

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2012.01.011

# 不同品种红花营养器官解剖结构及孢粉特征研究

高武军<sup>1</sup>, 沙涛<sup>2</sup>, 刘林<sup>1</sup>, 邓传良<sup>1</sup>, 卢龙斗<sup>1\*</sup>

(1. 河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007; 2. 新乡市环保局, 河南 新乡 453007)

**摘要:** 利用光学显微镜和扫描电镜技术对5个品种红花的花粉微形态特征和营养器官解剖特征进行比较研究。结果表明:5个品种红花花粉外壁突起为刺突和乳突两种,花粉表面均具有皱波和网状雕纹;不同品种红花的叶片角质层厚度、叶脉厚、叶厚、VPD指数、栅栏组织/海绵组织厚度比、根木射线条数差异均达到显著水平;茎中机械组织发达,维管束环状排列、维管束的排列数目上表现种间特异性。这说明5个品种红花孢粉及营养器官解剖结构可能具有一定的耐盐、耐旱的基本生态适应性。

**关键词:** 红花; 营养器官; 孢粉特征; 解剖结构

中图分类号: Q944.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)01-0046-07

## Study on vegetative organs anatomical structure and pollen feature of different Safflower varieties

GAO Wu-Jun<sup>1</sup>, SHA Tao<sup>2</sup>, LIU Lin<sup>1</sup>,  
DENG Chuan-Liang<sup>1</sup>, LU Long-Dou<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China;

2. Environmental protection Bureau, Xinxiang 453007, China)

**Abstract:** The pollen features and vegetative organs anatomical structure of the five safflower varieties were examined using light microscopy(LM)and scanning electron microscopy(SEM). The results indicated that the pollen characteristics of five safflower varieties were basically the same, but the jut of exine was divided into two types for spike and mastoid. There were the regular and reticular sexine ornamentation on pollen surface. The differences involving cuticle thickness of leaf, vein thickness, leaf thickness, VPD index, the ratio of palisade tissue and spongy tissue, the number of vascular bundles and number of wood-rays between five varieties were significant. The machinery organization of stems very developed, vascular ring arrangement. These results implied that anatomical structure of safflower have drought and saline stress adaptability.

**Key words:** *Carthamus tinctorius*; pollen feature; vegetative organs; anatomical structure

红花属菊科(Compositae)红花属(*Carthamus*)植物1~2年生草本植物,原产大西洋东部、非洲西北的加那利群岛及地中海沿岸,在我国主要分布在河南、浙江、四川、云南、新疆等地,已有2100多年的栽培和用药历史(杨玉霞等,2004)。红花用途广

泛,但主要是药用,因此对于红花的研究目前主要集中在药用成分分析(姚苗苗等,2010)、药理机制(梁旭等,2005)、药材质量评价等方面。郭美丽等(1999)通过扫描电镜技术分析了4个红花栽培品种的孢粉特征发现红花的孢粉特征存在种内的差异

收稿日期: 2010-09-15 修回日期: 2011-11-28

基金项目: 河南省科技攻关重点项目(102102310021)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of Henan Province (102102310021)]

作者简介: 高武军(1973-),男,山西芮城人,副教授,主要从事植物细胞及分子遗传学,(E-mail)gaowujun@yahoo.cn.

\*通讯作者: 卢龙斗,男,教授,主要从事植物细胞及分子遗传学,(E-mail)lld5910@yahoo.com.

性。而对于红花主要营养器官的解剖结构研究仍鲜见报道。

近 20 年来,不少学者发现植物花粉及茎叶等解剖特征通常比较稳定,具有明显的种内及种间特异性(宿静等,2010;王文莉等,2005)。这些微形态特征在一定程度上能反映分类群间的系统发生,可用于科下属间或者种间关系的探讨(李雁群等,2010;Kong,2001)。而且,一些研究表明植物营养器官解剖结构特征和植物所处的生态环境适应性具有一定的关系(王勋陵等,1999;施海燕等,2010)。因此,本研究选取 5 个具有代表性的红花品种,利用光学显微镜和扫描电镜对其根、茎、叶解剖结构及花粉的微形态特征进行观察分析,为红花品种鉴定、优良品种的选育提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物材料

5 个不同品种红花的花粉在花粉成熟期取材,根、茎、叶均在各地始花期取材,每个样品随机各取 5 个单株。凭证标本保存于河南师范大学生物标本馆。具体材料见表 1。

### 1.2 研究方法

1.2.1 花粉微形态特征扫描电镜观察 取 5 种红花材料的花粉,用 2.5% 戊二醛固定,清洗,乙醇逐级梯度脱水(50%、70%、80%、90%、100%),取少许花粉粘于双面胶上,喷金镀膜后,置于扫描电镜(型号 KYKY-1000B,工作电压 25 KV)下按照埃尔特曼(1962)对花粉形态的描述和观察方法观察结果。

1.2.2 红花根、茎、叶解剖结构观察 随机取红花相同部位的根、茎、叶各 5 个材料,分别用 F. A. A 固定液固定,系列乙醇脱水,石蜡包埋,旋转切片机切片。切片厚度 8~10  $\mu\text{m}$ 。番红—固绿双重染色法染色,中性树脂封片。Olympus 显微镜观察结果。每个材料测定 3 个切片,每个切片随机取 3 个视野进行测量取平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 红花花粉形状及特征

红花花粉粒极面观为三角圆形,赤道面观近圆形或椭圆形。具 3 孔,孔口近圆形,孔膜突出,膜端部有疣状突起。(图版 I)极轴(P)长 40.24~46.78  $\mu\text{m}$ ,赤

道轴(E)长 31.82~45.78  $\mu\text{m}$ 。极轴与赤道轴比值(P/E)为 1.00~1.26,体积大小指数为 36~46。

表 1 材料来源  
Table 1 Source of materials

编号 No.	红花品种 Safflower Cultivar	来源地 Locality
1	新疆无刺红花 Xinjiang safflower	新疆乌鲁木齐 Unumiqi Xinjiang
2	义县红花 Yixian safflower	辽宁义县 Yi county Liaoning
3	延津红花 Yanjin safflower	河南延津 Yanjin county Xinxiang
4	川红花 Chuan safflower	四川达县 Da county Sichuan
5	云红 3 号 Yunhong No. 3	云南昆明 Kunming Yunnan

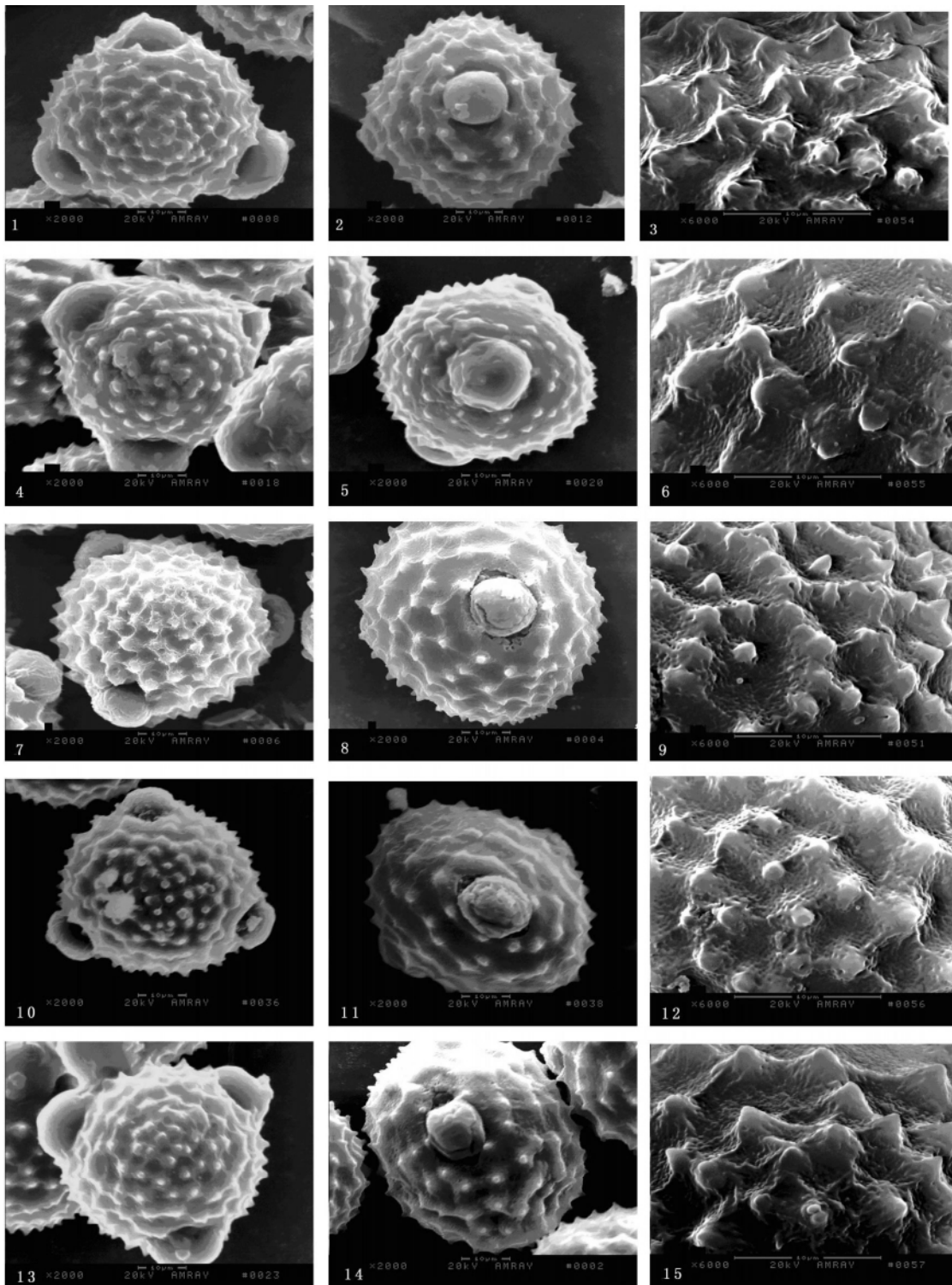
由表 2 和图版 I 可以看出,根据外壁突起不同可以将 5 种红花分为刺状突起(新疆红花、延津红花、云红 3 号)和乳状突起(义县红花、川红花)两类。从外壁表面雕纹来看,延津红花和川红花具有网格雕纹有穿孔,新疆红花、云红 3 号和义县红花是皱波雕纹无穿孔。极区外壁突起之间的连接不同品种间也存在差异,新疆无刺红花、延津红花突起间有密集的网络连接;义县红花、四川红花突起间无网络连接;云红 3 号极区有部分区域突起间无网络连接。

### 2.2 叶片横切解剖结构特征

5 个品种红花叶均由表皮、叶肉和叶脉组成,为等面叶。表皮内侧的栅栏组织由 3~4 层细胞组成,环栅结构近轴面栅栏组织细胞较长,排列紧密,远轴面栅栏细胞明显较短,细胞间隙大。近轴面栅栏组织和远轴面栅栏组织层数相等或不等。海绵组织为大型细胞,壁薄。叶内维管束数目多,在维管束周围有许多大型薄壁细胞所形成的贮水细胞,以及维管束鞘纤维(图版 II)。通过对 5 个不同品种红花叶片解剖结构的差异显著性检验发现,5 个不同的红花品种的叶片解剖结构多个特征存在品种间差异(表 3)。

### 2.3 叶中脉横切解剖结构特征

5 个品种红花叶中脉发达,近轴面分为圆突、平齐、深凹、微凸四种类型(图版 II)。上下轴面均有厚角组织。主脉下表皮层内侧是不连续的含叶绿体的薄壁细胞。中脉维管束为外韧型,韧皮部和木质部间有明显的形成层,富含韧皮纤维。维管束发达,维管束外有维管束鞘纤维包围,数量排列不同,四川红花主脉单个大维管束,其他 4 种主脉分布多个大小不同维管束。



图版 I 5 个不同品种红花花粉粒扫描电镜形态特征 1,4,7,10,13. 极面观; 5,8,11,14. 赤道面观; 6,9,12,15. 外壁纹饰; 1-3. 新疆无刺红花; 4-6. 义县红花; 7-9. 延津红花; 10-12. 川红花; 13-15. 云红 3 号。

Plate I Pollen morphology under SEM in five cultivated populations of Safflower 1,4,7,10,13. Polar view; 2,5,8,11,14. Equatorial view; 6,9,12,15. exine sculpture; 1-3. Xinjiang spine-less safflower; 4-6. Yixian safflower; 7-9. Yanjin safflower; 10-12. Chuan safflower; 13-15. Yunhong No. 3.

表 2 5 个不同品种红花花粉形态特征  
Table 2 Characters of pollen morphology under SEM in five cultivated populations of Safflower

种名 Cultivar	花粉形状 Pollen shapes		P/E Palisade /Spongy	体积大小 指数 Index of size	外壁纹饰特征 Exine sculpture characteristic	
	赤道面观 Equatorial view	极面观 Polar view			外壁表面 Outer wall surface	极区 Polar area
新疆无刺红花	近圆形	三角圆形	1.02	46	短刺突, 基部皱波雕纹无穿孔	各突起间细网格相连
义县红花	椭圆形		1.13	38	圆滑乳突, 基部浅皱波雕纹无穿孔	突起间无网格连接
延津红花	近圆形		1.00	42	密集刺突, 基部短条网格雕纹有穿孔	极区中心区域突起 间密集细网格连接
川红花	椭圆形		1.26	36	较平滑乳突, 基部弯曲条纹网格雕纹有穿孔	突起间无网格连接
云红 3 号	椭圆形		1.25	37	不规则刺突, 基部深皱波状雕纹无穿孔	中心区域无网格连接, 周围疏网格连接

表 3 5 个不同品种红花叶片解剖结构特征  
Table 3 Characters of leaf anatomy under LM in five cultivated populations of Safflower

种名 Cultivar	角质层厚 ( $\mu\text{m}$ ) Hornymembrane thickness	叶脉厚 ( $\mu\text{m}$ ) Vein thickness	叶厚 ( $\mu\text{m}$ ) Leaf thickness	VPD	海绵组织 厚度 ( $\mu\text{m}$ ) Spongy tissue thickness	栅栏组织 Palisade tissue			栅栏/ 海绵 Palisade /Spongy
						胞间隙 ( $\mu\text{m}$ ) Cell gap	层数 Plies number	厚度 ( $\mu\text{m}$ ) Thickness	
新疆无刺红花	14.74aA	901.31cC	321.98cC	2.80bB	71.79bB	8.97cC	2+2	161.25bB	2.24cC
义县红花	9.66cC	600.80eE	270.63eE	2.22cC	54.79cC	17.33bB	2+2	163.75bB	2.98bB
延津红花	12.53bB	1068.15aA	350.16bB	3.05aA	50.01cC	32.05aA	2+1	215.86aA	4.31aA
川红花	9.00dD	643.12dD	300.00dD	2.15dC	70.16bB	15.54bB	2+1	107.66cC	1.53dD
云红花	5.90eE	931.50bB	596.79aA	1.56eD	125.65aA	32.07aA	2+1	162.91bB	1.29eE

注: 大、小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。

Note: The different capital and small letters indicated significances at 0.01 and 0.05 level, respectively.

表 4 5 个不同品种红花叶中脉解剖结构特征  
Table 4 Characters of leaf veins anatomy under LM in five cultivated populations of Safflower

种名 Cultivar	近轴面形状 Shape of nearly pinacoid	厚角细胞层数 Layers of collenchymatous cell		表皮毛 Epidermal hair	维管束 Vascular bundle	
		近轴面 Close pinacoid	远轴面 Remote pinacoid		数目 Number	与中脉直径比 Costa diameter ratio
新疆无刺红花	圆突, 见腺毛	1	4	较少	3 大 1 小	0.37
义县红花	平齐, 波状	2	1	较少	1 大 1 小	0.77
延津红花	深凹, 平滑	1	4	无	3 大 2 小	0.54
川红花	微突, 平滑	3	2	较多	1 大	0.79
云红花	深凹, 平滑	1	3	较少	1 大 2 小	0.44

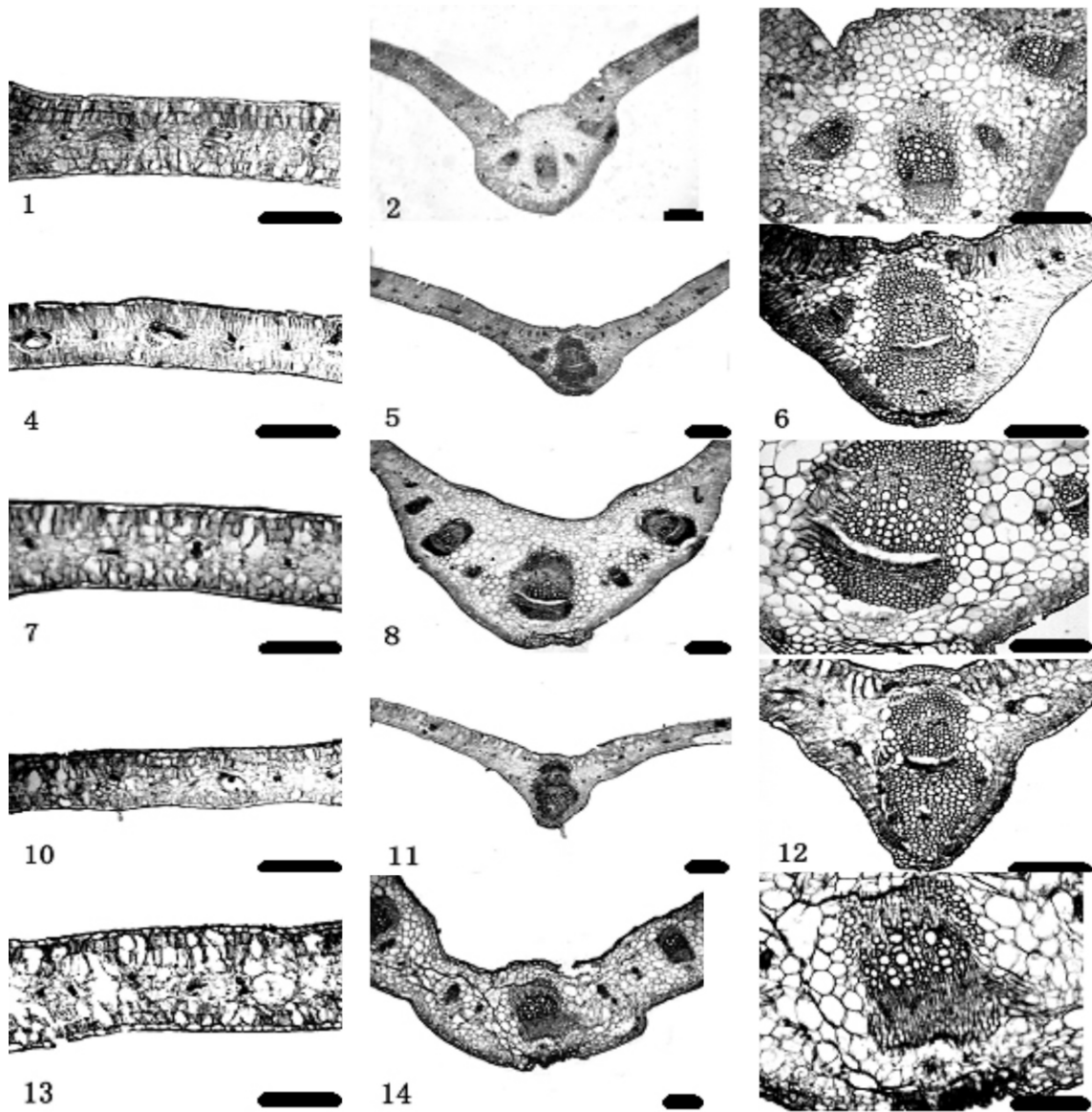
## 2.4 茎横切解剖形态特征

5 种红花茎横切表皮细胞类方形, 小而排列紧密。表皮表面可见脊状突起。外侧皮层具数层厚壁细胞。细胞壁明显增厚, 内皮层为较大的薄壁细胞 (图版 III)。但是不同品种红花在茎横切形状, 厚角组织层数, 皮层厚度等方面存在差异 (表 5)。茎的形状可分为三类: 近圆 (义县、延津、云红); 阔椭圆 (四川) 和圆多边形 (新疆)。皮层层数尤以云红花 5 层最少, 其他 4 种均较多。新疆红花无分泌道, 其余 4 个品种红花分泌道位于韧皮部外侧, 内含褐色分泌物。维管束排列方式有三种: 近单轮环状排列 (义县、延津、四川); 两轮分散排列 (新疆); 单轮密集环

状排列 (云红花)。

## 2.5 红花主根解剖结构特征

5 个产地红花根横切形状分为近圆形 (义县, 云红)、卵圆 (新疆) 和椭圆 (延津, 四川) 三种 (图版 IV)。基部有呈环状排列的分泌道。韧皮部较窄, 细胞类圆形或类方形, 韧皮射线不明显。木质部宽广, 放射状, 由导管、纤维和薄壁细胞组成, 导管略呈径向排列, 木射线由薄壁细胞组成。5 个品种红花木射线条数, 排列都差异显著, 新疆红花, 云红花较少仅两条, 义县红花条数最多。除义县红花外, 其余四种材料皮层细胞发达, 内皮层加厚, 这与盐生植物具有的耐盐胁迫特征相一致。



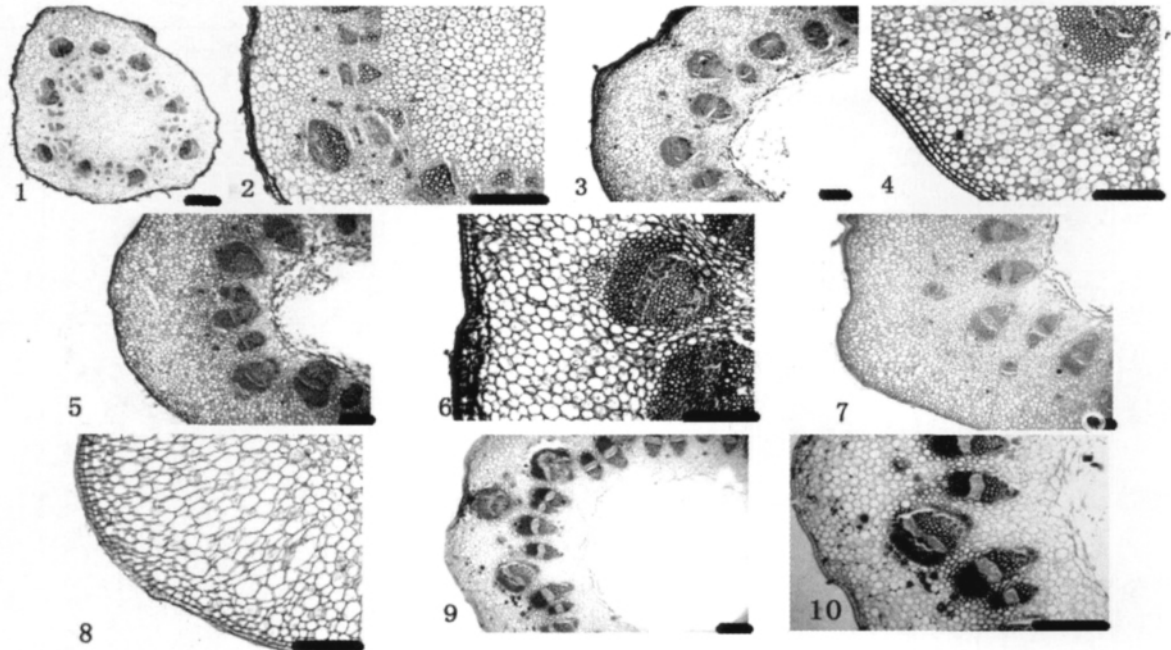
图版 II 光学显微镜下 5 个不同品种红花叶横切 1,4,7,10,13. 叶片; 2,5,8,11,14. 叶中脉; 6,9,12,15. 叶中脉; 1-3. 新疆无刺红花; 4-6. 义县红花; 7-9. 延津红花; 10-12. 川红花; 13-15. 云红 3 号。

Plate II Transverse section of leaf under LM in five cultivated populations of Safflower(Scale bar:200 $\mu$ m in Fig. 1-12) 1,4,7,10,13. Leaf; 5,8,11,14. Midrib; 6,9,12,15. Midrib; 1-3. Xinjiang spine-less safflower; 4-6. Yixian Safflower; 7-9. Yanjin Safflower; 10-12. Chuan Safflower; 13-15. Yunhong No. 3.

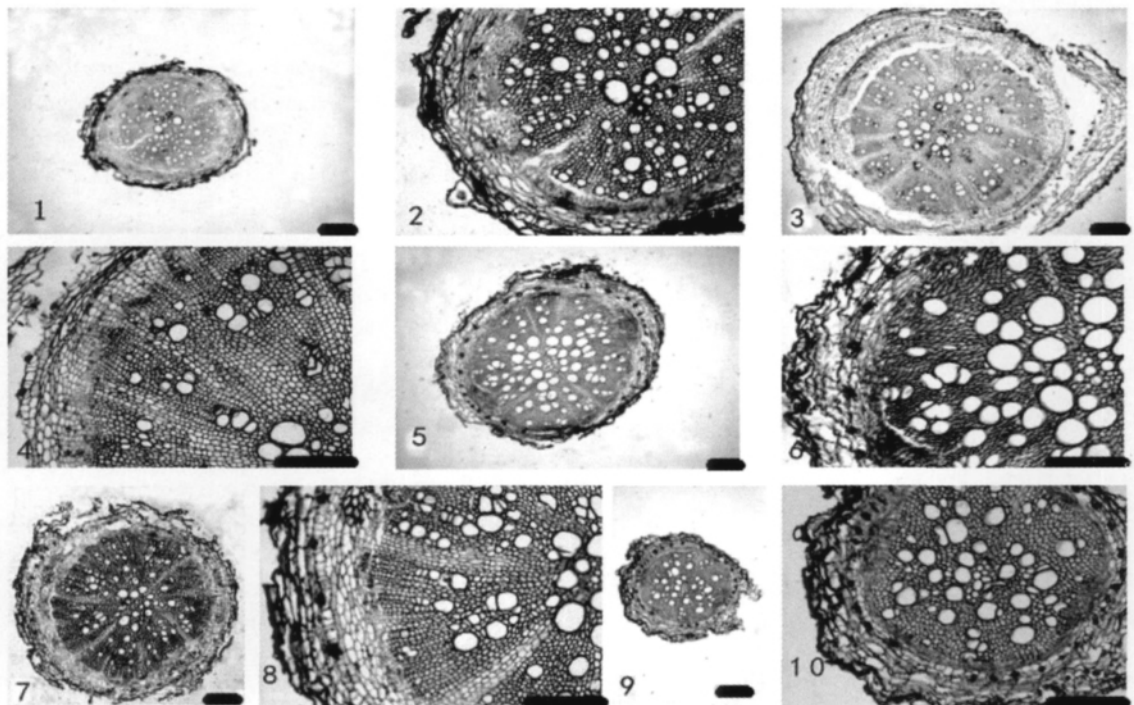
表 5 5 个不同品种红花茎解剖结构特征

Table 5 Characters of stem anatomy under LM in five cultivated populations of Safflower

种名 Cultivar	形状 Shape	厚壁组织层数 Layer of sclerenchyma	皮层层数 Layer of cortex cell	维管束特征 Vascular bundle characteristic	分泌道 Secretory canals	维管束个数 No. of vascular bundle	髓 Pith
新疆无刺红花	圆多边形	0	8	19 个外韧维管束两轮分散排列	无	19	有
义县红花	近圆形	3~4	9	27 个外韧维管束近单轮排列	有褐色内含物	27	无
延津红花	近圆形	2~4	10	21 个外韧维管束近单轮排列	有褐色内含物	21	无
川红花	阔椭圆形	1~2	10	32 个外韧维管束近单轮排列	有褐色内含物	32	无
云红花	近圆形	1~2	5	38 个外韧维管束,大小较均一,单轮密集环状排列	有褐色内含物	38	无



图版 III 光学显微镜下 5 个不同品种红花茎横切 1-2. 新疆无刺红花; 3-4. 义县红花; 5-6. 延津红花; 7-8. 川红花; 9-10. 云红 3 号。  
 Plate III Transverse section of stem under LM in five Safflower cultivar (Scale bar: 200  $\mu$ m in Fig 1-10) 1-2. Xinjiang spine-less Safflower; 3-4. Yixian Safflower; 5-6. Yanjin Safflower; 7-8. Chuan Safflower; 9-10. Yunhong No. 3.



图版 IV 光学显微镜下 5 个不同品种红花主根横切 1-2. 新疆无刺红花; 3-4. 义县红花; 5-6. 延津红花; 7-8. 川红花; 9-10. 云红 3 号。  
 Plate IV Transverse section of taproot under LM in five Safflower cultivar (Scale bar: 200  $\mu$ m in Fig 1-10) 1-2. Xinjiang spine-less Safflower; 3-4. Yixian Safflower; 5-6. Yanjin Safflower; 7-8. Chuan Safflower; 9-10. Yunhong No. 3.

表 6 5 个不同品种红花主根解剖结构特征

Table 6 Characters of root anatomy under LM in five cultivated populations of Safflower

种名 Cultivar	主根形状 Shape of taproot	直径 Diameter (mm)	木栓细胞层数 Layer of cork cell	皮层细胞层数 Layer of cortex cell	韧皮纤维 Bast fibre	木质部特征 Xylem characteristic	
						木射线 Xylem ray	导管孔径(直径比) Vessel aperture (diameter ratio)
新疆无刺	椭圆形	1.06	4	5~6	较多	2条, 2~3列薄壁细胞	6.5%
义县红花	近圆形	1.89	1~2	1~2	少	发达, 3~4列薄壁细胞	5.6%
延津红花	椭圆形	1.69	1~2	2~3	较多	5条, 1~2列薄壁细胞	4.9%
川红花	椭圆形	1.60	3	4	少	8条, 5~6列薄壁细胞	5.2%
云红花	近圆形	0.86	3	5	多	2条, 4~5列薄壁细胞	7.5%

### 3 讨论

在本研究条件下, 5 个红花材料解剖结构和孢粉特征在存在一定的品种间差异, 叶横切角质层厚度、叶脉厚、叶厚和栅栏组织/海绵组织比值的种间差异均达到极显著水平。根据花粉外壁突起也可以将 5 种红花分为两类: 新疆红花、延津红花、云红 3 号外壁为刺状突起; 义县红花、川红花外壁为乳状突起。因此, 红花叶片解剖结构特征和孢粉特征可以为红花的品种鉴定提供一定的参考。

本文研究的 5 个红花品种营养器官的解剖特征也可能和其长期的生态适应性相关。研究表明, 抗旱性植物在其花粉、根茎叶等结构方面具有较为典型的特征。如大多数干旱区旱生植物花粉具有刺状雕纹基部形成网状雕纹(韩雪等, 2009)。红花叶为等面叶, 表皮细胞具不同厚度的角质层, 可反射光的照射, 减少叶面蒸腾; 叶表皮内的两面都具的栅栏组织也能防止强光对叶肉的灼伤, 增强光合效率; 叶栅栏组织极发达, 叶缘为典型的环栅型, 或近全栅型, 使得叶片表面积与体积之比较小, 这种结构可以减少水分散失; 叶脉都较发达, 脉间区小, 叶脉外方均有维管束鞘包围。这些特征都使叶的支持力增强、输导功能完善, 以适应旱生环境。这一点充分支持了红花为一种高抗旱的典型植物。红花的根具有周皮, 这种周皮可能防止夏季红花根部向沙层反渗透失水, 增强了红花的抗旱性。本实验中 5 个品种红花从北到南依次分布。结果表明, 延津红花花粉表面纹饰、栅栏组织及叶脉较其他四个品种发达, 抗旱特征最为显著, 其次为义县红花, 四川红花, 云南红花较弱。这与不同品种生活地理环境降水量及干旱程度相一致。其次, 研究表明, 植物微形态和盐生生态环境也存在密切的联系。如盐生植物多具有等面

叶、叶片栅栏组织发达、叶片角质层加厚、叶肉中贮水细胞发达等一些典型微形态特征(王勋陵等, 1999; 肖雯, 2002; 叶子葳等, 2010)。其根部表皮和外皮层发达、内皮层较厚, 这与本研究中红花具有的微形态特征基本一致, 推测红花可能也具有一定的盐生生态环境适应性(朱宇旌等, 2001)。

### 参考文献:

- Guo ML(郭美丽), Zhang ZY(张芝玉), Zhang HM(张汉明), *et al.* 1999. Studies on the pollen feature, bands of isozyme and contents of chemical components on cultivated population of Safflower(不同栽培居群红花的孢粉特征、同工酶谱及化学成分含量)[J]. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), **34**(11): 728-730
- G·埃尔特曼; 王伏雄, 钱南芬, 译. 1962. 花粉形态与植物分类[M]. 北京: 科学出版社
- Han X(韩雪), Zhi YB(智颖飙), Zhou ZZ(周忠泽), *et al.* 2009. Study on pollen morphology and its ecological factors of xerophil in western erdos(西鄂尔多斯六种强旱生植物的花粉形态及其生态因子)[J]. *Acta Micropalaeontol Sin* (微体古生物学报), **26**(1): 57-64
- Kong HZ. 2001. Comparative morphology of leaf epidermis in the Chloranthaceae[J]. *Bot J Lim Soc*, **136**: 279-294
- Liang X(梁旭), Yang CY(杨纯玉), Huang ZJ(黄志军), *et al.* 2005. The carthamin's effect on the platelet activity after the elderly patients' treatment by PTCA(红花液对老年病人冠脉介入术后血小板活化的干预)[J]. *Chin J Prac Inter Med* (中国实用中医内科杂志), **21**(1): 138-139
- Li YQ(李雁群), Li YJ(黎颖菁), Li H(黎桦), *et al.* 2010. A comparative study on the leaf blade structure and spore of seven *Pyrrhosia* species in Guangxi(广西石韦属七种植物叶片结构与孢子形态的比较研究)[J]. *Guihaia* (广西植物), **30**(4): 462-470
- Shi HY(施海燕), Wang YF(王一峰), Gao HY(高宏岩). 2010. Adaptation of anatomical structures of the leaves of *Saussurea stella* Maxim to the alpine environment(星状雪兔子植物叶的解剖结构对高山环境的适应性)[J]. *Guihaia* (广西植物), **30**(5): 621-625
- Su J(宿静), Tang GG(汤庚国), Yu LS(俞禄生). 2010. Pollen features of 5 species in genus *Tillandsia* under SEM(铁兰属 5 种植物花粉微形态的扫描电镜观察)[J]. *J Nanjing Fore Univ; Nat Sci Edi* (南京林业大学学报·自然科学版), **34**

(下转第 112 页 Continue on page 112)

- 萝芙木光合特性和生长的影响[J]. *Chin J Eco-Agr*(中国生态农业学报), **18**(4):758—764
- Hegedus A, Erdei S, Horváth G. 2001. Comparative studies of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress[J]. *Plant Sci*, **160**:1 085—1 093
- Jia GM(贾国梅), Zhang HY(张红燕), Han JC(韩京成), et al. 2009. Effects of soil water contents on the eco-physiological characteristics of Bermuda grass Leaves(土壤含水量对狗牙根叶片生理生态指标的影响)[J]. *Res Soil Water Conserv*(水土保持研究), **16**(5):199—202
- Kong DX(孔德鑫), Liang HL(梁惠凌), Wei JQ(韦记青), et al. 2010. Effect of soil drought stress on growth and some physiological properties of *Abrus mollis* seedlings(土壤干旱胁迫对毛鸡骨草幼苗生长及某些生理特性的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), **30**(4):521—525
- Li D(李丹), Li L(李力), Zhang LH(张柳红). 2010. Experimental study on anti-cytomegalovirus effect of active ingredients in *Houttuynia*(鱼腥草有效成分抗巨细胞病毒的实验研究)[J]. *Matern Child Health Care Chin*(中国妇幼保健), **36**:5 463—5 464
- Liochev SI, Fridovich I. 2010. Mechanism of the peroxidase activity of Cu,Zn superoxide dismutase[J]. *Free Radical Biol Med*, **48**:1 565—1 569
- Ozkur O, Ozdemir F, Bor M, et al. 2009. Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte *Capparis ovata* to drought[J]. *Environ Exp Bot*, **66**:487—492
- Qi YC(齐迎春), Tian GZ(田国政), Hu C(胡诚). 1999. Study of quality comparison of cultivating and wild *Houttuynia cordata*(栽培与野生鱼腥草质量比较研究)[J]. *Spe Wild Econ Animal Plant Res*(特产研究), **4**:26—27
- Qu WY(瞿万云), Tan ZW(谭志伟), Yu AN(余爱农), et al. 2010. Analysis of the chemical constituents of volatile oil from *Houttuynia cordata* in Enshi mountainous area(恩施山区鱼腥草挥发油的化学成分分析)[J]. *J Hubei Univ Nation: Nat Sci Edi*(湖北民族学院学报·自然科学版), **28**(1):6—9, 36
- Tang T, Shi S, Li D, et al. 2007. Physiological and biochemical responses of *Scytonema javanicum*(*Cyanobacterium*) to salt stress [J]. *J Arid Environ*, **71**(3):312—320
- Vartapetian BB, Jackson MB. 1997. Plant adaptation to anaerobic stress[J]. *Ann Bot*, **79**: 3—20
- Wang GB(汪贵斌), Cai JF(蔡金峰), He XH(何肖华). 2009. Effects of water logging stress on morphology and physiology of *Camptotheca acuminata*(涝渍胁迫对喜树幼苗形态和生理的影响)[J]. *Chin J Plant Ecol*(植物生态学报), **33**(1):134—140
- Wang SH, Yang ZM, Yang H. 2004. Copper induced stress and antioxidative responses in roots of *Brassica juncea*[J]. *Bot Bull Acad Sin*, **45**(3):203—212
- Yang YL(杨玉兰), Tang JH(唐加红), Liu D(刘丹), et al. 2010. Effects of drought stress on the protective enzyme activity and membrane lipid peroxidation of Ningnuomai 1(干旱胁迫对宁糯麦1号膜脂过氧化及保护酶活性的影响)[J]. *Crops*(作物杂志), **5**:43—47
- Yang YX(杨玉霞), Wu W(吴卫), Zheng YL(郑有良), et al. 2003. Study on comparative anatomy of different population of *Houttuynia*(蕺菜属不同居群间比较解剖学研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **23**(5):429—435
- Yin DM, Chen SM, Chen FD, et al. 2010. Morpho-anatomical and physiological responses of two *Dendranthema* species to water-logging[J]. *Environ Exp Bot*, **68**:122—130
- Zhang J(张剑), Zeng HY(曾虹燕), Huang Y(黄炎), et al. 2010. Extraction of flavonoid from *Houttuynia cordata* by ultrasound and its anti-oxidation(超声波协同提取鱼腥草黄酮及其抗氧化性)[J]. *Guihaia*(广西植物), **30**(1):141—144
- Zhang PP(张盼盼), Feng BL(冯佰利), Wang PK(王鹏科), et al. 2010. Leaf senescence and protective enzyme system of broom-corn millet under drought condition(干旱条件下糜子叶片衰老与保护酶活性变化)[J]. *Agric Res Arid Areas*(干旱地区农业研究), **28**(2):99—108
- Zhang XQ(张显强), Luo ZQ(罗在柒), Tang JG(唐金刚), et al. 2004. Effect of high temperature and drought stress on free proline content and soluble sugar content of *Taxiphyllum taxirameum*(高温和干旱胁迫对鳞叶蕨游离脯氨酸和可溶性糖含量的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), **24**(6):570—573
- Zheng CF, Jiang D, Liu FL, et al. 2009. Effects of salt and water-logging stresses and their combination on leaf photosynthesis, chloroplast ATP synthesis, and antioxidant capacity in wheat [J]. *Plant Sci*, **176**:575—582

(上接第 52 页 Continue from page 52)

- (1):138—140
- Wang WL(王文莉), Zhao LY(赵兰勇), Feng Z(丰震), et al. 2005. Studies on pollen microscopic morphology and cultivars classification in pingyin rose(平阴玫瑰花粉亚显微形态及品种分类研究)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), **32**(3):527—530
- Wang XL(王勋陵), Ma J(马骥). 1999. A study on leaf structure and the diversity of xerophytes ecology adaptation(从旱生植物叶结构探讨其生态适应的多样性)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **19**(6):787—792
- Xiao W(肖雯). 2002. Microstructures in the nutritional organs of five halophytes(五种盐生植物营养器官显微结构观察)[J]. *J Gansu Agri Univ*(甘肃农业大学学报), **37**(4):421—427
- Yang YX(杨玉霞), Wu W(吴卫), Zheng YL(郑有良), et al. 2004. Advances in studies on safflower(*Carthamus Tinctorius*) (红花研究进展)[J]. *J Sichuan Agric Univ*(四川农业大学学报), **22**(4):365—369
- Yao MM(姚苗苗), Ren AN(任爱农), Dong ZC(董仲才). 2010. RP-HPLC determination of safflorin A and safflower yellow A in *Carthamus tinctorius*(RP-HPLC法同时测定红花中羟基红花黄色素 A 与红花黄色素 A 的含量)[J]. *Chin J Pharm Anal*(药物分析杂志), **30**(2):89—91
- Ye ZW(叶子葳), Yan MT(严慕婷), Ye CX(叶创兴), et al. 2010. Leaf structure of *Avicennia marina* and its ecological adaptability(红树植物白骨壤叶片的解剖结构及其生态适应性)[J]. *Guihaia*(广西植物), **30**(2):174—176
- Zhu YJ(朱宇旌), Zhang Y(张勇), Hu ZZ(胡自治), et al. 2001. Studies on the microscopic structure of *Puccinellia tenuiflora* roots under different salinity stress(小花碱茅根适应盐胁迫的显微结构研究)[J]. *Chin J Grass*(中国草地), **23**(1):37—401