

网络出版时间:2021-08-30 10:32
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20210827.1733.018.html

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2022.03.015

建兰品种资源数量性状与分组性状的 DUS 判定

钟声远^{1,2}, 钟海丰^{1,2}, 陈宇华^{1,2}, 陈剑锋^{1,2}, 张 荟^{1,2}, 钟淮钦¹,
林 兵¹, 刘中华^{1,2}, 邱思鑫^{1,2}, 黄敏玲^{1,2}

(1 福建省农业科学院 作物研究所, 福建 福州 350013; 2 农业农村部 植物新品种测试福州分中心, 福建 福州 350013)

【摘 要】【目的】对 32 份建兰品种资源的 18 个主要数量性状进行观测与分析, 为建兰品种 DUS 性状科学判定方法的建立提供支持。【方法】以收集保存的 32 份建兰品种资源为试验材料, 依据 NY/T 2441—2013《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南: 兰属》(以下简称《兰属植物 DUS 测试指南》)中的测试要求, 每个品种测量 10 株, 每株取样 1 个, 对建兰植株的大小(高度)和叶片数、叶长度和宽度、假鳞茎大小、花序花数量、花序梗长度和粗度以及花、中萼片、侧萼片、花瓣、唇瓣的长度和宽度共 18 个主要数量性状进行测量并采集数据, 利用 Excel 和 SPSS 软件进行数量性状分级与各级分布频率分析、相关性分析、变异情况分析和主成分分析。【结果】根据《兰属植物 DUS 测试指南》中的分级数并结合实际情况对 18 个数量性状进行分级, 将叶片数由 5 级改为 3 级, 花序花数量由 9 级改为 5 级; 根据各级的分布频率结果可知, 18 个数量性状中除植株大小是偏左的偏态分布外, 其余 17 个数量性状较为符合不同峰度的正态分布。相比植株和叶片性状, 花部性状间相关性更高, 花长度、花宽度与萼片、花瓣、唇瓣长度呈极显著正相关, 萼片宽度与花瓣宽度呈极显著正相关。32 份建兰品种资源品种内变异系数均小于 15%, 稳定性较高, 而品种间变异系数较大, 变异丰富。通过主成分分析, 选择出的分组性状为花长度、植株大小、萼片宽度、花序梗长度和假鳞茎大小, 与《兰属植物 DUS 测试指南》中的分组性状部分吻合, 可以增加花序梗长度作为分组性状。【结论】建兰种质资源品种内稳定性较好, 品种间变异丰富, 为种质资源创新利用提供了更大的选择潜力; DUS 测试数量性状具有较大的不确定性, 要结合标准品种或实际栽培品种来进行分级, 并进行年度间的矫正; 数量性状的分组性状可以通过主成分分析进行筛选。

【关键词】建兰; 花卉育种; DUS 测试; 数量性状; 分组性状

【中图分类号】S682.312.4 【文献标志码】A 【文章编号】1671-9387(2022)03-0115-10

DUS evaluation of quantitative and grouping characteristics
of *Cymbidium ensifolium*

ZHONG Shengyuan^{1,2}, ZHONG Haifeng^{1,2}, CHEN Yuhua^{1,2}, CHEN Jianfeng^{1,2},
ZHANG Hui^{1,2}, ZHONG Huaiqin¹, LIN Bing¹, LIU Zhonghua^{1,2},
QIU Sixin^{1,2}, HUANG Minling^{1,2}

(1 Crop Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China;

2 Fuzhou Sub-center for New Plant Variety Tests, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract:【Objective】This study observed and analyzed 18 main quantitative characteristics of 32 *Cymbidium ensifolium* varieties to provide support for the establishment of scientific evaluation methods for DUS characteristics of *C. ensifolium* cultivars. 【Method】A total of 32 *C. ensifolium* varieties were collected and preserved. According to the NY/T 2441—2013, Guidelines for the Conduct of Tests for Distinct-

【收稿日期】2021-03-11

【基金项目】福建省属公益类科研院所专项(2019R1031-10); 农业农村部申请保护品种 DUS 测试及已知品种库维护项目(2019-350004000166, 2021350104000191); 福建省农业科学院青年人才自由探索创新项目(AA2018-15)

【作者简介】钟声远(1995—), 男, 福建泉州人, 研究实习员, 主要从事植物新品种 DUS 测试及种质资源研究。
E-mail: 294034396@qq.com

【通信作者】黄敏玲(1960—), 女, 福建闽侯人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事花卉育种与种苗繁育研究。
E-mail: huangml618@163.com

ness, Uniformity and Stability; *Cymbidium* (hereinafter referred to as DUS Test Guidelines of *Cymbidium*), 10 plants were measured for each variety and one sample was collected for each plant. A total of 18 major quantitative characteristics including plant size (height), leaf number, leaf length, leaf width, pseudobulb size, flower number, peduncle length, peduncle width, flower length, flower width, middle sepal length, middle sepal width, lateral sepal length, lateral sepal width, petal length, petal width, lip length and lip width of *C. ensifolium* were measured. Quantitative characteristic grading and distribution frequency analysis at all levels, correlation analysis, variation analysis and principal component analysis were conducted using Excel and SPSS. 【Result】 According to the grading numbers in the DUS Test Guidelines of *Cymbidium* and actual situation, the 18 quantitative characteristics were graded. The number of leaves was changed from grade 5 to grade 3, and the number of inflorescences was changed from grade 9 to grade 5. According to the distribution frequency of each level, all quantitative characteristics were in normal distribution with different kurtosis except plant size was in a skewed distribution. Compared with plant and leaf characteristics, the correlations between flower characteristics were higher. Flower length and flower width had extremely significant positive correlation with sepal, petal and lip length, and sepal width had extremely significant positive correlation with petal width. The coefficients of variation within the 32 varieties of *C. ensifolium* resources were less than 15% with high stability, while the coefficients of variation among varieties were large. Through principal component analysis, flower length, plant size, sepal width, peduncle length, and pseudobulb size were selected as grouping characteristics, which were partly consistent with the grouping traits in the DUS Test Guidelines of *Cymbidium*. The length of peduncle can be added as grouping characteristics. 【Conclusion】 The tested cultivars had good intraspecific stability and rich interspecific variation, providing great selection potential for innovative utilization of germplasm resources. The quantitative characteristics tested by DUS had great uncertainty, the classification should be combined with standard cultivars or actual cultivated cultivars, and annual corrections should be made. Grouped characteristics of quantitative characteristics can be screened by principal component analysis.

Key words: *Cymbidium ensifolium*; flower breeding; DUS testing; quantitative characteristics; grouping characteristics

建兰(*Cymbidium ensifolium*)是兰科(Orchidaceae)兰属(*Cymbidium*)多年生草本植物,花香淡雅,姿态优美,因其花期较长且可多次开花,又名四季兰。建兰主要分布在中国福建、四川、广西、广东、台湾等地,福建是建兰的主要产区,有着悠久的栽培历史。建兰性喜阴,忌强光直射,耐寒性较差,喜温暖湿润和半阴环境,忌干燥,适宜采用富含腐殖质的疏松肥沃土壤。建兰除了观赏外,还可入药,有极高的园艺和药用价值^[1-3]。

植物品种特异性(Distinctness)、一致性(Uniformity)和稳定性(Stability)测试(简称 DUS 测试)是定义植物品质的科学方法,也是目前我国作物品种管理、新品种保护、育种评价的重要技术支撑^[4-5]。DUS 测试指南是新品种审查测试的技术基础和授权的科学依据^[6],在目前的 DUS 测试中,除了部分作物品种利用分子标记等方法进行品种鉴定外,大部分作物的 DUS 测试还是以传统的表型性状观察

和形态学测量为主^[7]。其中数量性状是植物形态描述的主要指标体系,数量性状的评价标准是开展种质评价和 DUS 测试的重要内容^[8-9]。数量特征通常是基因型组合的结果,因此在不同环境中表达的变化程度有所不同^[10-11],容易受到年度、区域、环境等因素的影响^[12]。为了建立科学的评价与分级体系,有必要对数量性状的变异情况及分级标准进行研究分析^[13]。通常在进行 DUS 测试时,为了修正环境条件对不同表达状态的影响,同时种植标准品种,参照标准品种的表现来给测试品种分级,但在实际测试过程中,由于标准品种过于陈旧等原因而很难收齐,因此数量性状分级更多地是根据测量数据进行划分^[14]。

对建兰性状的研究中,艾叶等^[15]基于 27 个建兰数量性状,从 226 个建兰品种中筛选了包含 60 个品种的核心种质;艾叶等^[16]还利用建兰植株、花部和叶部形态 3 个方面共 21 个评价因子,基于层次分析法构建了建兰品种观赏价值评价模型,结果表明

花部形态是评价建兰观赏价值的核心要素;王宏利等^[17]观测了 30 份建兰种质资源的 25 个表型性状,通过变异系数分析、主成分分析和聚类分析,对供试材料进行了聚类 and 花部性状的综合评分。

针对建兰数量性状进行分级时,具体分级过程中采用级差大于 2 倍 $LSD_{0.05}$ (最小显著差数),可以有效避免由于群体内部变异造成最终分级结果的偏差^[18],然后再通过主成分分析对分组性状进行判定。李季鸿^[19]采用极差法对 142 个兰属品种的 10 个数量性状进行了分级,并基于植物新品种 DUS 测试照片的要求,对兰属品种提供了规范的拍摄指导。分组性状主要用于品种分组,利用分组性状可以避免在 DUS 测试中将性状差异较大的近似品种与申请品种相邻种植,对于品种类群划分和近似品种筛选有重要意义^[20]。张鹏等^[21]通过观测 15 个数量性状,对 48 个蝴蝶兰品种的数量性状和分组性状进行了 DUS 判定;徐珍等^[22]对 45 个金针菇品种的 21 个性状进行分析,对 12 个数量性状进行分级并通过形态性状的聚类筛选出分组性状。但总体来看,目前关于建兰 DUS 测试及数量性状分级的研究报道尚比较少。

DUS 测试指南不仅是 DUS 测试机构进行测试的技术手册,而且是主管机构进行检查的技术标准,研制测试指南对促进中国植物新品种保护的发展和

提高在国际植物新品种保护领域的地位均有重要意义^[23]。目前暂无建兰的 DUS 测试指南,统一使用的是《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南:兰属》(NY/T 2441—2013)^[24](以下统称《兰属植物 DUS 测试指南》),《兰属植物 DUS 测试指南》中包含建兰、蕙兰、墨兰等,在性状表达上有部分差异,因此应根据建兰具体的性状表达,加快推进建兰测试指南的研制。本试验旨在通过对收集的 32 份建兰种质资源数量性状的分析,确定数量性状的分级和分组性状,以期在建兰种质资源的开发利用提供参考,并为建兰测试指南的研制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验材料为收集保存于农业农村部植物新品种测试福州分中心的 32 份建兰种质资源。

1.2 主要数量性状的观测

主要对《兰属植物 DUS 测试指南》中列出的 18 个数量性状进行测试,为了更好地进行分级,对该指南中的群体目测性状,即植株大小和假鳞茎大小也进行了测量。本试验所有性状的测量均以单株为单位进行,每个品种测量 10 株,每株取样数量为 1 个,测试的时间、部位、方法和要求严格按照《兰属植物 DUS 测试指南》执行,详见表 1。

表 1 建兰品种资源数量性状及测量方法

Table 1 Quantitative characteristics and measurement methods of *Cymbidium ensifolium* cultivars

代码 Code	性状 * Character	方法 Method
C1	植株大小/cm Plant length	植株基部到最高处的高度 Height from the base of the plant to the highest point of the plant
C2	植株叶片数/个 Leaf number	单个假鳞茎上的叶片数量 Number of leaves on a single pseudobulb
C3	叶长度/cm Leaf length	最长叶片的长度 Length of the longest leaf
C4	叶宽度/cm Leaf width	最长叶片最宽处的宽度 Width of the longest leaf at the widest point
C5	假鳞茎大小/mm Pseudobulb size	游标卡尺所测单个假鳞茎最宽处的直径 Diameter of the widest point of a single pseudobulb as measured by the vernier caliper
C6	花序花数量/朵 Flower number	单个花序梗上的花朵数量 Number of flowers on a single peduncle
C7	花序梗长度/cm Peduncle length	花序梗基部到最低位花梗着生处的长度 Length from the base of the peduncle to the place where the lowest stalk grows
C8	花序梗粗度/mm Peduncle width	游标卡尺所测花序梗基部最宽处的直径 Diameter of the widest part of the base of the peduncle measured by the vernier caliper
C9	花长度/cm Flower length	自然状态下花的长度 Length of the flower in its natural state
C10	花宽度/cm Flower width	自然状态下花的宽度 Width of the flower in its natural state
C11	中萼片长度/cm Middle sepal length	中萼片平展时的长度 Length of the middle sepal when flattened
C12	中萼片宽度/cm Middle sepal width	中萼片平展时的宽度 Width of the middle sepal when flattened
C13	侧萼片长度/cm Lateral sepal length	侧萼片平展时的长度 Length of the lateral sepal when flattened
C14	侧萼片宽度/cm Lateral sepal width	侧萼片平展时的宽度 Width of the lateral sepal when flattened
C15	花瓣长度/cm Petal length	花瓣平展时的长度 Length of the petal when flattened
C16	花瓣宽度/cm Petal width	花瓣平展时的宽度 Width of the petal when flattened
C17	唇瓣长度/cm Lip length	唇瓣平展时的长度 Length of the lip when flattened
C18	唇瓣宽度/cm Lip width	唇瓣平展时的宽度 Width of the lip when flattened

注: * 18 个性状均为国际植物新品种保护公约(UPOV)规定需统一描述的重要性状。
Note: * 18 properties are all important characters that need to be described uniformly and regulated by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV).

1.3 数据统计与分析

1.3.1 数量性状表达状态的划分和相关性分析

通过 Excel 计算出 18 个数量性状的平均值,根据《兰属植物 DUS 测试指南》中的分级数,将此平均值设定为中间级数的中位数,依照级差大于 2 倍 $LSD_{0.05}$ (最小显著差数)的原则,分别向两端极值区间进行划分,每个分级包含的区间均不小于 2 倍 $LSD_{0.05}$,之后根据该指南得到各数量性状的分级区间,并用数字表示。划分区间后,根据分级范围对测量数据进行计数,并计算其在各区间的分布频率。

相关性分析是对 2 个或多个具备相关性的变量元素进行分析,从而衡量两个变量因素相关关系的密切程度,本研究运用 SPSS 软件进行各数量性状间的相关性分析。

1.3.2 数量性状稳定性和变异情况分析 用 Excel 计算 18 个数量性状的最大值、最小值、平均值、变异幅度、品种内变异系数和品种间变异系数,其中变异系数(CV)的计算公式为 $CV=(\text{标准差}/\text{平均值})\times 100\%$ 。

计算单个品种每个性状观测数据的平均值、标

准差以及变异系数,再求该性状在所有建兰种质资源中变异系数的平均值,即为该性状的品种内变异系数。根据单个品种每个性状观测数据的平均值,计算出该性状在所有品种中的平均值、标准差以及变异系数,该变异系数即为品种间变异系数。

1.3.3 数量性状主成分分析和分组性状的判定

主成分分析法是通过降维,将多个变量简化为较少的几个综合性指标,以减少数据过多或重叠带来的不便,但仍可再现原有变量和综合指标的关系。因此,本研究利用主成分分析法作为确定分组性状的科学方法^[25],通过对 18 个数量性状进行主成分分析,以辅助 DUS 测试的分组性状的判定。

2 结果与分析

2.1 建兰品种资源数量性状的等级划分和相关性

2.1.1 等级划分 根据《兰属植物 DUS 测试指南》中的分级数,将 18 个数量性状划分为 3,5,9 级表达状态,计算出各数量性状的平均值和 $LSD_{0.05}$,据此对各数量性状的分级区间进行划分,结果见表 2。

表 2 建兰品种资源数量性状的等级划分

Table 2 Classification of quantitative characteristics of *Cymbidium ensifolium* cultivars

代码 Code	平均值 Mean value	$LSD_{0.05}$	等级 Level	代码 Code	平均值 Mean value	$LSD_{0.05}$	等级 Level
C1	26.47	1.45	5	C10	4.02	0.22	3
C2	4.33	0.57	5	C11	2.73	0.10	3
C3	35.33	4.32	5	C12	0.86	0.05	3
C4	1.41	0.11	3	C13	2.65	0.12	3
C5	16.70	1.10	5	C14	0.76	0.05	3
C6	5.32	0.63	9	C15	2.34	0.08	3
C7	17.78	2.10	5	C16	0.82	0.05	3
C8	3.28	0.26	3	C17	1.94	0.08	3
C9	4.37	0.23	3	C18	0.96	0.06	3

注:各代码代表的性状及其单位见表 1,表 3~5 同。

Note: The characteristics and units represented by each code are shown in Table 1. The same for Table 3-5.

参考《兰属植物 DUS 测试指南》并结合建兰实际测试情况,18 个数量性状中叶片数(C2)由 5 级改为 3 级,花序花数量(C6)由 9 级改为 5 级,具体分级范围及各级分布频率见表 3,其中植株大小(C1)、叶长度(C3)、假鳞茎大小(C5)、花序花数量(C6)和花序梗长度(C7)共 5 个数量性状划分为 5 级,其余 13 个数量性状均划分为 3 级。

根据建兰品种资源数量性状的分布频率(表 3),可以发现,18 个数量性状除了植株大小(C1)分布频率最高的为代码 4 的区间,其余数量性状分布频率最高的均为代码 5 区间,分布频率呈中间向两侧减少的趋势。说明植株大小(C1)的分布频率是

稍微向左的偏态分布,其余 17 个数量性状的频率分布较为符合中间多两头少的正态分布,但不同性状的峰度高低不同。

2.1.2 相关性分析 由表 4 可知,植株大小(C1)与叶片数(C2)和花序梗粗(C8)呈显著正相关,与叶长度(C3)和花序花数量(C6)呈极显著正相关;叶长度(C3)与中萼片长度(C11)呈显著正相关,与叶片数(C2)、花序梗粗度(C8)、花长度(C9)、花宽度(C10)、侧萼片长度(C13)、花瓣长度(C15)、唇瓣长度(C17)呈极显著正相关,相关系数为 0.453~0.518。在花器官数量性状中,花长度(C9)、花宽度(C10)、中萼片长度(C11)、侧萼片长度(C13)、花瓣

长度(C15)、唇瓣长度(C17)间两两呈极显著正相关,相关系数为 0.752~0.946,其中花瓣长度(C15)与唇瓣长度(C17)间的相关系数最高,为 0.946;中萼片宽度(C12)、侧萼片宽度(C14)和花瓣宽度(C16)间两两呈极显著正相关,相关系数为 0.761~0.843;侧萼片长度与侧萼片宽度呈显著正相关(0.376),唇瓣长度与唇瓣宽度呈极显著正相关(0.505),而中萼片和花瓣的长度与宽度之间相关性不显著。

表 3 建兰品种资源数量性状分级范围与分布频率

Table 3 Classification range and distribution frequency of quantitative characteristics of <i>Cymbidium ensifolium</i> cultivars					
代码 Code	分级范围及频率 Grading range and frequency				
	3	4	5	6	7
C1	≤19.95(15.6%)	>19.95~≤24.30(29.1%)	>24.30~≤28.65(24.4%)	>28.65~≤33.00(15.3%)	>33.00(15.6%)
C2		≤3.19(16.6%)	>3.19~≤5.47(73.1%)	>5.47(10.3%)	
C3	≤22.37(7.2%)	>22.37~≤31.01(26.3%)	>31.01~≤39.65(33.4%)	>39.65~≤48.29(24.7%)	>48.29(8.4%)
C4		≤1.07(13.1%)	>1.07~≤1.74(72.2%)	>1.74(14.7%)	
C5	≤11.75(4.1%)	>11.75~≤15.05(25.0%)	>15.05~≤18.35(45.6%)	>18.35~≤21.65(22.8%)	>21.65(2.5%)
C6	≤2.49(1.3%)	>2.49~≤4.38(26.6%)	>4.38~≤6.27(55.9%)	>6.27~≤8.16(14.4%)	>8.16(1.9%)
C7	≤8.33(4.4%)	>8.33~≤14.63(32.5%)	>14.63~≤20.93(38.8%)	>20.93~≤27.23(13.4%)	>27.23(10.9%)
C8		≤2.50(10.0%)	>2.50~≤4.05(82.2%)	>4.05(7.8%)	
C9		≤3.68(15.6%)	>3.68~≤5.06(65.9%)	>5.06(18.4%)	
C10		≤3.36(15.9%)	>3.36~≤4.68(67.5%)	>4.68(16.6%)	
C11		≤2.43(23.1%)	>2.43~≤3.03(56.3%)	>3.03(20.6%)	
C12		≤0.71(21.3%)	>0.71~≤1.01(67.3%)	>1.01(11.6%)	
C13		≤2.29(18.4%)	>2.29~≤3.01(64.4%)	>3.01(17.2%)	
C14		≤0.61(17.2%)	>0.61~≤0.91(70.0%)	>0.91(12.8%)	
C15		≤2.10(19.1%)	>2.10~≤2.58(54.7%)	>2.58(26.3%)	
C16		≤0.67(5.3%)	>0.67~≤0.97(76.9%)	>0.97(17.8%)	
C17		≤1.70(17.8%)	>1.70~≤2.18(61.9%)	>2.18(20.3%)	
C18		≤0.78(18.4%)	>0.78~≤1.14(69.7%)	>1.14(11.9%)	

注:括号内数据为分布频率。
Note:Data in parentheses is the distribution frequency.

表 4 建兰品种资源各数量性状间的相关性

Table 4 Correlation among quantitative characteristics of <i>Cymbidium ensifolium</i> cultivars									
性状 Character	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1.000								
C2	0.389*	1.000							
C3	0.618**	0.589**	1.000						
C4	0.171	0.080	0.075	1.000					
C5	0.161	-0.329	0.022	0.174	1.000				
C6	0.479**	0.282	0.100	0.399*	0.072	1.000			
C7	0.312	0.198	0.282	-0.049	-0.121	0.018	1.000		
C8	0.393*	0.512**	0.518**	0.456**	-0.034	0.335	0.410*	1.000	
C9	0.049	0.307	0.497**	-0.130	-0.192	-0.302	0.021	0.129	1.000
C10	-0.050	0.311	0.453**	-0.203	-0.113	-0.434	-0.183	0.110	0.816**
C11	0.097	0.251	0.445*	-0.152	-0.154	-0.244	-0.166	0.086	0.851**
C12	-0.025	-0.109	0.088	0.050	-0.080	-0.014	-0.126	0.119	0.208
C13	0.083	0.442*	0.499**	-0.112	-0.226	-0.133	-0.003	0.276	0.915**
C14	0.029	0.063	0.141	-0.099	-0.113	-0.028	0.017	0.225	0.361*
C15	0.071	0.300	0.500**	-0.145	-0.281	-0.206	-0.069	0.233	0.823**
C16	-0.133	-0.059	0.041	-0.155	-0.078	-0.194	-0.258	0.128	0.401*
C17	0.132	0.336	0.500**	-0.167	-0.172	-0.130	-0.159	0.197	0.845**
C18	-0.101	0.068	0.146	-0.357*	-0.228	-0.127	-0.474**	-0.027	0.181

表 4(续) Continued table 4

性状 Character	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C10	1.000								
C11	0.752**	1.000							
C12	0.182	0.190	1.000						
C13	0.799**	0.870**	0.170	1.000					
C14	0.283	0.293	0.843**	0.376*	1.000				
C15	0.753**	0.868**	0.007	0.891**	0.171	1.000			
C16	0.386*	0.408*	0.761**	0.402*	0.828**	0.291	1.000		
C17	0.787**	0.866**	0.075	0.922**	0.229	0.946**	0.337	1.000	
C18	0.325	0.333	0.176	0.303	0.177	0.484**	0.443*	0.505**	1.000

注:*. 在 $P<0.05$ 水平上显著相关;*. 在 $P<0.01$ 水平上极显著相关。

Note:*. Significant relationship at the $P<0.05$ level;*. Very significant relationship at the $P<0.01$ level.

2.2 建兰品种资源数量性状的稳定性和变异情况分析

32 个建兰品种的 18 个数量性状的最大值、最小值、平均值、变异幅度、品种内和品种间变异系数见表 5。表 5 结果显示,建兰各数量性状在品种内的变异系数为 3.36%~12.10%,均小于 15%,说明各性状在品种内的稳定性较高。品种内变异系数最大的是叶片数(C2),最小的是花瓣长度(C15),叶片

数(C2)、叶长度(C3)、花序花数量(C6)在品种内的变异系数均大于 10%。

各数量性状在品种间的变异系数为 14.37%~35.89%,较品种内变异系数更大,说明建兰各性状在品种间变异丰富。品种间变异系数最大的是花序梗长度(C7),最小的是叶片数(C2)。品种间变异系数在 15%以下的性状有 3 个,分别是叶片数(C2)、假鳞茎大小(C5)、中萼片长度(C11)。

表 5 建兰品种资源数量性状的变异情况

Table 5 Variations of quantitative characteristics among *Cymbidium ensifolium* cultivars

代码 Code	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Mean	变异幅度 Variation range	品种内变异系数/% Coefficient of variation within cultivars	品种间变异系数/% Coefficient of variation among cultivars
C1	50.70	12.80	26.47	37.90	5.66	26.87
C2	7.00	3.00	4.33	4.00	12.10	14.37
C3	56.40	17.60	35.33	38.80	10.67	22.05
C4	2.20	0.75	1.41	1.45	7.30	20.13
C5	25.00	6.90	16.70	18.10	6.65	14.61
C6	10.00	2.00	5.32	8.00	10.93	22.76
C7	42.50	6.60	17.78	35.90	9.57	35.89
C8	5.26	1.85	3.28	3.41	6.98	15.42
C9	6.20	1.60	4.37	4.60	4.87	19.08
C10	5.50	1.80	4.02	3.70	5.07	16.87
C11	3.70	1.60	2.73	2.10	3.71	14.40
C12	1.40	0.40	0.86	1.00	5.49	18.04
C13	3.60	1.25	2.65	2.35	4.40	17.10
C14	1.25	0.15	0.76	1.10	6.00	19.93
C15	3.40	1.20	2.34	2.20	3.36	17.29
C16	1.20	0.25	0.82	0.95	5.54	17.61
C17	2.70	1.00	1.94	1.70	3.99	16.94
C18	1.80	0.55	0.96	1.25	5.98	22.31

2.3 建兰品种资源数量性状的主成分分析和分组性状的判定

由表 6 可知,根据特征根大于 1 的原则选取前 5 个特征根大于 1 的成分,5 个成分的累积贡献率超过 80%,各主成分贡献率分别为 36.173%,17.188%,12.695%,7.522%和 6.881%,累积贡献率为 80.460%。

表 7 结果显示,主成分 1 中包含侧萼片长度、唇瓣长度、花瓣长度、花长度、中萼片长度和花宽度 6 个性状,且 6 个性状间均呈极显著正相关,该成分与花朵的长度相关,因此可称为花长因子。主成分 2 中包含植株大小、花序梗粗度、植株叶片数、叶长度、花序花数量和叶宽度 6 个性状,其中植株大小与叶长度、花序花数量、叶片数和花序梗粗度呈极显著或

显著正相关,且叶长度与叶片数、花序梗粗度与叶片数、叶长度和叶宽度均呈极显著正相关,因此可称为植株因子。主成分 3 中包含中萼片宽度、侧萼片宽度和花瓣宽度 3 个性状,3 个性状间均呈极显著正相关,该成分与萼片、花瓣的宽度相关,因此可称为萼片宽度因子。主成分 4 中只有花序梗长度,花序梗长度与花序梗粗度呈显著相关,与唇瓣宽度呈极显著负相关,该性状较为独立,可称为花序梗因子。

表 6 建兰品种资源 DUS 测试数据的总方差解释表

Table 6 Total variances explained of *Cymbidium ensifolium* cultivars DUS testing data

成分 Component	特征根 characteristic-root	贡献率/% Contribution rate	累积贡献率/% Cumulative contribution rate
1	6.511	36.173	36.173
2	3.094	17.188	53.361
3	2.285	12.696	66.057
4	1.354	7.522	73.579
5	1.239	6.881	80.460

表 7 建兰品种资源数量性状的成分矩阵

Table 7 Quantitative characteristics component matrix of *Cymbidium ensifolium* cultivars

性状 Character	成分 1 Component 1	成分 2 Component 2	成分 3 Component 3	成分 4 Component 4	成分 5 Component 5
侧萼片长度 Lateral sepal length	0.945	0.085	−0.095	−0.026	0.065
唇瓣长度 Lip width	0.927	0.029	−0.220	0.181	0.006
花瓣长度 Petal length	0.906	0.038	−0.282	0.080	−0.028
花长度 Flowers length	0.905	−0.005	−0.116	−0.142	0.234
中萼片长度 Middle sepal length	0.895	−0.062	−0.148	0.082	0.156
花宽度 Flowers width	0.857	−0.127	−0.175	−0.023	0.188
植株大小 Plant length	0.120	0.733	0.158	0.141	0.037
花序梗粗度 Peduncle width	0.275	0.687	0.364	−0.028	−0.052
植株叶片数 Leaf number	0.415	0.625	−0.046	−0.060	−0.390
叶长度 Leaf length	0.581	0.614	0.022	0.001	0.074
花序花数量 Flower number	−0.226	0.576	0.306	0.438	−0.273
叶宽度 Leaf width	−0.183	0.461	0.278	0.375	0.271
中萼片宽度 Middle sepal width	0.308	−0.287	0.841	−0.062	0.035
侧萼片宽度 Lateral sepal width	0.466	−0.209	0.788	−0.201	0.002
花瓣宽度 Petal width	0.540	−0.439	0.645	0.014	−0.021
花序梗长度 Peduncle length	−0.084	0.540	0.029	−0.760	0.083
假鳞茎大小 Pseudobulb size	−0.257	0.053	0.075	0.392	0.729
唇瓣宽度 Lip width	0.471	−0.360	−0.020	0.393	−0.519

3 讨 论

3.1 建兰品种资源数量性状的分级

对数量性状进行合理分级是 DUS 测试中最为重要的一个环节。数量性状存在较大的不确定性,容易因气候环境、栽培条件、年份、品种等因素产生变化,因此,《兰属植物 DUS 测试指南》中并未给出具体的分级数值,而是列出与各性状表达状态相对应的标准品种来矫正环境因素对测试数据产生的影响。在实际测试过程中,数量性状分级更多地是根据测量数据进行划分。对于已经发布的《兰属植物

主成分 5 中包含假鳞茎大小和唇瓣宽度,唇瓣宽度与花瓣长度、唇瓣长度呈极显著正相关,与花序梗长度呈极显著负相关,而假鳞茎大小与其他性状均无显著相关性,说明该性状较为独立,因此可称为假鳞茎因子。

最终根据主成分内各因子对主成分的影响程度归纳出分组性状,分别为花长度、植株大小、萼片宽度、花序梗长度和假鳞茎大小。

DUS 测试指南》,测试员在应用过程中发现错误应及时反馈到总中心,由总中心公布勘误表,以提高测试指南的科学性,也提高测试报告的可信度^[26]。

关于建兰品种数量性状的分级,本研究根据《兰属植物 DUS 测试指南》中的分级数进行划分,其中花序花数量分为 9 级,分级数较多,建兰的花序花数量一般在 10 朵以内,而大花蕙兰的花序花数量可达到 40 朵以上^[27],故对建兰的测试应根据实际情况,可以考虑将花序花数量的分级数减少至 3 级或 5 级,因此统一的测试指南不一定适合所有的兰属品种,研制兰属内各类品种的测试指南势在必行。

3.2 建兰品种资源数量性状的变异情况及相关性分析

性状变异是物种进化及新品种、新物种形成的前提,历来被植物分类和育种学家所重视,变异系数的差异反映了性状在进化过程中遗传可塑性和保守性方面的不同^[28]。

在种间变异方面,32 份建兰种质资源各数量性状的变异系数为 14.37%~35.89%,表明建兰种质资源在植株、叶片、花朵等相关数量性状上均存在丰富的遗传多样性,丰富的遗传多样性可为种质资源创新利用提供更大的选择潜力。在种内性状稳定性方面,各数量性状的变异系数为 3.36%~12.10%,叶片数、花序花数量、叶长度 3 个数量性状种内变异系数较大,表明 3 个性状的种内稳定性较差,容易受环境影响,在开展性状数据采集时需确保植株长势、花芽分化条件以及栽培管理条件尽可能一致。

性状间相关性显著且相关系数较大时,会出现趋于相同的变化趋势,因此这样的性状在品种鉴别中的作用十分有限。在 DUS 测试中,测试性状的增加会显著增加测试工作量和成本,降低测试效率^[29]。本研究中,花朵、中萼片、侧萼片、花瓣和唇瓣的长度间及萼片与花瓣的宽度间均存在极显著正相关关系,因此可以考虑减少几个相关性较高的性状,以减少测试工作量,提升工作效率。

3.3 建兰品种资源分组性状的判定

在 DUS 测试中,分组性状是一类重要性状。分组性状的表达状态,即使来自不同地域,仍可以单独或其他该类性状的表达状态结合使用,分组性状应是质量性状,或是能够有效区分品种的数量性状或假质量性状^[30-31]。建兰 DUS 测试性状较多,确定既科学又实用的分组性状对品种的划分有重要意义,目前尚无分组性状判定的统一方法,应在后续对测试指南内容的完善中进行深入探讨。

本研究参考了《兰属植物 DUS 测试指南》中的分组性状,该分组性状中的数量性状主要是植株大小、花序花数量、花长度和花宽度 4 个方面。通过主成分分析发现,建兰品种资源数量性状的 5 个主成分可以归纳为花长度、植株大小、萼片宽度、花序梗长度和假鳞茎大小,其中花长度、萼片宽度和植株大小与《兰属植物 DUS 测试指南》分组性状中的数量性状比较吻合,花宽度可以替换为萼片宽度。《兰属植物 DUS 测试指南》中将花序花数量作为分组性状,而花序梗长度和假鳞茎大小不属于该测试指南中的分组性状。建兰的花序花数量一般稳定在 3~

9 朵,将花序花数量作为分组性状较难对建兰进行品种间的区分,可能其更适合花序花数量变化较大的其他兰属品种。假鳞茎大小在《兰属植物 DUS 测试指南》中作为目测性状,且变异幅度较小,而花序梗长度在建兰品种间的变异幅度更大,因此考虑将其作为建兰的分组性状可能比较合适。

本研究尚存在一定的不足,如观测的品种数量较少,观测的数据缺乏年度间的校对,对观测数据的分析未进行更深入的挖掘等,可能会因此产生一定的误差。但可以肯定的是,随着测试指南的完善、测试技术的进步、新的测试方法和工具的开发,对建兰品种 DUS 测试的研究工作将会更加深入。

4 结 论

数量性状是 DUS 测试指南中重要的性状,本研究通过最小显著差法对 32 份建兰种质资源的 18 个数量性状进行分级研究,分级结果可作为今后建兰 DUS 测试数量性状描述分级的依据;同时还进行了分组性状的判定,所确定的分组性状可以作为建兰品种区分的有效依据。

[参考文献]

- [1] 刘仲健,章迪杨,朱雅婷,等. 中国兰属 [J]. 森林与人类, 2019 (11): 98-103.
Liu Z J, Zhang D Y, Zhu Y T, et al. *Cymbidium* from China [J]. Forest and Human, 2019(11): 98-103.
- [2] 黄海翔. 中国兰花经济价值与文化价值研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2012.
Huang H X. Study on the economic and the cultural value in Chinese orchids [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2012.
- [3] 陈心启. 兰花的中国情结 [J]. 森林与人类, 2007(5): 48-51.
Chen X Q. Orchid's Chinese complex [J]. Forest and Human, 2007(5): 48-51.
- [4] 钟海丰,黄敏玲,钟淮钦,等. 中国农业植物新品种保护与 DUS 测试技术发展现状 [J]. 热带作物学报, 2017, 38(6): 1155-1162.
Zhong H F, Huang M L, Zhong H Q, et al. The development status of agricultural varieties protection and DUS testing techniques in China [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(6): 1155-1162.
- [5] 王永行,白立华,单飞彪,等. 基于 DUS 测试性状的普通小麦测试品种的遗传多样性分析 [J]. 黑龙江农业科学, 2017(1): 4-8.
Wang Y X, Bai L H, Shan F B, et al. Diversity analysis on morphological characteristics of the test varieties based on wheat DUS testing [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2017 (1): 4-8.
- [6] 陈海荣,吕波,顾晓君,等. 上海地区植物新品种 DUS 测试技

- 术体系的初步构建 [J]. 上海农业学报, 2009, 25(1): 37-42.
- Chen H R, Lü B, Gu X J, et al. Preliminary establishment of DUS testing technique system of new plant varieties in Shanghai area [J]. Acta Agriculture Shanghai, 2009, 25(1): 37-42.
- [7] 黄 婷, 马 啸, 张新全, 等. 多花黑麦草 DUS 测定中 SSR 标记品种鉴定比较分析 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(2): 381-389.
- Huang T, Ma X, Zhang X Q, et al. Comparison of SSR molecular markers analysis of annual ryegrass varieties in DUS testing [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(2): 381-389.
- [8] 褚云霞, 邓 姗, 黄志城, 等. 非洲菊新品种 DUS 测试数量性状分级及形态性状多样性研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(4): 920-926.
- Chu Y X, Deng S, Huang Z C, et al. Influencing factors of gerbera DUS quantitative traits [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16(4): 920-926.
- [9] 刘 欢, 马 啸, 张新全, 等. 多花黑麦草品种 DUS 测试数量性状分级分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(5): 846-853, 860.
- Liu H, Ma X, Zhang X Q, et al. Classification analysis for Italian ryegrass DUS testing quantitative traits [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(5): 846-853, 860.
- [10] UPOV. General introduction to the examination of distinctness, uniformity and stability and the development of harmonized descriptions of new varieties of plants [EB/OL]. (2002-04-19) [2021-03-10]. https://www.upov.int/tgp/en/introduction_dus.html.
- [11] UPOV. Development of test guidelines [EB/OL]. (2020-10-25) [2021-03-10]. <https://www.upov.int/tgp/en/index.jsp>.
- [12] 陈海荣, 杨 华, 王加红, 等. 基于 DUS 测试性状的玉米标准品种形态多样性分析 [J]. 玉米科学, 2015, 23(2): 46-51.
- Chen H R, Yang H, Wang J H, et al. Diversity analysis on morphological characteristics of the example varieties based on maize DUS testing [J]. Journal of Maize Sciences, 2015, 23(2): 46-51.
- [13] 钟海丰, 陈剑锋, 陈宇华, 等. 蝴蝶兰种质资源主要数量性状变异与概率分级 [J]. 热带作物学报, 2020, 41(6): 1117-1123.
- Zhong H F, Chen J F, Chen Y H, et al. Variation and probability grading of main quantitative traits of *Phalaenopsis germplasm* resources [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(6): 1117-1123.
- [14] 褚云霞, 陈海荣, 邓 姗, 等. 非洲菊 DUS 测试数量性状影响因素研究 [J]. 热带作物学报, 2014, 35(5): 862-867.
- Chu Y X, Chen H R, Deng S, et al. Classification for gerbera DUS testing quantitative traits and diversity analysis of morphological characteristic [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2014, 35(5): 862-867.
- [15] 艾 叶, 陈 璐, 兰思仁, 等. 基于形态学性状构建建兰品种核心种质 [J]. 分子植物育种, 2019, 17(23): 7924-7934.
- Ai Y, Chen L, Lan S R, et al. Construction of core collection of *Cymbidium ensifolium* varieties based on morphological traits [J]. Molecular Plant Breeding, 2019, 17(23): 7924-7934.
- [16] 艾 叶, 陈 璐, 兰思仁, 等. 基于层次分析法的建兰品种观赏价值综合评价 [J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2019, 48(6): 736-741.
- Ai Y, Chen L, Lan S R, et al. Comprehensive evaluation of the ornamental value of *Cymbidium ensifolium* cultivars using analytical hierarchy process method [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2019, 48(6): 736-741.
- [17] 王宏利, 曾艳华, 卜朝阳. 30 份建兰种质资源的表型性状遗传多样性研究 [J]. 热带作物学报, 2021, 42(6): 1557-1565.
- Wang H L, Zeng Y H, Bu Z Y. Study on genetic diversity of phenotypic traits of 30 *Cymbidium ensifolium* germplasm resources [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(6): 1557-1565.
- [18] 周海涛, 王凤华, 姜志磊, 等. 吉林省高粱 DUS 测试数量性状分级标准的研究: I. 个体测量性状 [J]. 吉林农业科学, 2015, 40(5): 21-25.
- Zhou H T, Wang F H, Jiang Z L, et al. Studies on the classify standard for quantitative characters of sorghum DUS testing in Jilin Province: I. Measurement of single characters [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2015, 40(5): 21-25.
- [19] 李季鸿. 兰属 DUS 测试表型及分子性状采集分析方法技术研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2018.
- Li J H. The acquisition technology and analysis method research of phenotypic and molecular traits of *Cymbidium* DUS test [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2018.
- [20] 褚云霞, 邓 姗, 杨旭红, 等. 六出花属 DUS 测试性状筛选与评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(3): 472-482.
- Chu Y X, Deng S, Yang X H, et al. Selection and assessment for alstroemeria DUS testing traits [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(3): 472-482.
- [21] 张 鹏, 王江民, 管俊娇, 等. 蝴蝶兰品种数量性状与分组性状的 DUS 判定 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2018, 46(11): 81-88.
- Zhang P, Wang J M, Guan J J, et al. DUS testing evaluation of quantitative and grouping characters of *Phalaenopsis* [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2018, 46(11): 81-88.
- [22] 徐 珍, 章炉军, 尚晓冬, 等. 金针菇品种 DUS 测试性状的分级与评价 [J]. 菌物学报, 2019, 38(5): 658-668.
- Xu Z, Zhang L J, Shang X D, et al. Gradation and evaluation for *Flammulina filiformis* DUS testing traits [J]. Mycosystema, 2019, 38(5): 658-668.
- [23] 陈 琳, 俞 飞, 姚 明, 等. 制备 UPOV 指南用于区分性、一致性、稳定性测试的茶叶 [J]. 中国农业科学, 2008, 7(2): 224-231.
- Chen L, Yu F L, Yao M Z, et al. Preparation of the UPOV guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability-tea plant [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] [J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(2): 224-231.
- [24] 刘 平, 张建华, 杨晓洪, 等. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南: 兰属: NY/T 2441—2013 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- Liu P, Zhang J H, Yang X H, et al. Guidelines for the conduct

of tests for distinctness, uniformity and stability; *Cymbidium*: NY/T 2441 — 2013 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2014.

[25] 侯飞娜, 木泰华, 孙红男, 等. 马铃薯全粉品质特性的主成分分析与综合评价 [J]. 核农学报, 2015, 29(11): 2130-2140.

Hou F N, Mu T H, Sun H N, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of quality characteristics of whole potato flour [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2015, 29(11): 2130-2140.

[26] 褚云霞, 邓 珊, 陈海荣, 等. 中国草本花卉 DUS 测试现状 [J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(2): 34-43.

Chu Y X, Deng S, Chen H R, et al. Present status of DUS testing for herbaceous ornamentals in China [J]. Journal of China Agricultural University, 2020, 25(2): 34-43.

[27] 张韶伊. 大花蕙兰品种 DUS 测试及性状间的相关性分析 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013.

Zhang S Y. The *Cymbidium hybridum* DUS testing and correlation analysis of traits [D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2013.

[28] 周俊义, 杨 雷, 刘 平, 等. 酸枣种质资源果实主要数量性状变异及相关性研究 [J]. 中国农学通报, 2005(10): 271-272, 275.

Zhou J Y, Yang L, Liu P, et al. Variation and correlation research of main quantitative characters of wild jujube germ-plasm resource [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005(10): 271-272, 275.

[29] 钟海丰, 陈剑锋, 陈宇华, 等. 蝴蝶兰主要数量性状 DUS 测试性能研究 [J]. 东南园艺, 2019, 7(6): 14-21.

Zhong H F, Chen J F, Chen Y H, et al. Study on testing performance of main quantitative characters for DUS test in *Phalaenopsis* [J]. Southeast Horticulture, 2019, 7(6): 14-21.

[30] 张新明, 徐振江, 吕 波, 等. 植物新品种特异性、一致性和稳定性审查及性状统一描述总则(TG/1/3)的相关文件 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 1-114.

Zhang X M, Xu Z J, Lü B, et al. Associated document to the examination of distinctness, uniformity and stability and the general introduction to the descriptions of character (document TG/1/3) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012: 1-114.

[31] 唐 浩, 李汝玉, 杨旭红, 等. “特异性(可区别性)、一致性和稳定性审查总则和植物新品种统一描述的形成(TG/1/3)”的相关文件 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 1-214.

Tang H, Li R Y, Yang X H, et al. Associated document to the general introduction to the examination of distinctness, uniformity and stability and the development of harmonized descriptions of new varieties of plants (document TG/1/3) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017: 1-214.

(上接第 114 页)

[32] 徐 锴, 赵德英, 闫 帅, 等. 覆盖对梨园土壤微生物、梨树生长及果实品质的影响 [J]. 中国果树, 2020(6): 46-49.

Xu K, Zhao D Y, Yan S, et al. Effects of mulching on soil microorganisms, pear tree growth and fruit quality in pear orchard [J]. Chinese Fruit Trees, 2020(6): 46-49.

[33] 孙文泰, 张 坤, 刘小勇, 等. 垄膜集雨对陇东旱塬苹果根系分布及土壤性状的影响 [J]. 西北农业学报, 2012, 21(10): 100-105.

Sun W T, Zhang K, Liu X Y, et al. Influence of plastic film-mulching on ridge and rain harvesting on root distribution characteristics of apples and soil properties in dryland orchards of Longdong Areas [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2012, 21(10): 100-105.

[34] 刘小勇, 李红旭, 李建明, 等. 不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响 [J]. 生态学报, 2014, 34(3): 746-754.

Liu X Y, Li H X, Li J M, et al. The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3): 746-754.

[35] 王世明. 覆膜和生草能提升酿酒葡萄园表层土壤养分及果实品质 [J]. 中国果业信息, 2019, 36(10): 53-54.

Wang S M. Plastic film mulching and grass growing can improve the topsoil nutrients and fruit quality of wine vineyard [J]. China Fruit News, 2019, 36(10): 53-54.

[36] 王世明. 覆盖秸秆有利于提升核桃产量及品质 [J]. 中国果业信息, 2020, 37(11): 68.

Wang S M. Mulching straw is beneficial to improve the yield and quality of walnut [J]. China Fruit News, 2020, 37(11): 68.

[37] Luo C L, Zhang X F, Duan H X, et al. Dual plastic film and straw mulching boosts wheat productivity and soil quality under the El Nino in semiarid Kenya [J]. Science of the Total Environment, 2020, 738: 139808.

[38] Yu C R, Wang X, Hu B, et al. Effects of wheat straw incorporation in cotton-wheat double cropping system on nutrient status and growth in cotton [J]. Field Crops Research, 2016, 197(1): 39-51.

[39] Cerdà A, Rodrigo-Comino J, Giménez-Morera A, et al. Policies can help to apply successful strategies to control soil and water losses: the case of chipped pruned branches(CPB) in Mediterranean citrus plantations [J]. Land Use Policy, 2018, 75(2): 63-65.

[40] 罗 玲. 不同地表覆盖模式对避雨葡萄园土壤性质及果实品质的影响 [D]. 成都: 四川农业大学, 2019.

Luo L. Influence of different mulching models on soil properties and fruit quality in sheltered vineyard [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2019.