf margin shape of bolting stem; 27. 茎茎叶缘裂状 Lobe shape of leaf margin of bolting stem; 28. 茎茎叶尖形状 Leaf apex shape of bolting stem; 29. 茎茎叶基部形态 Basal shape of leaf of bolting stem; 30. 茎茎叶表面色泽 Color on leaf surface of bolting stem; 31. 茎茎叶形状 Leaf shape of bolting stem; 32. 茎茎叶抱茎状 Clasp shape of leaf of bolting stem; 33. 茎茎叶表面刺毛有无 With or without seta on leaf surface of bolting stem; 34. 萼片形态 Sepal shape; 35. 花瓣形状 Petal shape; 36. 花瓣着生状态 Arrangement way of petal; 37. 花瓣大小 Petal size; 38. 柱头与四强雄蕊的长度比 Proportion of stigma length and stamen length; 39. 萼片宽度 Sepal width.

### 1.3 数据处理

根据和谐分析法<sup>[19]</sup>对性状极性的和谐性进行分析,以调整各性状演化极性的关系;除个别性状外,各性状之间的关系都处于和谐状态(不和谐系数  $C$  为  $0.0 \sim 0.2$ )或基本和谐状态(不和谐系数  $C$  为  $0.3 \sim 0.4$ )。计算得出总的不和谐系数为  $0.3746$ ,表明整个数据矩阵处在基本和谐的状态,然后应用徐克学编制的计算机程序,在计算机上进行分支运算,并建立分支树系图。

## 2 结果和分析

根据前述的性状数据分布矩阵(表2)的结果进行相关运算处理后得到的分支系统树系图见图1。由图1可见,图中的最大步长为829,最小步长为47,实际步长为272,简约系数为0.2877。由于所得出的分支树系图的简约系数远小于1,可见运算结果较为合理。



横线上的数字表示不同性状的演化 The numbers on the transverse lines indicate the evolution of different characters.

CTU 01 - 22, 35: 野生芥菜型油菜 Wild *Brassica juncea* Czern. et Coss.; CTU 23 - 34: 野生白菜型油菜 Wild *B. campestris* L.; A: 藏东野生白菜型油菜组 East Tibet group of wild *B. campestris*; B: 藏中野生白菜型油菜组 Middle Tibet group of wild *B. campestris*; C: 藏中西野生芥菜型油菜组 Middle-west Tibet group of wild *B. juncea*; D: 藏南野生芥菜型油菜组 South Tibet group of wild *B. juncea*.

图1 西藏野生白菜型油菜和野生芥菜型油菜的演化分支树系图  
Fig. 1 Evolution dendrogram of wild *Brassica campestris* L. and wild *B. juncea* Czern. et Coss. in Tibet

## 2.1 西藏野生油菜的性状演化分析

2.1.1 西藏野生白菜型油菜的性状演化分析 根据39个性状的分布状况(表2),按照性状演化的早晚,可将西藏野生白菜型油菜的39个性状分为以下6类:

1) 早期演化的性状:包括基生叶抱茎状、基生叶叶柄刺毛有无、基生叶基部形态、伸长茎刺毛有无、伸长茎叶缘状、伸长茎叶基部形态、伸长茎叶表面刺毛有无、伸长茎叶抱茎状、伸长茎叶叶柄刺毛有无、茎叶边缘刺毛有无、茎叶基部形态和茎叶表面刺毛有无等12个性状,占性状总数的30.77%。

2) 中期演化的性状:包括基生叶表面刺毛有无、基生叶边缘刺毛有无、茎叶缘状、茎叶尖形状和花瓣形状等5个性状,占性状总数的12.82%。

3) 中晚期演化的性状:包括基生叶叶缘状、基生叶形状、基生叶厚度、基生叶表面色泽、伸长茎色泽、伸长茎叶缘裂状、伸长茎叶边缘刺毛有无、茎叶表面色泽、茎叶表面形状、萼片形态、花瓣着生状态、花瓣大小和柱头与四强雄蕊的长度比等13个性状,占性状总数的33.33%。

4) 晚期演化的性状:包括基生叶表面突起有无、基生叶叶柄基部横断面形态、伸长茎叶形状、伸长茎叶尖形状、茎色泽和萼片宽度等6个性状,占性状总数的15.38%。

5) 未演化的性状:包括伸长茎叶表面突起有无和茎叶缘裂状2个性状,占性状总数的5.13%。

6) 持续演化的性状:只有茎叶抱茎状1个性状,占性状总数的2.56%。

2.1.2 西藏野生芥菜型油菜的性状演化分析 根据39个性状的分布状况(表2),按照性状演化的早晚,也可将西藏野生芥菜型油菜的39个性状分为以下6类:

1) 早期演化的性状:包括基生叶叶缘状、茎叶缘状和茎叶缘裂状等3个性状,占性状总数的7.69%。

2) 中期演化的性状:包括伸长茎色泽、伸长茎叶基部形态、伸长茎叶表面突起有无、伸长茎叶表面刺毛有无、伸长茎叶边缘刺毛有无和茎叶基部形态等6个性状,占性状总数的15.38%。

3) 中晚期演化的性状:包括基生叶形状、基生叶基部形态、基生叶厚度、基生叶表面色泽、基生叶表面突起、伸长茎叶缘状、伸长茎叶形状、伸长茎叶尖

形状、伸长茎叶叶柄刺毛有无、茎叶边缘刺毛有无、茎叶尖形状、茎叶表面色泽、茎叶表面形状、茎叶表面刺毛有无、萼片形态、花瓣形状、花瓣着生状态、花瓣大小、柱头与四强雄蕊的长度比和萼片宽度等20个性状,占性状总数的51.28%。

4) 晚期演化的性状:包括基生叶表面刺毛有无、基生叶边缘刺毛有无、基生叶叶柄基部横断面形态、伸长茎刺毛有无、伸长茎叶抱茎状和茎色泽6个性状,占性状总数的15.38%。

5) 未演化的性状:包括基生叶抱茎状、基生叶叶柄刺毛有无和茎叶抱茎状等3个性状,占性状总数的7.69%。

6) 持续演化的性状:只有伸长茎叶缘裂状1个性状,占性状总数的2.56%。

## 2.2 西藏野生油菜的分支分类分析

2.2.1 野生白菜型油菜的分支分类分析 根据演化分支树系图(图1),可将西藏野生白菜型油菜分为藏东野生白菜型油菜组和藏中野生白菜型油菜组。

藏东野生白菜型油菜组的共同特征是:基生叶叶缘呈齿状,伸长茎叶边缘有刺毛,茎叶表面色泽淡绿,茎叶表面形状为狭长三角形或长椭圆形,花瓣着生状态为侧叠,柱头与四强雄蕊的长度相等。该组还可分为江达野生白菜型油菜亚组和横断山脉野生白菜型油菜亚组。其中,江达野生白菜型油菜亚组仅有江达野生白菜型油菜1种,其有别于其他野生白菜型油菜的独特特征是:基生叶厚,基生叶表面有突起;伸长茎叶表面色泽为深绿,伸长茎叶缘浅裂;茎色泽为深绿,花瓣小,柱头与四强雄蕊长度比较长。横断山脉野生白菜型油菜亚组则包括左贡产野生白菜型油菜、洛隆产野生白菜型油菜及昌都产野生白菜型油菜2号等,它们的共同特征是:叶表面色泽为深绿或淡绿,缩茎段基生叶片表面无刺毛,花瓣形状为倒卵形,萼片宽度较窄。

藏中野生白菜型油菜组的共同特征是:基生叶表面色泽为深绿或淡绿,基生叶表面无刺毛。该组可分为藏中南野生白菜型油菜亚组和藏中野生白菜型油菜亚组。其中,藏中南野生白菜型油菜亚组包括来源于藏中南扎囊的野生白菜型油菜1号、2号和来源于穷结的野生白菜型油菜等,其共同特征是:基生叶表面色泽为淡绿,基生叶边缘无刺毛;茎叶表面色泽为淡绿,茎叶表面形状为宽椭圆形,萼片形

态为直立,花瓣较小。藏中野生白菜型油菜亚组则包括来源于藏中贡嘎的野生白菜型油菜、乃东的野生白菜型油菜、藏北当雄的野生白菜型油菜及藏东昌都的野生白菜型油菜1号和类乌齐的野生白菜型油菜等,其共同的特征是:基生叶形状为倒卵形,基生叶叶片较厚,伸长茎叶边缘无刺毛。

2.2.2 野生芥菜型油菜的分支分类分析 根据演化分支树系图(图1),可将西藏野生芥菜型油菜分为藏中西野生芥菜型油菜组和藏南野生芥菜型油菜组。

藏中西野生芥菜型油菜组的共同特征是:基生叶基部形态为戟形、耳垂形或箭形,薹茎叶边缘无刺毛,薹茎叶表面无刺毛,柱头与四强雄蕊长度相等或较长。该组可分为藏西野生芥菜型油菜亚组和藏中野生芥菜型油菜亚组。其中,藏西野生芥菜型油菜亚组包括来源于日喀则的野生芥菜型油菜5号、谢通门的野生芥菜型油菜2号和拉萨的野生芥菜型油菜等,其共同特征包括:基生叶片表面有突起;伸长茎叶基部形态为戟形、耳垂形或箭形,伸长茎叶边缘无刺毛;薹茎叶尖形状为圆钝,花瓣形状为倒卵形。藏中野生芥菜型油菜亚组则包括来源于拉孜的野生芥菜型油菜、乃东的野生芥菜型油菜、日喀则的野生芥菜型油菜1号、林周的野生芥菜型油菜1号、桑日的野生芥菜型油菜1号和2号、日喀则的野生芥菜型油菜2号、贡嘎的野生芥菜型油菜2号及工布江达的野生芥菜型油菜等,其共同特征包括:伸长茎叶叶缘为齿状,伸长茎叶缘裂状为深裂,伸长茎叶表面无突起;薹茎叶基部形态为心形或耳垂形。

藏南野生芥菜型油菜组的共同特征是:基生叶表面色泽为淡绿;伸长茎叶缘为齿状,伸长茎叶缘裂状为浅裂;薹茎叶基部形态为心形或耳垂形。该组可分为藏西南野生芥菜型油菜亚组和藏中南野生芥菜型油菜亚组。其中,藏西南野生芥菜型油菜亚组包括日喀则产野生芥菜型油菜3号、康马产野生芥菜型油菜1号和2号、白朗产野生芥菜型油菜、林周产野生芥菜型油菜2号和贡嘎产野生芥菜型油菜1号,其共同特征为:基生叶表面有突起,薹茎叶片边缘无刺毛。藏中南野生芥菜型油菜亚组包括来源于谢通门的野生芥菜型油菜1号、左贡的野生芥菜型油菜、朗县的野生芥菜型油菜、日喀则的芥菜型油菜4号及墨竹工卡的野生芥菜型油菜,其共同特征为:伸长茎叶基部形态为戟形、耳垂形或箭形,薹茎叶缘

裂状为深裂。

### 3 结论和讨论

通过以上分析可以看出,野生白菜型油菜早于野生芥菜型油菜演化的性状包括基生叶抱茎状、基生叶叶柄刺毛有无、基生叶基部形态、基生叶片表面刺毛有无、基生叶边缘刺毛有无、伸长茎刺毛有无、伸长茎叶缘状、伸长茎叶基部形态、伸长茎叶边缘刺毛有无、伸长茎叶抱茎状、伸长茎叶叶柄刺毛有无、薹茎叶边缘刺毛有无、薹茎叶基部形态、薹茎叶表面刺毛有无和薹茎叶尖形状等15个性状,占性状总数的38.46%;与野生芥菜型油菜同期演化的性状包括基生叶抱茎状、基生叶厚度、基生叶表面色泽、基生叶叶柄基部横断面形态、薹茎叶表面色泽、薹茎色泽、薹茎叶表面形状、萼片形态、花瓣着生状态、花瓣大小及柱头与四强雄蕊长度比等11个性状,占性状总数的28.21%;晚于野生芥菜型油菜的性状包括基生叶叶缘状、基生叶表面突起有无、伸长茎色泽、伸长茎叶形状、伸长茎叶尖形状、伸长茎叶边缘刺毛有无、薹茎叶叶缘状、花瓣形态及萼片宽度等9个性状,占性状总数的23.08%。说明野生白菜型油菜和野生芥菜型油菜的基生叶、薹茎叶和花器官性状中,既有同期演化的也有非同期演化的,而伸长茎叶的所有性状均是非同期演化的,有自己独特的演化规则。

从分支树系图还可看出,西藏野生白菜型油菜中,来源于藏东“三江流域(金沙江、怒江、澜沧江)”的左贡产野生白菜型油菜、洛隆产野生白菜型油菜、昌都产野生白菜型油菜2号和江达产野生白菜型油菜等4份野生白菜型油菜种源聚在一起,形成藏东野生白菜型油菜组,而以来源于藏中地区为主的8份野生白菜型油菜则聚为藏中野生白菜型油菜组,形成两个明显的分支,表明藏中野生白菜型油菜组和藏东野生白菜型油菜组沿着不同的路线演化。西藏野生芥菜型油菜虽然主体上来源于藏中地区,但同样形成了不同的分支,在演化过程中,它们也沿着不同的路线演化,这可能与西藏高原地形地貌复杂、区域小气候多样、有利于西藏野生油菜性状分化与演化有关。

在本文中,作者运用分支系统学的原理与方法,对西藏野生油菜的性状演化进行了分析,研究结果

符合野生油菜演化的客观事实。研究表明,运用分支系统学的原理与方法进行油菜性状演化研究是可行的,也是可靠的,为油菜的演化研究提供了新的研究思路与方法,有助于对油菜演化问题进行进一步的深入探讨。

**致谢:** 在研究过程中承蒙中国科学院植物研究所徐克学研究员的帮助,在此谨表谢忱!

#### 参考文献:

- [1] 王建林, 旦巴, 胡书银, 等. 西藏白菜型油菜遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 遗传学报, 2002, 29(11): 1021-1027.
- [2] 王建林, 胡书银, 栾运芳, 等. 西藏油菜的生物多样性研究[J]. 西藏科技, 2002(11): 8-12.
- [3] 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.
- [4] 王建林, 胡书银, 栾运芳, 等. 油菜的起源及演化问题研究[J]. 西藏农业科技, 2002, 24(2): 21-26.
- [5] 王建林, 何燕, 栾运芳, 等. 中国芸薹属植物的起源、演化与散布[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 489-494.
- [6] 王建林, 栾运芳, 大次卓嘎, 等. 中国十字花科 (Brassicaceae) 的地理分布[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(3): 7-11.
- [7] 王建林, 栾运芳, 大次卓嘎, 等. 西藏野生油菜种质资源地理分布、生物学特性和保护对策[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(2): 134-137.
- [8] 王建林, 常天军, 成海宏, 等. 西藏野生油菜种质资源抗寒性鉴定与生态地理分布[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(3): 4-10.
- [9] 王建林, 栾运芳, 大次卓嘎, 等. 西藏野生油菜形态及生态特征多元统计分析[J]. 作物研究, 2006, 20(3): 223-226.
- [10] 王建林, 旦巴, 胡书银, 等. 西藏油菜遗传多样性和系统发生关系的 RAPD 分析[J]. 西藏科技, 2002(11): 17-24.
- [11] 王建林, 胡书银, 栾运芳, 等. 西藏芥菜型油菜品种资源及其开发利用研究[J]. 西藏科技, 2002(11): 41-43.
- [12] 王建林, 胡书银, 旦巴, 等. 西藏白菜型油菜 (*Brassica rapa*) 亲缘关系的研究[J]. 西藏科技, 2002(11): 52-59.
- [13] 王建林, 胡书银, 栾运芳, 等. 西藏白菜型油菜资源及其分布规律的研究[J]. 西藏科技, 2002(11): 60-62.
- [14] 王建林, 胡书银, 唐佳, 等. 西藏油菜种质资源的抗逆性研究[J]. 西藏科技, 2002(11): 63-64.
- [15] 徐克学. 分支分类的一种计算方法——最大同步法[J]. 植物分类学报, 1989, 27(3): 232-239.
- [16] 吴征镒, 路安民, 汤彦承, 等. 中国种子植物科属综论[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 504-521.
- [17] 吴征镒, 庄璇, 苏志云, 等. 中国植物志 第三十二卷[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 486-540.
- [18] 周大炎, 郭荣麟, 蓝永珍, 等. 中国植物志 第三十三卷[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 16-33.
- [19] 徐克学. 分支分类学中和谐性概念与和谐性分析方法[J]. 植物分类学报, 1994, 32(4): 380-388.

## 《植物遗传资源学报》2009 年征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,为中国科技核心期刊、全国优秀农业期刊。该刊为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊和中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,又被《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据中国期刊引证研究报告统计,2007年度《植物遗传资源学报》影响因子达 0.914。

报道内容为大田与园艺作物,观赏与药用植物,林用植物、草类植物及一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利

用、创新,信息学,管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

本刊为季刊,大 16 开本,128 页。每期定价 20 元,全年定价 80 元。全国各地邮局(所)发行,邮发代号:82-643。国内统一连续出版物号:CN 11-4996/S,国际标准连续出版物号:ISSN 1672-1810。本刊编辑部常年办理订阅手续,如需挂号每期另加 3 元。

地址:北京市中关村南大街 12 号 中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部(邮编 100081);电话:010-62180257,010-62180279(兼传真);E-mail:zwyczyxb2003@163.com, zwyczyxb2003@sina.com。

欢迎订阅! 欢迎投稿!