

乌塌菜品种间营养器官结构差异及相关性评价

舒英杰, 周玉丽

(安徽科技学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要: 对8个乌塌菜品种营养器官的解剖结构和主要农艺性状进行了观察、统计和分析。结果显示,8个乌塌菜品种叶角质膜厚度、同化组织比例和细胞间隙在品种间表现出差异性;叶柄维管束中导管数量和直径在品种间的变异较大(变异系数分别为33.9%和36.2%),而维管束数量和直径在品种间的变异较小(变异系数分别为23.8%和25.2%)。各品种农艺性状存在不同程度差异:单株叶片数和单株叶片重在品种间差异较大(变异系数分别为97.16%和71.30%);最大叶片面积的变化较小(变异系数47.87%)。聚类分析结果表明,8个乌塌菜品种可分为三类,每类代表一定的品性。23个指标之间的相关性分析表明,极显著正相关的有10个,占指标对的3.95%,极显著负相关的有3个,占1.19%。根据相对输导率判断,W38的抗旱性最强,W11的抗旱性最弱。

关键词: 乌塌菜; 营养器官; 解剖结构; 性状; 相关性

中图分类号: Q944.53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)04-0456-07

Assessment of vegetative organ structure difference and their correlations among cultivars of *Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*

SHU Ying-Jie, ZHOU Yu-Li

(Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: Anatomical structure and main agronomic characters of eight cultivars in wuta-cai (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*) were observed, counted and analysed. The results indicated that the thickness of cuticle and mesophyll tissue, and the size of intercellular space showed some differences among these cultivars. The numbers and diameters of vessel in the petioles had higher variation among the eight cultivars (with coefficient of variation 33.9% and 36.2%, respectively), while the number of vascular bundle and their diameters were lower (with coefficient of variation 23.8% and 25.2%, respectively). There were distinct differences in number of leaves and weight of lamina per plant (with coefficient of variation 97.16% and 71.30%, respectively), but the differences of the maximum spread width and weight per fresh plant were no evident (with coefficient of variation 47.87%). Eight cultivars were divided into three groups by cluster analysis at 6.87 of rescaled distance, which were W2 and W11, W23, W39, W56, W57 and W61, and W38, each group stood for a certain kind of cultivar character. Correlation analysis between 23 indices indicated that 10 index-pairs were significant positive correlated and three of them were significant negative correlated, taking up 3.95% and 1.19% of total index-pairs, respectively. Judging by integrated estimate, the cultivar W38 had the highest drought resistance and that of W11 was the lowest.

Key words: wuta-cai (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*); vegetative organ; anatomical structure; character; correlation

收稿日期: 2010-12-22 修回日期: 2011-04-25

基金项目: 安徽省高等学校青年教师科研资助计划(2006jq1194) [Supported by Young Teacher Scientific Research Project of Institution of Higher Learning in Anhui Province(2006jq1194)]

作者简介: 舒英杰(1977-), 男, 湖北阳新人, 硕士, 讲师, 主要从事蔬菜遗传育种和栽培研究, (E-mail) xuanxuan051010@163.com.

乌塌菜 (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*) 是十字花科芸薹属芸薹种白菜亚种的一个变种, 是以叶为主要产品器官的二年生草本植物, 原产中国, 主要分布在长江流域。在安徽、江苏等地是一种食用较广、栽培面积较大的特色蔬菜, 因其叶片富含维生素 C 而被称为“维他命菜”(宋元林, 1996)。不同植物或同一作物的不同品种, 由于进化演变过程中所处的生境不同, 其营养器官的形态构造及解剖结构会出现差异。之前人们主要从解剖结构及其分类学意义、解剖结构与生境的关系以及不同物种或同一物种不同品种(类型)间解剖结构的差异等方面对植物的解剖结构进行了研究(Doley, 1981; Donselman 等, 1982; 李吉跃, 1991; 邓艳等, 2004; 史刚荣, 2004; 朱栗琼等, 2007)。而目前有关蔬菜植物解剖结构研究的报道相对较少(邹琦丽, 1981; 李扬汉, 1991)。

叶片是乌塌菜的主要产品器官, 同时也是其适应外界环境的直接指示。目前关于乌塌菜的研究主要集中在农艺性状分析、营养成分动态变化、品种比较、高产栽培技术、病虫害防治等方面(舒英杰等, 2005a; 周玉丽等, 2010), 而有关乌塌菜营养器官解剖学方面的研究, 特别是解剖结构与农艺性状间相关性尚未见报道。本研究从收集到的 63 份乌塌菜种质资源中选择形态差异较大且在生产中表现较好的 8 个品种, 对其营养器官的解剖结构和农艺性状进行了对比观察, 旨在为乌塌菜高产、抗性品种筛选以及优良种质的创制提供解剖学方面的理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

从收集到的 63 份乌塌菜种质资源中筛选出 8 个形态差异较大且在生产中表现较好的品种(表 1)。于 2008 年 9 月开始育苗, 一个月后定植, 每品种定植 3 个小区, 随机排列, 每小区定植 32 株, 间距 32 cm×32 cm。生育期内使用常规管理方法, 各品种每次施肥、浇水、防治病虫害等措施保持一致。

1.2 方法

1.2.1 解剖结构 三叶期采集叶片, 七叶期采集叶柄和根, 将采集的叶片切成 5 mm×5 mm 的小片, 叶柄和根切成长约 5 mm 小段。将材料置于 FAA 固定液中固定、抽气、保存, 常规石蜡切片制片, 番红固绿染色, 中性树胶封片, 制成永久切片。在光学显

微镜(Olympus BH-2)下进行观察、测量和拍照。表皮厚度、气孔率、角质层、同化组织、维管束和导管等均观察 5 个切片(或装片), 每个切片(或装片)观察 20 个视野, 取平均值。

表 1 供试乌塌菜品种
Table 1 List of tested cultivars of wuta-cai

品种代号 Cultivar Code	品种名称 Cultivar name	种子来源 Seed origin
W2	黑心乌	安徽合肥
W11	精选菊花心	安徽凤阳
W23	绿领黑心乌	江苏南京
W38	绿领乌塌菜	江苏南京
W39	淮南塌地乌六号	安徽淮南
W56	优选黄芽	浙江杭州
W57	诚信乌菜一号	安徽合肥
W61	精选黑心乌	辽宁新民

叶表皮制作采用改进的制片方法(洪亚平等, 2002), 在制成的永久装片上观察气孔分布模式、表皮细胞特点, 选取视野中的细胞, 测量大小(最长×最宽), 取平均值, 气孔率公式为:

$$I = \frac{S}{S+P} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

其中 I 为气孔率, S 为单位视野气孔数, P 为单位视野普通表皮细胞数。

维管束中导管分子采用硝酸—铬酸离析法进行离解、染色(李正理, 1996): 取叶柄中的维管束, 切为长约 1 cm 的小段, 置于硝酸—铬酸(1:1, V/V)离析液 48 h, 去离析液, 加入蒸馏水, 玻棒捣至絮状, 离心(2 000 r/min, 15 min), 重复数次, 直至无黄色色泽为止。材料经梯度乙醇脱水, 100%乙醇中保存备用。吸管吸取少量材料, 滴在载玻片中央, 盖片, 显微镜下观察离析材料中导管分子, 并记数。

变异系数计算公式为: $CV = \frac{S}{X} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$

其中 CV 为变异系数, S 为标准差, X 为平均数。

1.2.2 农艺性状观测 在乌塌菜产品器官形成期, 各品种选有代表性的 10 株, 分别测定株高、最大展幅(以对角线两叶片间最大值计)、单株叶片数(以叶面积大于 1 cm² 的叶片计)、最大叶片面积(用印相质量测定法)、最大叶片长度、最大叶片宽、最大叶柄长度、最大叶柄宽度、单株鲜重、单株叶片重、单株叶柄重, 各指标取其 10 株的平均值。

本试验数据的聚类和相关性分析由 DPS 软件完成。

2 结果与分析

2.1 叶片解剖结构观察

8个乌塌菜品种的表皮均由1层细胞构成,表皮细胞的形状和大小规则,排列紧密(图1)。表皮细胞均有厚的角质层,角质层厚度在同一品种的上、下表皮及品种间存在差异,W2的表皮最厚,上表皮

平均20.0 μm,下表皮平均13.5 μm,W23的表皮最薄,上表皮7.5 μm,下表皮10.0 μm(表2)。8个乌塌菜品种的上、下表皮均有气孔,气孔模式为横列型(图1,刘穆,2008),下表皮气孔比上表皮多,上表皮气孔率最大的是W23(13.8%),最小的是W38(8.7%),下表皮气孔率最大的是W57(33.3%),最小的是W38(18.2%)。各品种都有长短不等的表皮毛,W23的最为显著(图2)。

表 2 不同乌塌菜品种叶片解剖特征比较

Table 2 Comparison of leaf anatomical characters of different wuta-cai cultivars

品种代号 Cultivar code	表皮厚度 (μm) Epidermis thickness		气孔率 Stoma rate (%)		角质层 Cutin layer (μm)		同化组织 (μm) Assimilation tissue	
	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis	栅栏组织 Palisade tissue	海绵组织 Spongy tissue
W2	20.0	13.5	14.5	21.3	3.5	2.2	119.8	155.2
W11	17.5	12.5	15.5	22.7	3.3	2.4	124.0	176.0
W23	7.5	10.0	13.9	24.2	2.0	1.7	359.5	590.5
W38	15.0	5.0	8.7	18.2	4.5	3.2	236.3	688.7
W39	12.5	10.0	13.8	27.6	2.4	1.4	266.0	434.0
W56	15.0	7.5	12.8	27.2	2.5	2.0	264.4	285.6
W57	15.0	6.0	13.6	33.3	2.3	1.7	227.9	247.1
W61	12.5	7.5	12.1	28.6	2.6	2.1	245.6	354.4

8个乌塌菜品种同化组织均分化为明显的栅栏组织和海绵组织。栅栏组织由数层柱状细胞紧密排列而成,海绵组织一般由3~4层不规则的近圆球形细胞构成,随着发育进程的推进,叶片的海绵组织逐渐分化,相对比例加大(图版I:3-5),各乌塌菜品种栅栏组织和海绵组织的厚度、比例以及各组织的细胞间隙表现出品种间差异性,其中W56和W57的栅栏组织所占比例较大,而W38栅栏组织所占比例最小。

2.2 输导组织观察

据观察,8个品种叶柄的总体结构基本一致,由表皮、基本组织和维管束组成,最外面是表皮,表皮以内为基本组织,基本组织均由薄壁细胞构成,无一般叶柄所具有的厚角组织或其他机械组织(刘穆,2008),基本组织之间分散着数目不等的维管束,各维管束平行排列(图版I:6,7)。

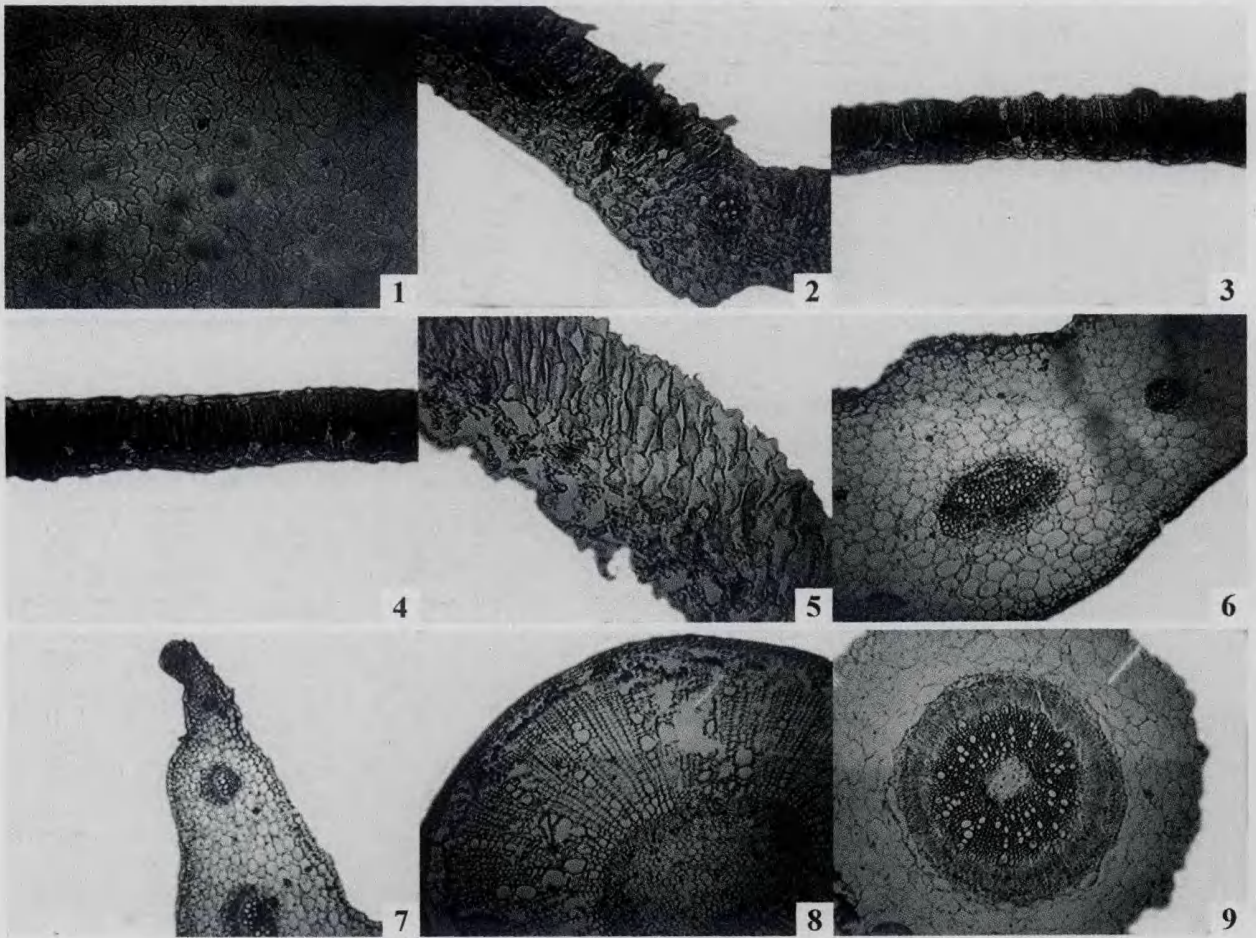
选取叶柄维管束数量、维管束直径、每束维管束中导管数量和束内导管的直径等4个指标来衡量8个乌塌菜品种间输导组织的差异,并计算了每个指标在品种内和品种间的变异系数(表3)。从表3可知,叶柄中维管束数量和直径在品种间的变异较小(变异系数分别为23.8%和25.2%),而维管束中导

由表4可以看出,8个乌塌菜品种各外部性状

管的数量和直径在品种间的变异较大(变异系数分别为33.9%和36.2%);品种内维管束数量变化最大的是W56(变异系数为21.2%),最小的是W11(变异系数为8.2%);维管束直径以W56最大,平均184.5 μm,W38最小,平均96.5 μm,变化最大的是W56(变异系数为46.3%),最小的是W2(变异系数为20.4%);每束维管束中导管的数量品种间差异较大,最多的是W57(22.3条),最少的是W11(9.6条),变化最大的是W2(变异系数为35.9%),最小的是W56(变异系数为20.9%);导管平均直径最大是W11(29.5 μm),最小是W39(10.2 μm),变化最大的是W61(变异系数为45.2%),最小的是W11(变异系数为22.2%)。

2.3 农艺性状观测

同一生境下的同一种植物的不同品种,其外部形态可以反映出品种间真实差异。为了从外部形态上对8个乌塌菜品种进行比较,于产品器官成熟期,每品种选10株能代表本品种特性的植株,测定株高、最大展幅、单株叶片数、最大叶片面积、最大叶片长度、最大叶片宽、最大叶柄长度、最大叶柄宽度、单株鲜重、单株叶片重、单株叶柄重等11个指标(表4)。均存在不同程度的差异。分析发现,单株叶片数和



图版 I 1. W11 的表皮, 示表皮细胞和气孔分布模式, $\times 100$; 2. W23 的叶片横切, 示叶肉组织、表皮细胞和表皮毛, $\times 100$; 3. W56 的叶片横切, $\times 40$; 4. W57 的叶片横切, $\times 40$; 5. W38 的叶片横切, $\times 100$; 6. W56 的叶柄横切, $\times 40$; 7. W26 的叶柄横切, $\times 40$; 8. W56 生长 15 天的主根横切, $\times 40$; 9. W38 生长 15 天的主根横切, $\times 40$ 。

Plate I 1. Epidermis of W11, showing epidermis cells and stoma pattern, $\times 100$; 2. Transverse section of W23, showing mesophyll tissue, epidermal cells and epidermal hair stoma, $\times 100$; 3. Lamina transverse section of W56, $\times 40$; 4. Lamina transverse section of W57, $\times 40$; 5. Lamina transverse section of W38, $\times 100$; 6. Petiole transverse section of W56, $\times 40$; 7. Petiole transverse section of W26, $\times 40$; 8. Taproot transverse section of W56 with 15 days growth, $\times 40$; 9. Taproot transverse section of W38 with 15 days growth, $\times 40$ 。

单株叶片重在品种间差异较大, 变异范围分别为 23.67~136.00 片和 0.11~0.26 kg, 变异系数分别为 97.16% 和 71.30%; 最大叶片面积的变幅次之, 变异范围为 35.27~309.27 cm^2 , 变异系数为 47.87%; 株高、最大叶片长度、最大叶片宽度、最大叶柄长度、最大叶柄宽度、单株鲜重和单株叶柄重的变幅较小, 变异范围分别为 11.63~26.53、7.73~22.47、7.17~18.67、6.77~14.40、1.47~4.77 cm 和 0.26~0.46、0.11~0.22 kg, 变异系数分别为 23.86%、27.04%、25.95%、30.22%、31.56%、20.71% 和 27.88%; 最大展幅在品种间变异最小, 变异范围为 28.03~49.13 cm, 变异系数为 16.12%。

2.4 解剖指标与农艺性状的聚类分析

以叶片的 8 个解剖指标(表 2)、叶柄的 4 个解

剖指标(表 3)和农艺性状的 11 个指标(表 4)为变量, 对 8 个乌塌菜品种进行聚类分析(图 1)。图 1 结果表明, 在欧氏距离 6.87 处, 8 个乌塌菜品种可分为 3 类: 第 I 类包括 W2 和 W1 12 个品种。该类型的主要特征是叶片表皮较厚, 上皮层气孔率较大、下皮层气孔率居中, 角质层较厚, 同化组织较薄; 输导组织中的维管束数量和直径以及维管束中的导管数量和直径均居中; 农艺性状值均居中。第 II 类包括 W23、W39、W56、W57 和 W61 等 5 个品种。该类型的主要特征是叶片表皮厚度居中, 上皮层气孔率居中、下皮层气孔率较大, 角质层较薄, 同化组织厚度居中; 输导组织中的维管束数量和直径以及维管束中的导管数量和直径均较大; 农艺性状值均较大。第 III 类包括 W38 1 个品种。该类型的主要特

表 3 不同乌塌菜品种叶柄解剖特征比较
Table 3 Comparison of petiole anatomical characters of different wuta-cai cultivars

品种代号 Cultivar code	维管束 Vascular bundle				导管 Catheters				相对输导率(%) Relative conductivity
	数量 Number	CV(%)	直径 Diameter(μm)	CV(%)	数量 Number	CV(%)	直径 Diameter(μm)	CV(%)	
W2	7.4	10.9	121.4	20.4	10.4	35.9	25.2	40.8	76.9
W11	7.6	8.2	118.2	24.8	9.6	30.3	29.5	22.2	100
W23	11.5	14.2	146.4	25.6	14.2	21.4	11.9	41.7	36.4
W38	5.3	9.4	96.5	21.6	10.2	30.2	13.7	43.2	15.9
W39	9.6	15.4	150.0	34.2	18.2	26.0	10.2	33.5	28.6
W56	9.9	21.2	184.5	46.3	19.7	20.9	11.5	38.6	40.6
W57	11.2	19.8	176.3	43.2	22.3	24.3	13.0	37.2	66.4
W61	9.2	12.1	130.7	35.6	17.5	25.7	13.3	45.2	44.8
CV/%		23.8		25.2		33.9		36.2	54.2

表 4 不同乌塌菜品种主要农艺性状特征及其变异
Table 4 The variation and agronomic characters of different wuta-cai cultivars

品种 代号 Cultivar Code	株高 Height (cm)	最大展幅 Maximum spread width(cm)	单株叶 片数 Number of leaves per plant	最大叶片 面积(cm ²) Area of maximum lamina	最大叶片 长度(cm) Length of maximum lamina	最大叶片 宽度(cm) Width of maximum lamina	最大叶柄 长度(cm) Length of maximum petiole	最大叶柄 宽度(cm) Width of maximum petiole	单株鲜重 Weight per fresh plant(kg)	单株叶 片重 Weight of lamina per plant(kg)	单株叶 柄重 Weight of petiole per plant(kg)
W2	17.37	39.43	29.33	188.00	17.07	14.13	8.30	3.63	0.35	0.12	0.12
W11	16.80	36.80	31.67	176.63	15.17	12.97	7.07	3.37	0.31	0.14	0.11
W23	27.53	46.27	23.67	303.83	19.53	17.93	11.27	4.13	0.39	0.18	0.17
W38	11.63	28.03	136.00	35.27	7.73	7.17	6.77	1.47	0.26	0.11	0.12
W39	23.30	44.17	26.67	228.73	18.50	16.67	13.93	4.53	0.46	0.21	0.22
W56	22.83	49.03	25.33	309.27	22.47	18.67	12.07	4.23	0.43	0.24	0.16
W57	26.53	48.83	26.33	235.03	18.20	17.57	11.93	4.77	0.42	0.26	0.12
W61	25.27	49.13	25.33	280.37	19.17	16.43	14.40	4.47	0.40	0.24	0.13
CV/%	23.86	16.12	97.16	47.87	27.04	25.95	30.22	31.56	20.71	71.30	27.88

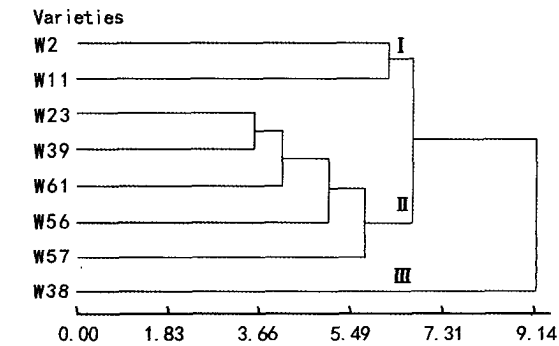


图 1 8 个乌塌菜品种解剖指标与农艺性状指标的聚类图

Fig. 1 Cluster of anatomical structure and agronomic character indexes of eight wuta-cai cultivars

征是叶片表皮厚度最薄,上、下皮层气孔率最小,角质层最厚,同化组织最厚;输导组织中的维管束数量和直径以及维管束中的导管数量和直径均最小;农艺性状中单株叶片数最多,其他性状值均最小。

2.5 解剖指标与农艺性状的相关性

为进一步了解乌塌菜解剖指标与农艺性状之间

的关系,对乌塌菜的解剖指标与农艺性状共 23 个指标进行相关性分析,指标名称和代码见表 5,相关关系半矩阵图见图 2。

在 252 个指标关系对中,呈极显著正相关的有 10 对,分别为 X5-X6、X11-X20、X13-X23、X14-X16、X14-X17、X14-X18、X16-X17、X16-X18、X17-X18、X19-X23,占总指标对的 3.95%;呈极显著负相关的有 3 对,分别是 X14-X15、X15-X17、X15-X18,占总指标对的 1.19%;显著正相关有 26 个对,占总指标对数的 10.28%;显著负相关的 7 对,占总指标对的 2.77%;正相关的 104 对,占总指标对的 41.11%,负相关的 102 对,占总指标对的 40.32%。

X5-X6 呈极显著正相关是由品种的特性决定的,即一个品种上表皮厚,那么下表皮也一定较厚,因为同一生境的同一叶片,上、下表皮等比例变化几乎是所有植物的共性。

X11-X20 呈极显著正相关是因为乌塌菜叶柄中起支持作用主要是细胞的膨压和维管束,而乌塌菜的维管束中机械组织很少,木质部的主要组成成分

是导管和管胞,叶柄越宽,需要的支持力越大,就需要跟多的维管组织来支持。

关是因为乌塌菜在相同的肥力水平和相同的生长空间内生长,单株叶片数越少,每个叶片得到的养分和生长空间越大,叶片面积越大,相应地其叶片长度、

X14-X15 X15-X17 和 X15-X18 呈极显著负相

表 5 乌塌菜解剖指标与农艺性状指标名称和代码
Table 5 The name and code of anatomical indexes and agronomic indexes of wuta-cai

指标代码 Index code	指标名称 Index name	指标代码 Index code	指标名称 Index name	指标代码 Index code	指标名称 Index name
X1	上表皮厚度	X9	维管束数量	X17	最大叶片长度
X2	下表皮厚度	X10	维管束直径	X18	最大叶片宽度
X3	上表皮气孔率	X11	导管数量	X19	最大叶柄长度
X4	下表皮气孔率	X12	导管直径	X20	最大叶柄宽度
X5	上表皮角质层厚度	X13	株高	X21	单株鲜重
X6	下表皮角质层厚度	X14	最大展幅	X22	单株叶片重
X7	栅栏组织厚度	X15	单株叶片数	X23	单株叶柄重
X8	海绵组织厚度	X16	最大叶片面积		

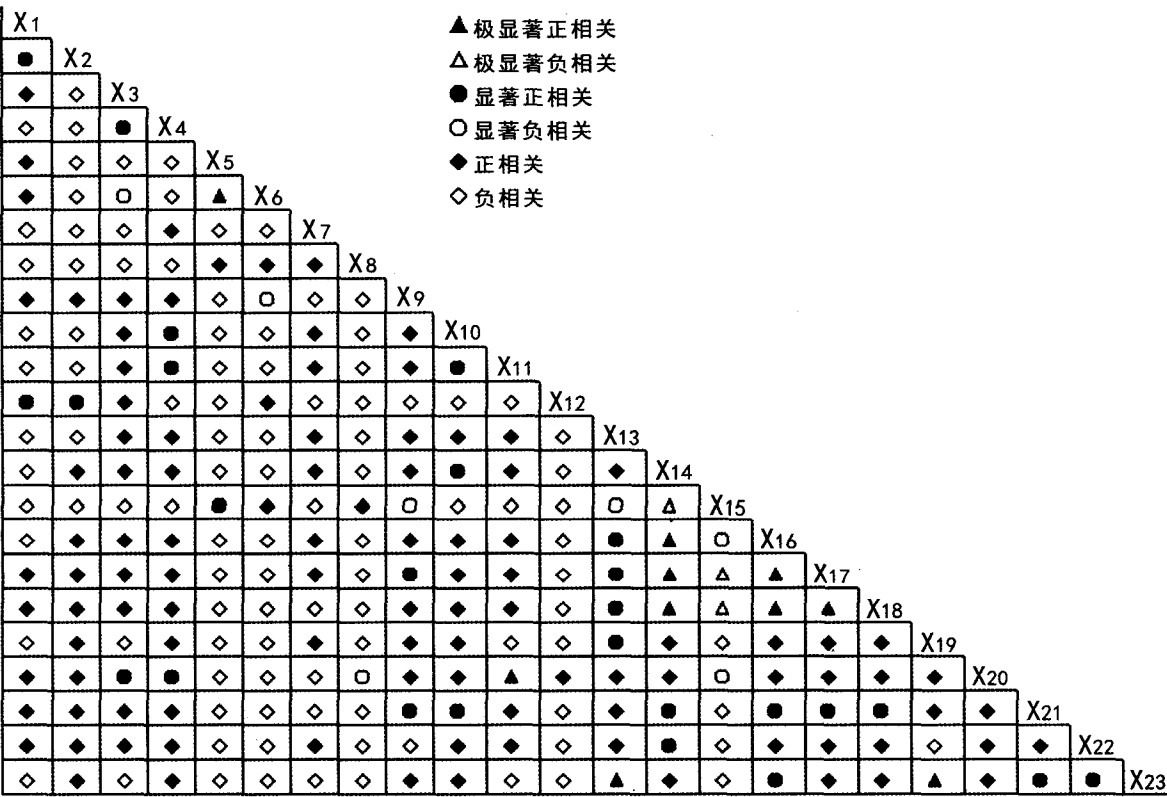


图 2 8 个乌塌菜品种解剖指标与农艺性状指标的相关关系半矩阵图

Fig. 2 Correlativity half matrix figure of anatomical structure and agronomic character indexes of eight wuta-cai cultivars

宽度和最大展幅也越大。

3 讨论

3.1 叶解剖结构与乌塌菜生态适应性关系

在外界生态因素的影响下,叶在形态结构上的变异性和可塑性最大,即叶对生态条件的反应最为

明显(刘穆,2008;韦梅琴等,2003)。大量研究表明,耐旱能力强的植物具有叶片厚、表皮毛多、角质层、栅栏组织发达等特征(李扬汉,1991),维管组织发达被认为是机体具有较强的水分供给能力的特征(王勋陵等,1989)。本试验的 8 个乌塌菜品种叶的解剖基本结构相同,但叶片表皮层厚度、上下表皮气孔率、角质层厚度、同化组织厚度以及同化组织中栅栏组织

所占的比例,叶柄中维管束数量、直径以及维管束内导管数量、直径等都存在明显差异,这些差异可能是其主栽地区的不同环境条件造成的。如 W2 的表皮最厚, W23 的表皮最薄; W23 上表皮气孔率最大, W38 最小, W57 下表皮气孔率最大, W38 最小; W56 和 W57 的栅栏组织所占的比例较大, W38 栅栏组织所占的比例最小; W23 的表皮毛最为显著; 根据维管束数量、半径以及维管束内导管计算得到的相对输导率(Fahn 等, 1986) W11 最大、W38 最小。综合以上, 可初步确定 W38 的抗旱性最强, W11 的抗旱性最弱。叶菜类蔬菜生产过程中需水量大, 抗旱能力强的品种在生产过程中用水量少, 可以节约生产成本。

3.2 叶解剖结构与乌塌菜产量的关系

乌塌菜的单株产量主要由单株叶片数、叶片重和叶柄重构成(查振英, 2004; 舒英杰等, 2009), 而叶片的厚度、栅栏组织所占的比例、上下表皮气孔的数量、导管的数目及直径等解剖结构都会影响到叶片的重量(韦梅琴等, 2003), 其中叶片的厚度, 尤其是叶片中栅栏组织和海绵组织所占的比例对产量影响最大, 在水肥条件充足的情况下, 栅栏组织细胞间排列紧密, 生长迅速, 能够在较短的时间内达到较高的产量, 导管的数目多且直径较大, 植株的运输能力强, 有利于水分和养分的吸收, 产量也相应较高。本研究表明, 乌塌菜单株鲜重与叶片的上表皮厚度(X1)、下表皮厚度(X2)、上表皮气孔率(X3)、下表皮气孔率(X4)和导管数量(X11)呈正相关关系, 与导管数量(X9)和维管束直径(X10)呈显著正相关关系。所以生产上应选择叶片较厚、栅栏组织较多、气孔数目适中的品种(如 W2、W11 等), 但叶片的厚度对品质有无不利影响还需进一步研究。

参考文献:

- 王勋陵, 王静. 1989. 植物的形态结构与环境[M]. 兰州: 兰州大学出版社: 105—138
- 刘穆. 2008. 种子植物形态解剖学导论(第4版)[M]. 北京: 科学出版社: 255—256
- 李扬汉. 1991. 蔬菜解剖与解剖技术[M]. 北京: 中国农业出版社: 189—203
- 李正理. 1996. 植物组织制片学[M]. 北京: 北京大学出版社: 45—59
- 宋元林. 1996. 稀特蔬菜高效栽培[M]. 北京: 中国农业出版社: 66—69
- Doley D. 1981. Tropical and subtropical forests and woodlands [M]//Kozlowski TT(ed). Water deficit and plant growth. New York and London: Academic Press: 210—324
- Donselman HM, Flint HL. 1982. Genecology of eastern redbud [J]. *Ecology*, 63(4): 962—971
- Deng Y(邓艳), Jiang ZC(蒋忠诚), Cao JH(曹建华), et al. 2004. Character istics comparison of the leaf anatomy of *Cyclobalanopsis glauca* and its adaption to the environment of typical karst-peak cluster areas in Nongla(弄拉典型峰丛岩溶区青冈栎叶片形态特征及对环境的适应)[J]. *Guihaia*(广西植物), 24(4): 317—322
- Fahn A, Werker E, Baas P. 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions[M]. Jerusalem: Israeli Academy of Science
- Feng H(冯辉), Qin X(覃兴), Wang YG(王玉刚). 2008. Determination of the gene frequencies *Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*(菜薹和乌塌菜核不育位点基因频率)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 35(7): 994
- Hong YP(洪亚平), Chen ZD(陈之端). 2002. Improvement on NaOCl method used for the liable-to-roll-up leaf epidermis(易卷曲叶表皮制片技术(NaOCl法)的改进)[J]. *Chin Bull Bot*(植物学通报), 19(6): 746—748
- Li JY(李吉跃). 1991. Studies on drought tolerance of some main tree species used in afforestation in Taihang Mountain Region(I)(太行山区主要造林树种耐旱特性的研究(I)) [J]. *J Beijing Fore Univ*(北京林业大学学报), 13(增刊1): 1—9
- Shi GR(史刚荣). 2004. A study on ecological anatomy of leaves in 7 broad-leaved evergreen plants(七种阔叶常绿植物叶片的生态解剖学研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 24(4): 334—338
- Shu YJ(舒英杰), Zhou YL(周玉丽). 2005. Varieties of *Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis* and its cultivation technique(乌塌菜品种及栽培技术)[J]. *J Changjiang Veget*(长江蔬菜), 1: 12—13
- Shu YJ(舒英杰), Zhou YL(周玉丽), Qin M(秦明). 2009. Variation, correlation and cluster analysis of primary agronomic characters in wuta-cai(乌塌菜主要农艺性状的变异、相关性和聚类分析)[J]. *J Biol*(生物学杂志), 31—34
- Wei MQ(韦梅琴), Li JQ(李军乔). 2003. Stem and leaf comparative anatomy study of four plant in *Potentilla*(委陵菜属四种植物茎叶解剖结构的比较研究)[J]. *J Qinghai Normal Univ: Nat Sci Edi*(青海师范大学学报·自然科学版), 3: 48—51
- Zha ZY(查振英). 2004. Correlation and path analysis between main agronomic character and yield per plant of *Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*(乌塌菜主要农艺性状与单株产量的相关、通径分析)[J]. *Anhui Agric Sci Bull*(安徽农学通报), 10(2): 46
- Zhou YL(周玉丽), Shu YJ(舒英杰), Chang SQ(常树强). 2010. Variation and principal components analysis on primary botanical characters in wuta-cai(*Brassica campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*)(乌塌菜主要植物学性状的变异及主成分分析)[J]. *Seed*(种子), 29(8): 62—64
- Zhu LQ(朱栗琼), Li JY(李吉跃), Zhao LJ(招礼军). 2007. Comparison on leaf anatomical structures and drought resistance of six broad-leaved plant species(六种阔叶树叶片解剖结构特征及其耐旱性比较)[J]. *Guihaia*(广西植物), 27(3): 431—34
- Zou QL(邹琦丽). 1981. Vegetative organ anatomical comparison of three varieties in *Momordica*(苦瓜属三个种营养器官的比较解剖)[J]. *Guihaia*(广西植物), 1(1): 43—47