

## 目 次

### 研 究 报 告

- 家蚕春用四元杂交天然绿色茧品种湘彩绿 1 号的选育…… 艾均文 司马杨虎 薛 宏等 (2)
- 用不同蛹虫草菌株和家蚕品种幼虫覆土栽培蚕蛹虫草的试验  
…………… 张 俊 颜新培 李一平等 (8)
- 家蚕杂交新组合实验室饲养鉴定试验…………… 吴 凡 李德臣 郝 瑜等 (14)
- 桑椹糖酸积累及相关酶活代谢特征研究…………… 李 勇 邓 文 于 翠等 (17)

### 生 产 技 术

- 家蚕春秋兼用限性品种南·岳×星·辰…………… 唐 芸 艾均文 何行健等 (27)

### 蚕 桑 文 化

- 古典蚕桑诗词审美价值探微…………… 雷国新 (30)

### 信 息

- 湖南省首届蚕桑科技文化产业大会开幕 蚕桑湘军“222”模式探索创新发展…………… (35)

- 封面设计…………… 廖熙选

# 家蚕春用四元杂交天然绿色茧品种湘彩绿1号的选育

艾均文<sup>1</sup> 司马杨虎<sup>2</sup> 薛宏<sup>1</sup> 何行健<sup>1</sup> 刘昌文<sup>1</sup> 郑颖<sup>1</sup> 刘勇<sup>1</sup> 唐芸<sup>1</sup>

(1 湖南省蚕桑科学研究所,长沙 410127;2 苏州大学,苏州 215123)

**摘要:**本研究旨在选育天然茧色稳定、强健好养、茧丝质水平达到实用化程度的天然绿色茧家蚕春用品种。分别以优良春用品种菁松×皓月的4个品系为轮回亲本,天然绿茧品种G9202为供体亲本,在插入强健性优良材料的基础上,通过轮回回交育成法组配成了4个新的选育材料。进而对这些新材料进行定向培育与纯选固定,使之天然茧色稳定一致,综合性状更加优良,最终利用多元组配技术选配成了一对实用化特点突出的四元杂交新品种湘彩绿1号。2016年该品种通过湖南省农作物品种审定委员会审定,适合在包括湖南在内的长江流域春季推广。

**关键词:**家蚕;湘彩绿1号;轮回回交育成法;天然绿茧;春用品种;强健好养;丝质优良

栽桑养蚕是中华民族的伟大发明。我们的祖先在为世界创造博大精深的丝绸文明的同时,也为人类留下了丰富多彩的家蚕品种资源,人类对天然彩色茧的利用历史几乎和对桑蚕茧的利用历史相一致<sup>[1-2]</sup>。天然彩色丝相对于普通白色丝具有更高的保暖、吸湿、通气、抑菌、抗氧化、防紫外线等特殊功能<sup>[3-5]</sup>,在着力加强供给侧结构性改革的大背景下,对其开展多元化开发的市场价值与推广潜力巨大。但由于天然彩色茧基础品种普遍存在个体小、体质弱、茧层薄、丝质差、实用化程度低的特点,直接利用其自然资源,产量

低,丝长短,效益不高,所以必须对该类型资源加以创新性的实用化改造<sup>[2]</sup>。为此,湖南省蚕桑科学研究所与苏州大学合作,开展了天然彩色茧资源的遗传规律研究与品种实用化改良,采用轮回回交和系统分离等方法,育成了1对茧色稳定、强健好养、丝质优良、实用化程度高的家蚕春用天然绿色茧品种菁松A G9202·菁松B G9202×皓月A G9202·皓月B G9202,适合在包括湖南在内的长江流域的春季推广,已于2016年通过湖南省农作物品种审定委员会审定,命名为湘彩绿1号(XPD 009-2016)。

**资助项目:**现代农业产业技术体系建设专项(No. CARS-18);湖南省科技支撑计划项目(No.2013NK3071);湖南省自科基金项目(No.2017JJ2137);蚕桑种质资源多元化应用研发创新团队(No.2017XC01)。

**第一作者:**艾均文(1968—),男,湖南鼎城人,研究员,博士,主要从事蚕桑资源研究与品种选育。  
E-mail: aijunwen718@sina.com

**通讯作者:**司马杨虎(1962—),男,江苏镇江人,教授,博导,主要从事动物遗传育种与基因工程。  
E-mail: simyh@suda.edu.cn

## 1 新品种选育经过

### 1.1 亲本及世代

对天然彩色茧资源进行实用化改造的实质就是将其天然特色茧控制基因导入到实用化品种中去,且新品种其它性状达到实用化水平。为此,首先选择家蚕春用品种国家指定对照品种菁松×皓月的4个优良品系作为受体亲本<sup>[6]</sup>,分别导入基础品种G9202的天

然绿色茧控制基因。同时,由于菁松×皓月存在健康性不断下降的趋势<sup>[7]</sup>,在配合力测试的基础上选择了湖南省蚕桑科学研究所选育的丝质优良、强健性较为突出的中丝量白茧品种21改K、22改K分别作为中、日系材料的插入亲本<sup>[8]</sup>,以提高其强健性(图1)。

中系母本(受体亲本、轮回亲本):菁松A、菁松B是从中国农业科学院蚕业研究所引进菁松×皓月品种中的2个不同中系品系,中中固定种<sup>[6]</sup>。具有强健好养、食桑活泼、净度优、丝长长、配合力好的特点,但抗湿性差,不受精卵多。春季饲养虫蛹率91%以上,全茧量1.80~2.10g、茧层率24.5%~25.5%,一茧丝长为1300~1400m,解舒率为70%~75%,净度为95分。

日系母本(受体亲本、轮回亲本):皓月A、皓月B是从中国农业科学院蚕业研究所引进菁松×皓月品种中的2个不同日系品系,日日固定种<sup>[6]</sup>。具有好养、体质较强、产茧量高的优点,但纤度偏粗,有不结茧蚕、三眠蚕发生。春季饲养虫蛹率92%以上,全茧量1.60~1.75g、茧层率24.0%~25.5%,一茧丝长1150~1250m,解舒率80%~85%,净度为95分。

父本(供体亲本、非轮回亲本):G9202是苏州大学提供的地方改良品种,基本性状尚未完全稳定。具有蚕茧天然绿色,色泽稳定,内外层茧色基本一致的特点,但茧层偏薄,体质较弱,饲养不容易。春季饲养虫蛹率87%左右,全茧量1.45~1.55g、茧层率

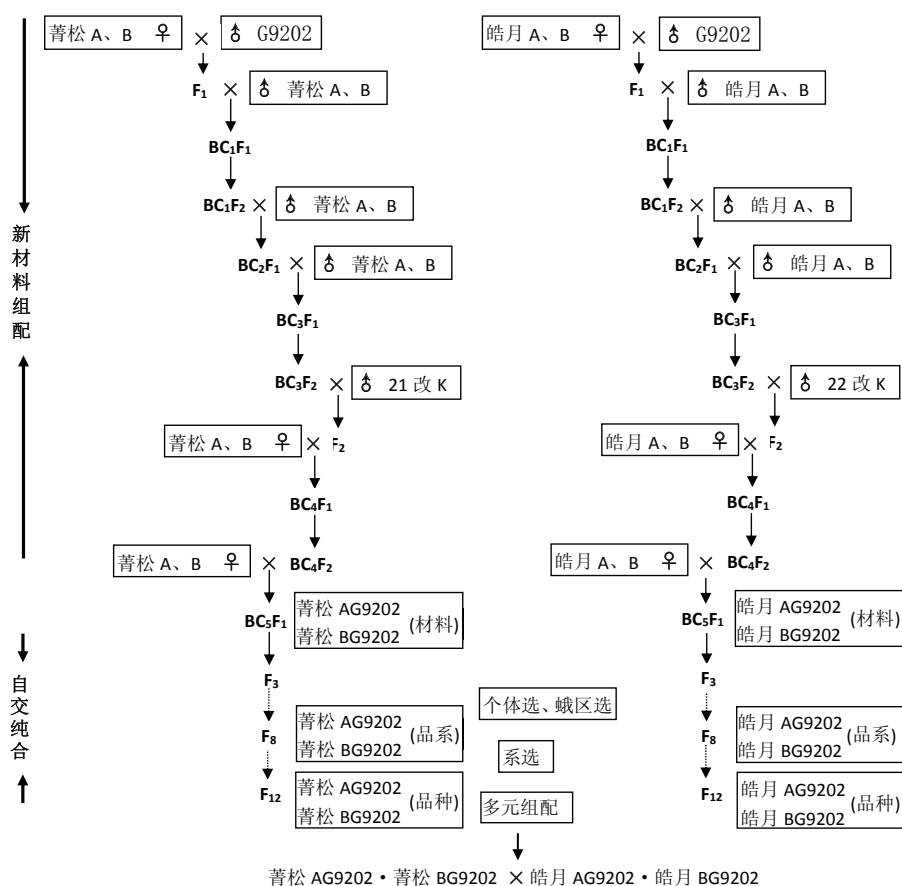


图1 湘彩绿1号世代图谱

20.0% ~ 22.0%，一茧丝长 700 ~ 820m，解舒率 45% ~ 65%，净度为 88 分。

中系插入父本（插入亲本）：21 改 K 是湖南省蚕桑科学研究所“十二五”期间用夏秋用品种 7521 杂交改良而来，中中固定种<sup>[8]</sup>。具有斑纹限性、体质强健、饲养容易的特点，但丝长偏短。春季饲养虫蛹率 95% 以上，全茧量 1.70 ~ 1.75g、茧层率 24.0% ~ 25.0%，一茧丝长 1 150 ~ 1 250m，解舒率 80% ~ 85%，净度为 94 分。

日系插入父本（插入亲本）：22 改 K 是湖南省蚕桑科学研究所“十二五”期间用夏秋用品种 7522 系统分离而来，日日固定种<sup>[8]</sup>。具有斑纹限性、强健好养、配合力好、净度优等优点，但蚕种产附较差。春季饲养虫蛹率 94% 以上，全茧量 1.55 ~ 1.65g、茧层率 23.5% ~ 24.0%，一茧丝长 1 050 ~ 1 150m，解舒率 85% ~ 90%，净度为 96 分。

## 1.2 选育经过

2010 年春季，用菁松 × 皓月的 4 个优良品系作母本，分别与具有天然绿色茧特点的 G9202 进行杂交，得到杂交后代材料与各自的母本（轮回亲本）进行回交，接着自交，在自交后代中选择茧色符合或接近育种目标的蚕茧群体参与继代，连续与轮回亲本 ♂ 回交 2 次；接着开始新一轮的 1 次自交与 2 次回交，其中第 1 次回交改为与插入亲本 21 改 K 或 22 改 K 进行杂交，第 2 次回交是利用轮回亲本 ♀；紧接着是最后 1 次自交与 1 次回交，回交也是利用轮回亲本 ♀，直到 2012 年秋季开始饲养完成了杂交组配的 4 个选育新材料。经 3 代混合蚁量育后，开始实行单蛾育，以蛾区选择为主，采用同蛾区交配，选育至单蛾育第 4 代时，实行异蛾区交配。至 F<sub>8</sub> 代起选择各品种的优良品系进行二元、四元杂交组合组配，进行实验室比试筛选优良组合。2014 年晚秋、2015 年春将综合经济性状最优组合菁松 A G9202 · 菁松 B G9202 × 皓月 A G9202 · 皓月 B G9202 连续二季参与湖南

省家蚕品种农村区域鉴定点鉴定与生产试验并通过。2015 年进行特色生丝的色牢度检测，结果符合国家对纺织品色牢度的规定标准，2016 年春通过湖南省农作物品种审定委员会专家组现场评议与审定，定名为湘彩绿 1 号，选育过程见表 1。

## 2 一代杂交种鉴定成绩

### 2.1 实验室品比鉴定试验成绩

2014—2016 年春季连续以家蚕春用品种国家指定对照品种菁松 × 皓月为对照，虫蛹率比对照略高，全茧量达 2.07g，万蚕产茧量 20.49kg、万蚕茧层量 4.97kg，一茧丝长为 1 252.2m，解舒丝长为 1 005.1m，均与对照相仿。净度为 94.9 分，比对照的 94.1 分高 0.8 分。表明作为特殊用途的新品种强健好养，产量高，丝质优，实用化水平高。各项指标检验结果见表 2。

### 2.2 农村比试与大面积饲养

2014 年晚秋、2015 年春分别在津市、湘潭、湘乡、沅陵、岳阳等不同市县开展了新品种定点比试。晚秋季盒种产茧量达 38.4kg，比对照菁松 × 皓月的盒种产茧 37.9kg 高 1.31%。2015 年春季盒种产茧量达 39.9kg，比对照菁松 × 皓月的盒种产茧 39.2kg 高 1.79%。同时，为了比较鉴定新蚕品种的稳产性和丰产性，先后在上述 5 个蚕桑基地县的重点蚕桑村组织了新品种的农村比较试养鉴定。其中，2014 年晚秋在 4 个基地共比较饲养新蚕品种湘彩绿 1 号与对照种菁松 × 皓月各 40 盒，新品种单盒产茧 37.05kg，比对照的 36.63kg 高 1.47%；2015 年春在 5 个基地共比较饲养湘彩绿 1 号与对照种菁松 × 皓月各 54 盒，新品种单盒产茧 37.62kg，比对照的 37.58kg 略高。

### 2.3 彩色丝色牢度鉴定

色牢度（Color fastness）是指纺织品的颜色对在加工和使用过程中各种作用的抵抗力。我们将该品种所生产的天然彩色丝样品送至

表1 天然绿色茧品种湘彩绿1号的选育经过(每年春、夏、秋、晚秋各饲养1次)

世代	年季	选育过程与方法	饲养形式	材料名称
母本	2010年春	2006年从中国农业科学院蚕研所引进	单蛾育	菁松A B, 皓月A B
父本	2010年春	2009年苏州大学提供	单蛾育	G9202
F <sub>1</sub> 、BC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	2010年夏— 2010年秋	春季父母本杂交, 夏季饲养F <sub>1</sub> , 与轮回亲本δ回交	混合育	菁绿A B, 皓绿A B
BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub> 、 BC <sub>2</sub> F <sub>1</sub> 、BC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	2010年晚秋— 2011年夏	自交后连续与轮回亲本δ回交2次	混合育	菁绿A B, 皓绿A B
BC <sub>3</sub> F <sub>2</sub> 、F <sub>2</sub> 、 BC <sub>4</sub> F <sub>1</sub>	2011年秋— 2012年春	因家蚕有雌完全连锁现象 <sup>[9]</sup> , 自交后先与插入亲本δ杂交, 再与轮回亲本回交时改为♀	混合育	菁绿A B, 皓绿A B
BC <sub>4</sub> F <sub>2</sub> 、 BC <sub>5</sub> F <sub>1</sub> 、F <sub>2</sub> ~F <sub>4</sub>	2012年夏— 2013年春	自交后与轮回亲本♀回交, 再开始连续自交	混合育	菁绿A B, 皓绿A B
F <sub>5</sub> ~F <sub>7</sub>	2013年夏— 2013年晚秋	蛾区选择为主, 个体选为辅, 在虫蛹率高、茧层厚的优良蛾区中选择茧形匀正个体开展活蛹缂丝 <sup>[10]</sup> , 优×优交配, 构建优良品系	单蛾育, 同蛾区交配	菁松AG9202、菁松BG9202 皓月AG9202、皓月BG9202
F <sub>8</sub> ~F <sub>12</sub>	2014年春— 2015年春	蛾区选择为主, 个体选为辅, 选择优良品系开展多元组配, 连续进行一代杂交种实验室比试鉴定与蚕种试繁, 2014年晚秋、2015年春季连续参与湖南省农村区域鉴定点鉴定与农村大面积试养	单蛾育, 异蛾区交配	菁松AG9202、菁松BG9202 皓月AG9202、皓月BG9202
	2015年秋	国家丝绸及服装产品质量监督检测中心开展特色生丝的色牢度检测(符合标准)		
	2016年春	通过湖南省品种审定委员会专家组现场评议与品种审定		

表2 湘彩绿1号实验室鉴定成绩(2014—2016年春季)

品种	季别	饲养成绩							丝质成绩				
		死笼率(%)	虫蛹率(%)	全茧量(g)	茧层量(g)	茧层率(%)	万蚕收茧量(kg)	万蚕茧层量(kg)	一茧丝长(m)	解舒丝长(m)	解舒率(%)	纤度(D)	净度(分)
湘彩绿1号	2014年春	1.02	97.74	2.06	0.490	23.79	20.63	4.91	1248.0	972.6	77.90	2.617	95.0
	2015年春	1.66	95.90	2.03	0.494	24.33	19.76	4.81	1211.7	973.4	80.30	3.033	94.5
	2016年春	2.13	95.78	2.12	0.522	24.62	21.09	5.19	1296.8	1069.2	82.45	2.860	95.3
	平均	1.60	96.47	2.07	0.502	24.25	20.49	4.97	1252.2	1005.1	80.22	2.837	94.9
菁松×皓月	2014年春	0.95	97.99	2.08	0.505	24.28	20.55	4.99	1271.0	950.8	74.80	2.807	92.5
	2015年春	1.81	94.90	2.07	0.510	24.64	19.71	4.86	1275.1	1043.3	81.80	2.888	94.5
	2016年春	2.41	95.03	2.15	0.541	25.17	21.22	5.34	1337.5	1068.1	79.86	2.932	95.2
	平均	1.72	95.97	2.10	0.519	24.70	20.49	5.06	1294.5	1020.7	78.82	2.876	94.1
相差		-0.12	+0.50	-0.03	-0.017	-0.45	0	-0.09	-42.3	-15.6	+1.4	-0.039	+0.8



国家丝绸及服装产品质量监督检测中心进行检测。该品种所生产的天然彩色丝的耐光色牢度为4级,耐干摩擦色牢度、耐湿摩擦色牢度与耐皂色牢度均为4~5级。其检测结果表明,用该品种生产的天然彩色蚕丝的色彩牢固,能达到国家纺织品色牢度检验标准<sup>[11-14]</sup>,结果见表3。

表3 天然绿色丝的色牢度检测分析

序号	检测项目	单位	检测结果
1	耐皂洗色牢度	变色 级	4~5
		沾色 级	4~5
2	耐干摩擦色牢度	级	4~5
3	耐湿摩擦色牢度	级	4~5
4	耐光色牢度	级	4

注:数据由国家丝绸及服装产品质量监督检测中心提供,4~5表示补充半级。

### 3 主要性状与特征特性

#### 3.1 原种性状

菁松 A G9202·菁松 B G9202:中国系统二化性复交原种,四眠。越年卵为青灰间有黄绿,卵壳为淡黄色。蚁蚕黑褐色,蚁蚕与稚蚕趋密性、趋光性强,壮蚕体色青白,素斑,体形粗壮,眠起齐一,食桑快。老熟齐涌,排尿偏多,喜结上层茧,茧形短椭,缩皱中偏细,茧色绿。蛾体白色,发蛾集中,交配性能良好,一蛾产卵500粒左右。催青期经过10d,蚕期经过24d,蛻中经过15d,与皓月 A G9202·皓月 B G9202对交,应推迟2d出库,迟1d上簇。

皓月 A G9202·皓月 B G9202:日本系统二化性复交原种,四眠。越年卵为褐紫,卵壳为白色。蚁蚕黑褐色,蚁蚕与稚蚕逸散性强,壮蚕体色青白,普斑,体形中等偏细长,眠性略慢,食桑稍缓,5龄起蚕尾部有褐色分泌液。老熟齐一,茧形浅束腰,缩皱中偏细,茧色绿。蛾体白色,发蛾尚齐,交配性

能好,一蛾产卵450粒左右。催青期经过10d,蚕期经过25d,蛻中经过16d,与菁松 A G9202·菁松 B G9202对交,应提早2d出库,早1d上簇。

#### 3.2 一代杂交种性状

该品种系春用天然绿茧家蚕品种,具有生丝色泽稳定一致、强健好养、产茧量高、茧丝质优良的特点,适合在包括湖南省在内的长江流域春季推广。以菁松 A G9202·菁松 B G9202为母体的杂交种越年卵为青灰间有黄绿,卵壳浅黄色,克卵数1600粒左右,克蚁头数2200头左右,以皓月 A G9202·皓月 B G9202为母体的杂交种越年卵为褐紫,卵壳白色,克卵数1700粒左右,克蚁头数2300头左右。蚕种孵化齐一,蚁蚕黑褐色,逸散性强。稚蚕期有趋光性,各龄眠起齐一,眠性快,注意匀蚕扩座。各龄食桑活泼,壮蚕期食桑快而旺盛,不踏叶,饲育容易。壮蚕体色青白,淡普斑,粗壮结实,但5龄期及簇中抗湿性稍差,应注意通风干燥。老熟齐涌,熟蚕体色淡米红色,喜结上层茧,茧形大而匀整,茧色绿,缩皱中等偏细。春季茧层率为24.0%~24.5%,一茧丝长1250~1350m,解舒丝长950~1100m,纤度适中,净度优。

### 4 一代杂交种的饲养要点

(1) 蚁蚕趋光性和逸散性较强,收蚁当天感光宜适当推迟,并提前做好收蚁准备。

(2) 小蚕期趋光性和密集性较为明显,要勤匀蚕与扩座;大蚕期食桑量大,排泄物多,蚕座易潮湿,要加强通风换气,勤撒干燥材料。

(3) 老熟齐涌,排湿量大,应控制上簇密度,保持簇中通风良好,做到簇室干燥。

(4) 浸酸标准:即时浸酸,温度46℃,盐酸比重1.075,浸渍时间中系5min,日系5.5min;冷藏浸酸,温度47.8℃,盐酸比重1.092,浸渍时间中系6min,日系6.5min。

## 5 小结与讨论

湘彩绿1号是湖南省蚕桑科学研究所与苏州大学合作选育的1对茧色稳定、强健好养、丝质优良、实用化程度高的家蚕春用天然绿色茧品种。该品种的主要亲源为春用家蚕品种国家审定指定对照品种菁松×皓月,其间插入杂交体质强健的中丝量品种21改K或22改K,这样就确保了在导入基础材料的天然绿色茧控制基因的同时,新组配的选育材料聚合了多个优良材料的高产、优质、强健特点。通过系谱选育与多元组配技术选配成的新组合,从试验、鉴定结果来看已具有了很高的实用性、稳定性,达到了对天然绿色茧基础品种改良之目的。

本研究在新材料的杂交组配过程中,通过轮回回交育成法完成了5次回交与1次插入杂交,使新材料含有实用性亲源成分的理论值接近99.22% $[1-(1-1/2)^7]$ 。前3次回交与1次插入杂交均是利用雄个体,后2次回交是利用雌个体,主要是为了充分发挥家蚕雌完全连锁与雄性减数分裂期染色单体间交叉互换的作用,加快实用化性状血缘置换与基因重组,更加扩大了获得优良选育材料的几率。天然绿色茧品种G9202的茧色受2对互补基因Ga、Gb所控制<sup>[15]</sup>,在继代过程中会发生快速分离。为此,我们建立了连续2次回交接1次自交为一轮循环的轮回回交方案<sup>[10]</sup>,在每一代继代个体选择中均必需选择符合或接近目标茧色的优良个体继代。特别是每一轮循环的一代自交就是让已经分离的茧色控制基因在目标个体中的重新聚合,相对于一代回交接一代自交的传统方法加快了育种进程。

### 参考文献

[1] Xia QINGYOU, GUO YIRAN, ZHANG ZE, et al. Complete Resequencing of 40 Genomes Reveals Domestication Events and Genes in Silkworm

(*Bombyx*)[J]. Science, 326, 433(2009); DOI:10.1126/science.1176620.

- [2] 孟繁利, 艾均文, 薛宏, 等. 家蚕天然彩色茧资源利用现状与开发前景[J]. 湖南农业科学, 2011, (17): 126-129.
- [3] KRINSKY NI, LANDRUM JT, BONE RA. Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye[J]. Annu Rev Nutr. 2003, (23): 171-201.
- [4] 梁海丽, 葛君. 家蚕天然彩色茧丝的色素特性研究[J]. 丝绸, 2005, (6): 20-22.
- [5] 古勇, 李安明. 类黄酮生物活性的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(2): 283-286.
- [6] 鲁成, 徐安英. 中国家蚕实用品种系谱[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2015: 17-19.
- [7] 杨继芬, 雷树明, 廖鹏飞, 等. 家蚕春用品种菁松、皓月在云南省的异地复壮研究[J]. 西南农业学报, 2014, 27(2): 886-891.
- [8] 艾均文, 司马杨虎, 何行健, 等. 夏秋用斑纹全限性家蚕品种“锦·绣×潇·湘”的选育[J]. 蚕业科学, 2013, 39(3): 486-493.
- [9] 向仲怀. 家蚕遗传育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1994: 2.
- [10] 艾均文, 司马杨虎, 薛宏, 等. 家蚕夏秋用四元杂交天然黄色茧新品种湘彩黄1号的选育[J]. 蚕业科学, 2017, 43(1): 45-55.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品耐汗渍色牢度试验方法: GB/T 3922-1995[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994: 41-44.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品色牢度试验耐皂洗色牢度: GB/T 3921-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-7.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品色牢度试验耐水色牢度: GB/T 5713-2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 1-7.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品色牢度试验耐摩擦色牢度: GB/T 3920-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-4.
- [15] 魏广卫. 家蚕不同茧色品种黄酮类化合物含量测定及绿茧色相关基因UGT86的表达分析[D]. 江苏: 苏州大学, 2011: 8.

## 用不同蛹虫草菌株和家蚕品种幼虫 覆土栽培蚕蛹虫草的试验

张俊<sup>1,2</sup> 颜新培<sup>1</sup> 李一平<sup>1</sup> 徐安英<sup>3</sup> 钱何英<sup>3</sup> 黄仁志<sup>1</sup> 蒋勇兵<sup>1</sup>  
蒋诗梦<sup>1</sup> 邹湘月<sup>1</sup> 邵元元<sup>1</sup>

(1 湖南省蚕桑科学研究所,长沙 410127;2 农业部蚕桑遗传改良重点实验室,江苏镇江 212018;  
3 中国农业科学院蚕业研究所,江苏镇江 212018)

**摘要:**采用覆土培育的方法人工栽培蚕蛹虫草,在相同的培育环境条件下以6株蛹虫草菌(*Cordyceps militaris*)菌株和4个家蚕品种的5龄第6天幼虫供试,筛选合适的菌株和蚕品种。同一个家蚕品种的幼虫接种不同蛹虫草菌株的感染率差异显著;接种相同蛹虫草菌株120h时,家蚕二元杂交组合与四元杂交组合幼虫间的感染率差异显著,至168h,仅接种菌株H24的2个家蚕二元杂交组合间幼虫的感染率差异显著,各家蚕品种幼虫接种其余菌株的感染率已无显著差异,家蚕品种7532×湘晖的幼虫接种菌株LP4的感染率最高达到93.33%,并且该菌株对4个家蚕品种幼虫的感染能力显著高于其他菌株。不同菌株接种各家蚕品种幼虫的发菌率无显著差异。各家蚕品种幼虫接种菌株H24和H7未获得子实体,接种菌株H10和LP4的出草率最高,平均值分别为84.73%和88.70%。供试菌株和家蚕品种均显著影响蚕蛹虫草中3种活性成分的含量,并且菌株的影响更显著:以菌株L2接种7532×湘晖的幼虫培育蚕蛹虫草中的虫草素含量最高;以菌株H0接种932·芙蓉×7532·湘晖的幼虫培育蚕蛹虫草中的腺苷含量最高;以菌株H0接种洞·庭×碧·波的幼虫培育蚕蛹虫草中的虫草多糖含量最高。综合各项试验成绩初步认为:蛹虫草菌L2菌株和LP4菌株具有较高的生产应用价值;家蚕品种直接影响菌株的感染速度,对培育蚕蛹虫草中活性成分的含量也有一定影响。

**关键词:**蛹虫草菌;家蚕品种;蚕蛹虫草;感染率;出草率;活性成分

虫草是一类具有滋补功效的药食同源真菌,冬虫夏草、蛹虫草以及金蝉花均为中药用虫草的佼佼者,其中蛹虫草是蛹虫草菌(*Cordyceps militaris*)以鳞翅目昆虫为寄主,经过营养生长和生殖生长后形成的虫菌复合体<sup>[1-3]</sup>。蛹虫草的药用价值在《中华药海》《新华本草纲目》等医药书目中均有记载,其药性温和,无副作用,具有较高的药用价值<sup>[4-5]</sup>。现代药学研究发现蛹虫草含有丰富的虫草素、腺苷、虫草多糖等生物活性成分,具有抗菌、

消炎、抗肿瘤、调节人体内分泌和增强免疫能力等药理作用,其独特的药理功效被广泛认可和接受<sup>[6-16]</sup>。蛹虫草因具有其他虫草无可比拟的优点,使其在功能食品和医药等方面都有很好的开发利用前景,目前已被国家科技部批准为冬虫夏草的替代品和新资源食品<sup>[17]</sup>。

近年来,以鳞翅目经济昆虫家蚕(*Bombyx mori*)幼虫为寄主人工栽培蛹虫草的技术不断成熟,其培育的蛹虫草形态近似于天然蛹



虫草, 活性成分含量高于其他寄主栽培的蛹虫草, 同时家蚕幼虫易于饲养, 无毒性, 形体均匀整齐且蚕体本身也具有一定的营养与药用价值, 所以可将家蚕作为宿主昆虫规模化生产获得品相饱满整齐、附加值高的蚕蛹虫草<sup>[18-21]</sup>。本研究选择性状差异较大的6株蛹虫草菌株及二元杂交、四元杂交的家蚕品种5龄6天幼虫进行覆土栽培蚕蛹虫草的试验, 探究蛹虫草菌株及宿主家蚕品种对栽培蚕蛹虫草的出草效率、生物活性成分含量的影响, 为规模化高效生产药用品质优的蚕蛹虫草提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 蛹虫草菌株和家蚕品种

蛹虫草菌株分别从吉林、安徽等地采集天然野生蛹虫草菌(*Cordyceps militaris*)菌株组织分离获得, 保存于本实验室, 对菌株进行活化复壮, 以编号分别为H0、H7、H10、H24、L2和LP4的6株菌株供试。6株供试菌株在相同的实验室条件下进行培养后, 观察菌落的生长形态、转色快慢, 同时进行两两接种拮抗反应实验, 观察到出现显著的拮抗线, 确定供试菌株为不同的蛹虫草菌株。

供试家蚕品种为四元杂交组合洞·庭×碧·波、932·芙蓉×7532·湘晖以及二元杂交组合932·芙蓉和7532·湘晖, 由湖南省蚕桑科学研究所蚕品种资源室提供, 孵化幼虫常规条件下用桑叶饲养至5龄第6天备用。

### 1.2 主要试剂和仪器

蛋白胨和酵母膏购自上海国药集团化学试剂有限公司; 虫草素标样和腺苷标样购自Sigma公司; 多糖、四氢呋喃、甲醇均为色谱醇, 购自Fisher公司; 葡萄糖标准品(纯度>98%)购自西安天丰生物科技有限公司。

LC-10AD高效液相色谱仪(日本岛津公司), NOVPAK-C18色谱柱(5 $\mu$ m×40cm, Waters公司), KQ3200DB超声波清洗器(昆

山市超声仪器有限公司), LRH-250-GSI智能人工气候箱(广东韶关市泰宏医疗器械有限公司), 250B生化培养箱(江苏金坛医疗器械厂), Alpha-1900紫外可见分光光度计(上海谱元仪器有限公司)。

### 1.3 液体接种菌液制备

1.3.1 培养基配方 基础培养基配方: 200g/L马铃薯(水煮), 20g/L葡萄糖, 5g/L蛋白胨, 1g/L MgSO<sub>4</sub>, 3g/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 8g/L蚕蛹粉, 2g/L酵母膏, 20g/L琼脂; pH值6.6~7.0。液体培养基配方: 200g/L新鲜马铃薯(水煮), 8g/L蚕蛹粉, 20g/L葡萄糖, 5g/L蛋白胨, 1g/L MgSO<sub>4</sub>, 2g/L酵母膏, 3g/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1g/L MgSO<sub>4</sub>, 0.1g/L VB<sub>1</sub>; pH值6.6~7.0。

1.3.2 接种菌液制备 将蛹虫草菌母种在平板培养基上活化后均匀分割, 接种于添加蚕蛹粉的液体培养基中, 在温度为18~22℃的黑暗条件下静置培养2d, 第3天开始130~140 r/min振荡培养, 每天振荡3~5h, 第5天在180~220lx的光照强度下培养1d, 用3~4层无菌纱布过滤除去菌丝, 获得接种菌液。

### 1.4 覆土栽培蚕蛹虫草的方法

选择健康的家蚕5龄第6天幼虫, 每头注射0.35~0.45mL菌液后, 室温通风条件下培养, 观察蚕体感染僵化后填埋于草木灰基质中, 仅将蚕的头胸部3~5mm露出, 放置在温度15~22℃、相对湿度60%~70%的黑暗环境下培养发菌完全后, 再转入光照强度50~500lx、温度14~25℃、相对湿度60%~80%的条件下培养; 子实体生长成熟后, 将蚕体从草木灰填埋基质中取出, 清理干净周围粘覆的草木灰, 即获得成熟蚕蛹虫草。各组试验培养的蚕蛹虫草子实体经80℃烘干, 粉碎后过80目筛, -20℃冷冻保存待测。

### 1.5 不同蛹虫草菌株及家蚕品种组合培养蚕蛹虫草的试验

供试的6株蛹虫草菌株H0、H7、H10、H24、L2、LP4分为6个大试验组, 每个大试

验组分别接种4个供试家蚕品种的5龄第6天幼虫,每一个菌株和家蚕品种的组合以100条幼虫供试。因在前期预试验已经初步证实菌株H0和L2的感染率、发菌率介于菌株10和菌株LP4之间,接种家蚕幼虫后正常出草,出草率略低于前者,故正式试验接种后只是分别统计72h、120h、168h时菌株H10、H7、H24以及LP4的感染情况,进一步调查发菌及出草情况。

### 1.6 蚕蛹虫草活性成分提取及含量测定

1.6.1 虫草素和腺苷的含量测定 准确称取各组试验培养的蚕蛹虫草样品2.000g,加入双蒸水40mL,涡流10min,60℃、微波(720W)提取50min,12 000g离心5min,取上清液,滤渣继续重复提取,共提取2次,合并上清液,定容至250mL容量瓶中,用0.2μm滤膜过滤获得虫草素、腺苷提取液。采用反相高效液相色谱法<sup>[20-22]</sup>测定虫草素和腺苷的含量。

1.6.2 虫草多糖的含量测定 准确称取各组试验培养的蚕蛹虫草样品2.000g,加30倍体积的蒸馏水,100℃水浴浸提2h,过滤后收集上清液,滤渣用20倍体积的蒸馏水继续水浴浸提2h,过滤,合并上清液,定容至200mL,取10mL上清液并加入4倍体积的95%乙醇沉淀,置于4℃冰箱过夜,12 000g离心10min,取沉淀用蒸馏水溶解后定容到50mL,采用苯酚-硫酸法<sup>[19]</sup>测定虫草多糖含量。

### 1.7 数据统计处理

试验数据采用SPSS 22.0软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试菌株接种不同家蚕品种幼虫的感染率、发菌率及出草率

试验调查数据见表1。在相同培养条件下,不同家蚕品种幼虫接种同一蛹虫草菌株以及相同家蚕品种幼虫接种不同蛹虫草菌

株,感染率均差异显著,至接种168h时,各试验组菌株对幼虫的感染率变幅范围为54.67%~93.33%,家蚕品种932×芙蓉的幼虫接种菌株LP4的感染率最高(93.33%)。相同家蚕品种接种不同菌株,菌株LP4的感染能力显著高于其他3株菌株,接种168h时4株菌株对幼虫的平均感染率从大到小依次为LP4(90.50%)、H7(84.09%)、H10(72.42%)、H24(69.17%)。4个家蚕品种接种相同菌株,二元杂交组合7532×湘晖、932×芙蓉幼虫的感染率显著高于四元杂交组合洞·庭×碧·波、932·芙蓉×7532·湘晖幼虫的感染率,而7532×湘晖和932×芙蓉之间、洞·庭×碧·波和932·芙蓉×7532·湘晖之间,幼虫的感染率差异不显著。至接种288h时,各试验组合的菌株不断生长突破蚕体表面长满头胸部,平均发菌率变幅范围为84.84%~93.54%,差异不显著,发菌率最高的为菌株LP4接种感染的试验组合。相同出草培养管理条件下,发现菌株H24接种感染4个家蚕品种幼虫发菌后没有转色,菌株H7接种4个家蚕品种幼虫发菌后转色为浅橘红色,二者均未形成子实体;菌株H10和菌株LP4接种4个家蚕品种幼虫发菌后转色正常(图1),出草率平均值分别为84.73%和88.70%。

### 2.2 供试菌株接种不同家蚕品种幼虫培育蚕蛹虫草的活性成分含量比较

调查统计4个供试家蚕品种5龄第6天幼虫分别接种4株能正常出草的蛹虫草菌株后覆土培育蚕蛹虫草中活性成分虫草素、腺苷、虫草多糖的含量,结果见表2。

菌株和家蚕品种直接影响到蚕蛹虫草中3种活性成分的含量。不同菌株接种相同家蚕品种幼虫培育的蚕蛹虫草样品间,其虫草素、腺苷和虫草多糖的含量存在显著差异( $P<0.05$ )。虫草素质量比变幅为6.06~15.36mg/g,含量从大到小依次为菌株L2、H0、LP4、H10接种培养的蚕蛹虫草

表 1 4 株蛹虫草菌株对不同家蚕品种 5 龄幼虫的感染率、发菌率和出草率的比较 ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

菌株 编号	家蚕品种	感染率(%)			发菌率 /%	出草率 /%
		72h	120h	168h	288h	
H24	7532× 湘晖	8.33 ± 0.12 <sup>a</sup>	65.67 ± 2.01 <sup>mno</sup>	83.33 ± 1.05 <sup>fgkl</sup>	93.24 ± 2.18 <sup>cd</sup>	0
	932× 芙蓉	6.00 ± 0.31 <sup>a</sup>	58.00 ± 1.54 <sup>klmn</sup>	78.33 ± 0.86 <sup>defg</sup>	95.71 ± 0.06 <sup>d</sup>	0
	932· 芙蓉 × 7532· 湘晖	0	37.00 ± 0.96 <sup>bcd</sup>	60.33 ± 2.06 <sup>ac</sup>	89.44 ± 0.67 <sup>abcd</sup>	0
	洞· 庭 × 碧· 波	0	40.66 ± 2.09 <sup>cd</sup>	54.67 ± 1.63 <sup>a</sup>	88.23 ± 2.37 <sup>abcd</sup>	0
	平均值	3.58 ± 0.24 <sup>a</sup>	50.33 ± 1.35 <sup>efgk</sup>	69.17 ± 1.01 <sup>cd</sup>	91.66 ± 0.19 <sup>abcd</sup>	0
	7532· 湘晖	7.00 ± 0.09 <sup>a</sup>	52.33 ± 0.86 <sup>fgk</sup>	85.67 ± 1.59 <sup>gklm</sup>	92.38 ± 1.34 <sup>abcd</sup>	0
H7	932× 芙蓉	6.00 ± 1.04 <sup>a</sup>	59.33 ± 0.74 <sup>klmn</sup>	86.00 ± 0.69 <sup>gklm</sup>	86.57 ± 1.71 <sup>abcd</sup>	0
	932· 芙蓉 × 7532· 湘晖	0	36.00 ± 1.58 <sup>bcd</sup>	80.00 ± 1.23 <sup>efgk</sup>	87.42 ± 1.89 <sup>abcd</sup>	0
	洞· 庭 × 碧· 波	0	34.33 ± 1.64 <sup>bc</sup>	84.67 ± 2.07 <sup>fgklm</sup>	89.24 ± 0.65 <sup>abcd</sup>	0
	平均值	3.25 ± 0.16 <sup>a</sup>	45.50 ± 2.03 <sup>def</sup>	84.09 ± 1.96 <sup>fgklm</sup>	89.76 ± 1.62 <sup>abcd</sup>	0
	7532× 湘晖	9.33 ± 0.05 <sup>a</sup>	42.00 ± 1.68 <sup>cde</sup>	75.00 ± 0.08 <sup>cdef</sup>	90.06 ± 0.56 <sup>abcd</sup>	84.65 ± 1.27 <sup>a</sup>
	932× 芙蓉	6.67 ± 0.08 <sup>a</sup>	37.00 ± 1.21 <sup>bcd</sup>	67.67 ± 1.27 <sup>bc</sup>	83.28 ± 2.16 <sup>ab</sup>	86.18 ± 0.96 <sup>a</sup>
H10	932· 芙蓉 × 7532· 湘晖	0	29.33 ± 0.96 <sup>ab</sup>	78.00 ± 0.54 <sup>defg</sup>	86.63 ± 0.69 <sup>abcd</sup>	80.33 ± 2.14 <sup>a</sup>
	洞· 庭 × 碧· 波	0	23.67 ± 0.54 <sup>a</sup>	69.00 ± 1.36 <sup>cd</sup>	79.37 ± 0.58 <sup>a</sup>	87.75 ± 1.36 <sup>a</sup>
	平均值	4.00 ± 0.14 <sup>a</sup>	33.00 ± 1.23 <sup>bc</sup>	72.42 ± 0.67 <sup>cde</sup>	84.84 ± 0.91 <sup>abc</sup>	84.73 ± 1.46 <sup>a</sup>
	7532× 湘晖	8.00 ± 0.12 <sup>a</sup>	78.00 ± 3.06 <sup>q</sup>	93.33 ± 1.13 <sup>m</sup>	95.18 ± 1.24 <sup>d</sup>	91.08 ± 0.94 <sup>a</sup>
	932× 芙蓉	5.33 ± 0.21 <sup>a</sup>	73.67 ± 2.07 <sup>pq</sup>	89.67 ± 1.17 <sup>klm</sup>	93.56 ± 0.94 <sup>cd</sup>	84.76 ± 2.06 <sup>a</sup>
	932· 芙蓉 × 7532· 湘晖	0	63.33 ± 1.69 <sup>lmn</sup>	87.00 ± 0.97 <sup>gklm</sup>	94.23 ± 1.83 <sup>d</sup>	87.62 ± 2.37 <sup>a</sup>
LP4	洞· 庭 × 碧· 波	0	67.33 ± 2.27 <sup>nop</sup>	92.00 ± 2.04 <sup>lm</sup>	91.17 ± 0.76 <sup>abcd</sup>	91.34 ± 3.17 <sup>a</sup>
	平均值	3.33 ± 0.13 <sup>a</sup>	70.58 ± 1.69 <sup>pq</sup>	90.50 ± 1.82 <sup>lm</sup>	93.54 ± 1.14 <sup>cd</sup>	88.70 ± 2.69 <sup>a</sup>
	7532× 湘晖	8.00 ± 0.12 <sup>a</sup>	78.00 ± 3.06 <sup>q</sup>	93.33 ± 1.13 <sup>m</sup>	95.18 ± 1.24 <sup>d</sup>	91.08 ± 0.94 <sup>a</sup>

表中数据后小写字母不一致表示该组间的差异具有显著性 ( $P<0.05$ )。表 2 同。



图 1 蛹虫草菌株 LP4 接种家蚕品种 932· 芙蓉 5 龄第 6 天幼虫的感染 (A) 及发菌 (B) 和出草 (C) 情况

表2 4个蛹虫草菌株感染不同家蚕品种5龄幼虫培育获得蚕蛹虫草中的3种活性成分含量比较 ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

菌株编号	家蚕品种	虫草素质量比/(mg·g <sup>-1</sup> )	腺苷质量比/(mg·g <sup>-1</sup> )	多糖质量比/(mg·g <sup>-1</sup> )
H0	7532·湘晖	12.00 ± 0.03 <sup>e</sup>	1.09 ± 0.12 <sup>hij</sup>	65.06 ± 1.95 <sup>k</sup>
	932 × 芙蓉	9.18 ± 0.02 <sup>e</sup>	1.59 ± 0.05 <sup>defg</sup>	76.49 ± 1.32 <sup>hij</sup>
	932·芙蓉 × 7532·湘晖	10.27 ± 0.03 <sup>d</sup>	2.54 ± 0.24 <sup>a</sup>	90.18 ± 2.34 <sup>b</sup>
	洞·庭 × 碧·波	10.98 ± 0.02 <sup>d</sup>	2.07 ± 0.03 <sup>abcd</sup>	94.28 ± 2.13 <sup>a</sup>
H10	7532·湘晖	8.24 ± 0.15 <sup>ef</sup>	1.85 ± 0.05 <sup>cde</sup>	75.41 ± 0.67 <sup>ij</sup>
	932 × 芙蓉	6.06 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.97 ± 0.03 <sup>bcde</sup>	56.23 ± 1.09 <sup>l</sup>
	932·芙蓉 × 7532·湘晖	6.34 ± 0.15 <sup>b</sup>	1.09 ± 0.17 <sup>hij</sup>	78.16 ± 0.73 <sup>ghi</sup>
	洞·庭 × 碧·波	6.79 ± 0.14 <sup>b</sup>	1.49 ± 0.02 <sup>efgh</sup>	83.29 ± 1.59 <sup>cde</sup>
L2	7532·湘晖	15.36 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.02 <sup>ghj</sup>	52.07 ± 0.65 <sup>m</sup>
	932 × 芙蓉	14.25 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.43 ± 0.15 <sup>ab</sup>	68.16 ± 0.78 <sup>k</sup>
	932·芙蓉 × 7532·湘晖	14.30 ± 0.28 <sup>b</sup>	0.85 ± 0.06 <sup>j</sup>	78.43 ± 2.01 <sup>fghi</sup>
	洞·庭 × 碧·波	14.57 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.58 ± 0.08 <sup>defgh</sup>	82.22 ± 1.96 <sup>de</sup>
LP4	7532·湘晖	8.34 ± 0.12 <sup>ef</sup>	1.92 ± 0.04 <sup>cde</sup>	73.27 ± 0.11 <sup>j</sup>
	932 × 芙蓉	7.81 ± 0.10 <sup>f</sup>	1.85 ± 0.04 <sup>cde</sup>	66.18 ± 1.75 <sup>k</sup>
	932·芙蓉 × 7532·湘晖	8.12 ± 0.20 <sup>f</sup>	1.12 ± 0.15 <sup>ghj</sup>	75.22 ± 1.93 <sup>ij</sup>
	洞·庭 × 碧·波	8.31 ± 0.09 <sup>ef</sup>	1.34 ± 0.16 <sup>fghj</sup>	80.07 ± 2.36 <sup>efgh</sup>

样品；腺苷质量比变幅为 0.85 ~ 2.54mg/g；虫草多糖质量比变幅为 52.07 ~ 94.28mg/g。4 个家蚕品种幼虫接种相同菌株培育的蚕蛹虫草中虫草素、腺苷和多糖含量差异也达显著水平 ( $P<0.05$ )。接种菌株 H0 培育的蚕蛹虫草中虫草素含量差异最大，质量比变幅为 9.18 ~ 12.00mg/g；接种菌株 L2 培育的蚕蛹虫草中腺苷含量差异最大，质量比变幅为 0.85 ~ 2.43mg/g；接种菌株 L2 培育的蚕蛹虫草中虫草多糖含量差异最大，质量比变幅为 52.07 ~ 82.22mg/g。上述结果表明：蛹虫草菌株对蚕蛹虫草中 3 种活性成分含量的影响大于不同家蚕品种幼虫对蚕蛹虫草中 3 种活性成分含量的影响。蚕蛹虫草中虫草素含量最高 (15.36mg/g) 的是菌株 L2 接种 7532 × 湘晖幼虫的试验组；腺苷含量最高 (2.54mg/g) 的是菌株 H0 接种 932·芙蓉 × 7532·湘晖幼虫的试验组；虫草多糖含量最高 (94.28mg/g)

的是菌株 H0 接种洞·庭 × 碧·波幼虫的试验组。

### 3 讨论

本试验结果显示：在相同覆土培育条件下，同一个家蚕品种的幼虫接种不同蛹虫草菌株后 168h 的平均感染率变幅为 69.17% ~ 90.50%，接种菌株间的差异显著；不同家蚕品种幼虫用相同蛹虫草菌株接种 120h 时，二元杂交组合的幼虫与四元杂交组合幼虫的感染率最大变幅为 37.00% ~ 65.67%，寄主家蚕品种间的差异显著，至接种 168h 时，仅接种菌株 H24 的二元杂交组合幼虫与四元杂交组合幼虫间差异显著，感染率变幅为 54.67% ~ 83.33%，而接种相同蛹虫草菌株的 2 个二元杂交组合幼虫间、2 个四元杂交组合幼虫间无显著差异。分析原因可能是所选四元杂交组合幼虫的抗感



染能力显著高于二元杂交组合幼虫,在接种120h之前,四元杂交组合幼虫抵抗蛹虫草菌感染的能力强于二元杂交组合幼虫,随着菌株适应性增强,不断繁殖占据优势,家蚕品种不同杂交组合间的差异消失。分析推断,蛹虫草菌株是影响覆土栽培蚕蛹虫草的决定因素,这与顾寅钰等<sup>[23]</sup>的研究结论相同,即家蚕品种对菌株感染的抵抗能力只对感染速度起主要作用。出草培养管理后调查发现菌株H24发菌后未转色,可长出子实体,而菌株H7发菌后转为浅橘红色,未长出子实体,推测可能与这2株菌株的活性退化有关;菌株H10和菌株LP4的出草率最高,平均值分别为84.73%和88.70%。

对培养蛹虫草中的活性成分检测结果显示,接种菌株和寄主家蚕品种的组合直接影响到蚕蛹虫草中活性成分的含量,并且菌株的影响大于家蚕品种,不同菌株间、不同家蚕品种间的差异也达到显著水平。不同菌株接种相同家蚕品种幼虫培育的蚕蛹虫草中虫草素、腺苷和虫草多糖含量均达到显著差异;不同家蚕品种幼虫接种同一菌株培育的蚕蛹虫草中虫草素、腺苷和虫草多糖的含量也存在显著差异。据此初步认为,蛹虫草菌株是影响覆土栽培蚕蛹虫草产量和品质的决定因素,家蚕品种直接影响菌株感染速度,对培育蚕蛹虫草中活性成分的含量也有一定影响。今后应进一步筛选培育出草稳定、活性成分含量高的优质蛹虫草菌株及选择适合的家蚕品种,全面系统评价蚕蛹虫草活性成分的药效及研究活性成分产生机制,同时进一步改进完善规模化覆土栽培蚕蛹虫草技术体系以提高产量和产品的药用品质。

#### 参考文献

- [1] 张志军. 人工培养蛹虫草 (*Cordyceps militaris*) SY<sub>12</sub> 新型有效成分的研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
- [2] 李军, 陈广生, 方清茂, 等. 人工培养蛹虫草与冬虫夏草的比较研究 [J]. 成都中医药大学学报, 2010, 33(3): 82-83.
- [3] 刘桂君, 周思静, 杨素玲, 等. 蛹虫草中虫草素的研究进展 [J]. 食品科学, 2013, 34(21): 408-412.
- [4] 中国医学科学院药物研究所. 新华本草纲要 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988: 496-518.
- [5] 张平, 朱述钧, 钱大顺, 等. 北冬虫夏草功能成分及保健作用分析 [J]. 江苏农业科学, 2003, 31(6): 105-107.
- [6] 徐廷万, 王丽波, 段文健, 等. 人工蛹虫草胞外多糖对受抑制的免疫功能的影响及抗疲劳作用 [J]. 中药药理与临床, 2002, 18(6): 17-18.
- [7] 戴瑛, 张斌, 周勇, 等. 蛹虫草提取物对内毒素引起的小鼠急性肺损伤的保护作用 [J]. 中国临床药理学与治疗学, 2004, 9(4): 386-388.
- [8] EIICHI N K, RONALD P M, KEISUKE Y, et al. Antileukemic activity and mechanism of action of cordycepin against terminal deoxynucleotidyl transferase-positive (TdT<sup>+</sup>) leukemic cells [J]. Biochem Pharmacol, 2000, 59(3): 273-281.
- [9] WONG S Y, PARK E H. Anti-inflammatory and related pharmacological activities of cultured mycelia and fruiting bodies of *Cordyceps militaris* [J]. J Ethnopharmacol, 2004, 96(3): 555-561.
- [10] CHIOU W F, CHANG P C, CHEN C F. Protein constituent contributes to the hypotensive and vasorelaxant activities of *Cordyceps militaris* [J]. Life Sci, 2000, 66(14): 1369-1376.
- [11] 施新琴, 顾寅钰, 李化秀, 等. 用不同家蚕品种5龄幼虫培育蚕蛹虫草中的1-脱氧野尻霉素含量检测 [J]. 蚕业科学, 2017, 43(6): 987-990.
- [12] 夏永亮. 虫草素生物合成机理研究 [D]. 上海: 中国科学院大学, 2014.
- [13] 樊慧婷, 林洪生, 李杰, 等. 人工蛹虫草子实体对Lewis肺癌荷瘤小鼠CD4<sup>+</sup>CD25调节性T细胞的影响 [J]. 中华肿瘤防治杂志, 2009, 16(15): 1130-1134.
- [14] 刘桂君, 周思静, 杨素玲, 等. 蛹虫草中虫草素的研究进展 [J]. 食品科学, 2013, 34(21): 408-412.
- [15] XIA Y L, LUO F F, SHANG Y F, et al. Fungal Cordycepin biosynthesis is coupled with the production of the safeguard molecule pentostatin [J]. Cell Chem Biol, 2017, (24): 1479-1489.
- [16] 朱建华, 杨晓泉. 真菌多糖研究进展——结构、特性及制备方法中国食品添加剂 [J]. 2005, (6): 75-80.
- [17] 钱余义, 朱华旭, 李博, 等. 人工蛹虫草研究进展及其深加工展望 [C]// 中国蚕学会. 全国家蚕资源



# 家蚕杂交新组合实验室饲养鉴定试验

吴凡<sup>1</sup> 李德臣<sup>1</sup> 郝瑜<sup>1</sup> 肖胜武<sup>3</sup> 陈登松<sup>2</sup>

(1 湖北省农业科学院经济作物研究所,武汉 430070;2 湖北省农业科学院果树茶叶研究所 武汉 430070;3 罗田县三宝蚕种有限公司,湖北罗田 438600)

**摘要:**2017年秋季,对湖北省农科院经济作物研究所的7对家蚕新组合进行了实验室鉴定。7对家蚕新组合均发育整齐、上蔟齐涌,全茧量、茧层量、茧层率、万头蚕茧层量性状指标超过对照品种,其茧丝质优良,综合经济性性状以菁9×镇J2品种表现突出。

**关键词:**家蚕;新组合;饲养鉴定

蚕桑品种是蚕桑业重要的物质基础和最基本的生产资料,是蚕茧产量和质量的决定因素,而蚕桑品种的改良也是发展蚕丝业最经济最有效的增产增效措施。为此,我所于2010年从山东农业大学、华南农业大学、中国农业科学院蚕业研究所等家蚕育种单位引进资源,与所内保存的家蚕品种资源配制多对新组合,开展了耐粗放饲养的家蚕新品种的选育研究。经过连续多年、多季的饲养鉴定,经多代系统选择分别固定为中系新品系7个,日系新品系7个。2015—2016年秋季分别通过不完全双列杂交法进行配合力测定,从中选择配合力好的新品系组配一代杂交种,2017年秋季开展实验室一代杂交种的饲养鉴定试验。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试蚕品种

供试家蚕杂交新组合有7个:春芙×镇J2、春芙×Z848、菁9×镇J2、菁9×朝J2、菁9×Z848、苏9×镇J2、E苏×春54。对照蚕品种为湖北省夏秋用主推蚕品种黄鹤×朝霞。供试蚕品种及对照种均为春制秋用冷藏浸酸种。

### 1.2 试验内容

供试家蚕新组合和对照种均在相同的环境条件下进行饲养,对其生命力、茧质、丝质及综合经济性性状进行实验室鉴定。蚕期对供试家蚕新组合和对照品种进行虫质的饲养

高值化利用学术研讨会论文集.徐州:中国蚕学会,2013:10.

- [18] 徐玉娟,廖森泰,肖更生,等.蚕桑功能食品研究与开发进展[J].中国食品学报,2006,6(1):417-420.
- [19] 王蕾.蚕虫草的人工培育研究及有效成分分析[D].长沙:湖南农业大学,2007.
- [20] 施新琴,顾寅钰,李化秀,等.不同蛹虫草菌株栽培蚕蛹虫草的形态性状及活性成分含量比较[J].

蚕业科学,2015,41(1):134-139.

- [21] 顾寅钰,施新琴,李化秀,等.人工培育条件对蚕蛹虫草主要活性成分含量的影响[J].蚕业科学,2017,43(3):486-490.
- [22] 夏敏.反相高效液相色谱法测定蛹虫草中虫草素的含量[J].淮阴工学院学报,2004,13(3):22-24.
- [23] 顾寅钰,施新琴,李峰,等.北虫草菌种感染家蚕幼虫的研究[J].山东农业科学,2014,46(6):120-122.

鉴定，家蚕饲养结束后，在蛹发育的同一时期进行茧质和丝质鉴定。

1.3 试验方法

供试家蚕品种和对照种的催青均采用二段催青法，正反交各收蚁 2g，分别饲养至 4 龄饲食 1d 后数蚕分区，每 400 头为一区，正反交各饲育 3 区。小蚕采用塑料薄膜覆盖育精心饲养，大蚕采用常规方法进行饲育，良桑饱食，上簇采用塑料折簇，注意通风换气，终熟后第 5 天采茧，第 6 天开始调查茧质成绩。茧质调查结束后，将同品种正反交鲜茧合并，采用两段烘干法烘干，样茧送至四川省蚕业研究所茧丝检验室进行丝质鉴定。所有处理均在同一蚕室、相同饲育条件采用统一的技术处理。

1.4 调查项目

在实验室饲养鉴定过程中，观察记载各品种的收蚁情况、各龄家蚕发育和眠起情况、上簇情况；调查各品种的全龄经过、全茧量、茧层量、茧层率、幼虫生命率、死笼率、虫蛹统一生命率、万蚕收茧量、万蚕茧层量、出丝率、茧丝长、解舒丝长、解舒率、净度等。

2 结果与分析

根据家蚕品种实验室鉴定的技术要求，对供试家蚕新组合与对照种的饲育成绩和丝质成绩进行统计分析，结果见表 1、表 2。

2.1 龄期经过

从表 1 可以看出，供试家蚕新组合的全

表 1 家蚕新组合实验室鉴定饲育成绩

品种	全龄 /d:h	全茧量 /g	茧层量 /g	茧层率 /%	幼虫生命率 /%	死笼率 /%	虫蛹率 /%	万蚕收茧量 /kg	万蚕茧层量 /kg
春芙×镇 J2	23:06	1.75	0.407	23.24	94.69	3.16	91.70	18.26	4.244
春芙×Z848	24:00	1.87	0.444	23.73	91.41	3.62	88.10	18.30	4.342
菁 9×镇 J2	23:06	1.73	0.423	24.44	98.96	2.82	96.17	18.23	4.455
菁 9×朝 J2	23:06	1.65	0.399	24.17	96.62	3.55	93.19	17.82	4.307
菁 9×Z848	24:00	1.68	0.397	23.66	97.23	1.13	96.13	17.46	4.131
苏 9×镇 J2	23:06	1.74	0.418	24.02	95.01	3.35	91.83	18.62	4.472
E 苏×春 54	24:06	1.75	0.448	25.61	90.65	4.32	86.73	18.30	4.687
黄鹤×朝霞	23:12	1.61	0.374	23.23	91.47	2.94	88.78	17.01	3.951

表 2 家蚕新组合实验室鉴定丝质成绩

品种	纤度 /dtex	出丝率 /%	茧丝长 /m	解舒丝长 /m	解舒率 /%	净度 /分
春芙×镇 J2	2.260	42.5	1043.1	874.7	83.9	97.5
春芙×Z848	2.356	42.2	1092.0	904.2	82.8	98.0
菁 9×镇 J2	2.281	43.8	1055.3	871.3	82.6	96.1
菁 9×朝 J2	2.306	42.8	988.3	833.9	84.4	97.0
菁 9×Z848	2.400	44.6	1062.1	893.4	84.1	97.0
苏 9×镇 J2	2.863	43.8	1101.9	935.6	84.9	96.6
E 苏×春 54	2.407	39.3	1051.0	839.6	79.9	94.2
黄鹤×朝霞	2.246	41.4	1095.6	933.2	85.2	94.5

龄经过在23d以上,与对照种黄鹤×朝霞相仿,其中E苏×春54的全龄经过最长达24d 6h,比对照种长18h,春芙×镇J2、菁9×镇J2和苏9×镇J2的全龄经过最短,都为23d 6h,比对照种短6h。

## 2.2 茧质成绩

7对供试家蚕新组合的全茧量、茧层量和茧层率均超过对照种。其中,全茧量1.65~1.87g,最高的为春芙×Z848,比对照种高出0.26g,最低的为菁9×朝J2,比对照种高出0.04g;茧层量0.397~0.448g,最高的为E苏×春54,比对照种高出0.74g,最低的为菁9×Z848;茧层率都在23%以上,其中以E苏×春54最高,达到25.61%,比对照高出2.38个百分点。

## 2.3 强健性

供试家蚕新组合的幼虫生命率在90%以上,与对照种相仿,其中以菁9×镇J2最高,为98.96%,比对照种高出7.49个百分点,以E苏×春54最低,低于对照0.82个百分点。死笼率以菁9×Z848最低,为1.13%,E苏×春54最高,为4.32%。虫蛹率以菁9×镇J2最高,为96.17%,比对照高出7.39个百分点,E苏×春54最低,为86.73%,比对照低2.05个百分点。除E苏×春54和春芙×Z84以外,其余新组合的虫蛹率均超过对照。

## 2.4 丝质成绩

7对家蚕新组合的纤度相仿,在2.260~2.674dtex之间;出丝率除E苏×春54以外,其余6对家蚕新组合均高于对照,其中以菁9×Z848最高,达到了44.6%,比对照提高了3.2个百分点;茧丝长和解舒丝长都以苏9×镇J2最长,分别为1101.9m和935.6m,分别比对照提高6.3m和2.4m,其余6对新组合的茧丝长和解舒丝长均略低于对照。解舒率均达到了75%以上,其中苏9×镇J2最高,为84.9%,菁9×朝J2次之,为84.4%,E苏×春54最低,为79.9%;净度以春芙×Z848最高,为98.0分,春芙×镇

J22次之,为97.5分,E苏×春54最低,也达到了94.2分。

## 2.5 综合评估

7对家蚕新组合在幼虫期均表现出发育齐一,眠起整齐,大蚕体型粗壮,食桑猛,上簇齐涌的特点。结合实验室鉴定饲育成绩和丝质成绩可以看出,7对家蚕新组合的茧质成绩优良,全茧量、茧层量和茧层率均超过对照种,除E苏×春54和春芙×Z84以外,5对家蚕新组合的抗性较好,虫蛹率均高于湖北夏秋主推品种黄鹤×朝霞,新组合丝质成绩优良,解舒丝长均达到830m以上,解舒率均超过75%,净度在94分以上,个别品种达到98分。供试家蚕新组合饲育成绩以菁9×镇J2最好,全茧量1.73g、茧层量0.423g、茧层率24.44%、幼虫生命率98.96%、死笼率2.82%、虫蛹率96.17%、万蚕收茧量21.00g、万蚕茧层量4.915g;丝质成绩以苏9×镇J2最为优良,出丝率43.8%、茧丝长1101.9m、解舒丝长935.6m、解舒率84.9%、净度96.6分。

## 3 讨论

本试验对7对家蚕新组合进行了实验室饲养鉴定,供试的7对家蚕新组合孵化齐一,眠起快,发育整齐,上簇齐涌,茧色洁白,综合性状优良。7对供试家蚕新组合的全茧量、茧层量和茧层率均超过对照种,幼虫生命率在90%以上,与对照种相仿,丝质成绩优良。7对家蚕新组合具有优良的茧丝质性状和较好的抗逆性,通过进一步加强母种的选择提高,有望育成1~2对茧丝质与综合经济性状优良的家蚕新品种,服务于蚕业生产。本试验仅为一次试验得出的结论,还需进一步验证。在下一步的工作中,我们会继续开展实验室多季鉴定试验,同时结合协作区联合鉴定和农村生产鉴定试验,以期获得最优组合,为家蚕新品种的选育提供依据。

## 桑椹糖酸积累及相关酶活代谢特征研究

李 勇<sup>1,2</sup> 邓 文<sup>1</sup> 于 翠<sup>1</sup> 莫荣利<sup>1</sup> 朱志贤<sup>1</sup> 胡兴明<sup>1</sup> 庄楚雄<sup>2</sup>

(1 湖北省农业科学院经济作物研究所, 武汉 430070; 2 华南农业大学生命科学学院, 广州 510642)

**摘 要:** 为了研究不同基因型果桑果实(桑椹, 又称桑果)的糖酸积累及相关酶活代谢特征, 选择桑椹甜度差异较大的大10(DS)和白玉王(BY)2个果桑品种, 分别于不同发育时期测定鲜桑椹的可溶性糖含量、有机酸含量及蔗糖代谢相关酶活性。结果显示, 2个果桑品种桑椹不同发育时期的糖分含量存在差异, 可溶性糖含量从红果期开始至初熟期呈直线上升的趋势, 初熟期至成熟期有不同程度的下降。糖分含量中果糖和葡萄糖含量高于其他糖分, 糖分积累均以果糖和葡萄糖为主, 但2个果桑品种桑椹在成熟期蔗糖含量均升至较高水平。成熟期BY桑椹的有机酸含量均低于或与DS桑椹相仿, 但差异不大。DS桑椹中蔗糖合成酶(SS)活性与蔗糖合成作用呈正相关, BY桑椹中蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性与蔗糖积累正相关。对DS和BY2个果桑品种鲜桑椹糖组分的主成分分析结果表明, 在第1主成分(PC1)中, 葡萄糖和麦芽糖的载荷系数比较大, 共同构成其方差变异的主要因素; 而在第2主成分(PC2)中, 构成其方差变异的主要因素是蔗糖。果糖和葡萄糖可以作为评价不同栽培措施对BY和DS桑椹糖风味的主要评价参数。

**关键词:** 果桑; 大10; 白玉王; 桑椹; 糖积累; 有机酸积累; 蔗糖代谢酶

果桑是多年生落叶果树, 乔木或灌木, 为桑科桑属植物中家桑的大果变种群<sup>[1]</sup>。果桑的果实(桑椹, 又称桑果)为复果或多花果, 果肉柔嫩多汁, 营养丰富, 风味独特, 是加工食品、保健品和药品的好原料, 已被卫生部列入“既是食品又是药品”的名单<sup>[2]</sup>。目前全国果桑种植面积近5.33万hm<sup>2</sup>, 桑椹

产量达79万t, 果桑产业发展迅速<sup>[3]</sup>。随着人民生活水平的提高, 对水果品质的要求也不断提高, 而糖酸含量及糖酸比是衡量果实品质的重要指标。糖既是光合作用的产物, 又是呼吸作用的底物, 它为植物的生长发育提供碳骨架和能量, 并能增强植物的抗逆性<sup>[4]</sup>。水果中糖的种类、含量直接影响着果实的营养价值、风味口感、色泽等品质性状, 其组成成分及其含量是决定果实风味的关键<sup>[5]</sup>。近年来, 大量的研究表明, 在生理、分子和信号转导水平上光合同化物的运输与代谢对果实的糖积累发挥着越来越重要的作用<sup>[6]</sup>。果实的有机酸与糖一起形成糖酸比, 决定果实的风味, 同时, 果实的有机酸作为呼吸底物为合成其他物质提供基础, 糖酸比是影响果实口感的最主要因子<sup>[7]</sup>。优化果实糖酸比、提升品质是提高其生产效益和经济效益的关

**资助项目:** 现代农业产业技术体系建设专项(No. CARS-18)。

**第一作者:** 李勇(1980—), 男, 山东菏泽人, 博士研究生, 助理研究员。

E-mail: liyong8057@163.com

**通讯作者:** 胡兴明(1963—), 男, 湖南常德人, 研究员, 硕士生导师。

E-mail: 13607121598@163.com

庄楚雄(1964—), 男, 湖南岳阳人, 研究员, 博士生导师。

E-mail: zhuangcx@scau.edu.cn



键因素。针对桑椹品质的研究,尤其是糖和酸的积累、转运和代谢机制的研究落后于其他大宗水果,影响了果桑产业的发展。

为此,我们选择桑椹甜度差异较大的大10(DS)和白玉王(BY)2个果桑品种,分别于青果期、色变期、红果期、初熟期和成熟期取样,测定不同发育时期2个果桑品种桑椹的可溶性糖(TSS)、果糖(Fru)、葡萄糖(Glc)、蔗糖(Can)、乳糖(Lac)、麦芽糖(Mal)及可滴定酸(Tia)、柠檬酸(Cia)、苹果酸(Maa)、草酸(Oxa)、乙酸(Aca)、琥珀酸(Sua)的含量变化特征和蔗糖合成酶(sucrose synthase, SS)、蔗糖磷酸合成酶(sucrose phosphate synthase, SPS)、可溶性酸性转化酶(soluble acid invertase, S-AI)和中性转化酶(neutral invertase, NI)活性的变化动态,研究桑椹的糖酸代谢及相关酶活性变化规律,旨在为调控桑椹发育与品质提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试桑椹 试验所用桑椹为紫黑果色DS和白果色BY的桑椹。果实样品均采自湖北省桑树种质资源圃内2011年栽植、树势和挂果量相近的嫁接树。

1.1.2 主要仪器 岛津LC-2010AHT液相色谱(HPLC)仪、RID-10A示差检测器、SPD-10AVP紫外可见检测器、LC-2010AHT二元梯度泵、CTO-10ASP恒温箱,均为日本Shimadzu公司产品;Shodex NH2P-50 4E(4.6mm×250mm)色谱柱、NH2P-50G 4A保护柱,均为日本Shodex Asahipak公司产品;Aglient C18(4.6mm×250mm)色谱柱、Aglient C18保护柱,均为美国Aglient公司产品。

1.1.3 主要试剂 果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖标准品,苹果酸、草酸、琥珀酸、

乙酸、柠檬酸和酒石酸标准品,均为色谱纯, Sigma公司产品;70%乙腈,上海安谱实验科技股份有限公司产品;乙酸锌,分析纯,上海国药试剂集团产品;亚铁氰化钾,分析纯,上海琳帝化工有限公司产品;蔗糖磷酸合成酶试剂盒、蔗糖合成酶试剂盒、中性转化酶试剂盒、可溶性酸性转化酶试剂盒,均为Solarbio公司产品;磷酸二氢钾、分析纯,东莞市斯巴达化学有限公司产品。

### 1.2 试验方法

1.2.1 采样时期及处理方法 DS和BY每个品种各随机选9株桑树,每3株作为1个重复,分别在青果期、色变期、红果期、初熟期和成熟期(图1~2)采样,每次采样重复3次。样品采集后当日置于加冰的保鲜箱中,运回实验室进行酶活性分析,其余样品经液氮处理保存于-70℃冰箱内用于糖酸含量测定分析。



从左向右依次为青果期、色变期、红果期、初熟期和成熟期,图2相同。

图1 果桑大10(DS)不同发育时期的桑椹



图2 果桑白玉王(BY)不同发育时期的桑椹

1.2.2 溶液的配制 (1) 21.9%乙酸锌溶液的配制。称取21.9g乙酸锌,加3mL冰乙酸,加超纯水溶解并稀释至100mL,配置成21.9%的乙酸锌溶液。(2) 10.6%亚铁氰化



钾溶液的配制。称取 10.6g 亚铁氰化钾, 加超纯水溶解并稀释至 100mL, 配置成 10.6% 的亚铁氰化钾溶液。(3) 0.01mol/L 磷酸二氢钾溶液的配制。称取 13.6mg 的磷酸二氢钾, 溶于 1 000mL 双蒸水中, 用磷酸调 pH 值至 2.6, 配置成 0.01mol/L 的磷酸二氢钾溶液。

1.2.3 不同糖含量的测定 分别称取经过  $96^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  干燥 2h 的果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖标准品各 1g, 加超纯水于 50mL 的容量瓶中定容至 50mL 刻度。然后, 分别移取上述标准品溶液 0.1mL、0.5mL、1.0mL、2.0mL、4.0mL、8.0mL、16.0mL 于 50mL 容量瓶中并加超纯水定容至 50mL 刻度, 用岛津 LC-2010AHT 液相色谱仪进行测定, 色谱条件为检测器温度  $40^{\circ}\text{C}$ , 进样量 20 $\mu\text{L}$ , 色谱柱柱温  $40^{\circ}\text{C}$ , 流动相 70% 乙腈, 流速 1mL/min, 建立标准曲线并得出相关系数。

将 DS 和 BY 不同时期的桑椹样品打碎混匀, 分别称取样品 2g 于 100mL 容量瓶中, 加超纯水约 50mL 溶解, 缓慢加入 21.9% 乙酸锌溶液和 10.6% 亚铁氰化钾溶液各 5mL, 然后加超纯水定容至 100mL 刻度, 超声波处理 30min, 用干燥滤纸过滤, 初滤液重复浸提 2 次, 合并滤液用 0.45 $\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤至样品瓶, 用岛津 LC-2010AHT 液相色谱仪测定 DS 和 BY 不同时期桑椹的果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖含量, 色谱条件为检测器温度  $40^{\circ}\text{C}$ , 进样量 20 $\mu\text{L}$ , 色谱柱柱温  $40^{\circ}\text{C}$ , 流动相 70% 乙腈, 流速 1mL/min, 根据样品峰面积和各种碳水化合物的标准曲线计算其含量。蒽酮硫酸比色法测定果实可溶性总糖含量<sup>[8]</sup>。

1.2.4 不同有机酸含量的测定 分别称取经过  $96^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  干燥 2h 的苹果酸、草酸、琥珀酸、乙酸、柠檬酸、酒石酸标准品各 1g, 加流动相 (0.01mol/L 磷酸二氢钾溶液) 于 50mL 的容量瓶中定容至 50mL 刻度。然后, 分别移取上述标准品溶液 0.1mL、0.5mL、1.0mL、2.0mL、4.0mL、8.0mL、16.0mL 于 50mL 容量瓶中并加流动相 (0.01mol/L 磷酸二氢钾溶

液) 定容至 50mL 刻度, 用岛津 LC-2010AHT 液相色谱仪进行测定, 色谱条件为检测器温度  $30^{\circ}\text{C}$ , 进样量 10 $\mu\text{L}$ , 色谱柱柱温  $30^{\circ}\text{C}$ , 流动相 0.01mol/L 磷酸二氢钾溶液 (pH 2.55), 流速 0.5mL/min, 检测波长 210nm, 建立标准曲线并得出相关系数。

将 DS 和 BY 不同时期的桑椹样品打碎混匀, 分别称取样品 2g 于 100mL 容量瓶中, 加入流动相 5mL, 加超纯水定容至 100mL 刻度, 然后超声波处理 30min,  $60^{\circ}\text{C}$  水浴加热 1h。用干燥滤纸过滤, 初滤液重复浸提 2 次, 合并滤液用 0.45 $\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤至样品瓶, 用岛津 LC-2010AHT 液相色谱仪测定 DS 和 BY 不同时期桑椹的苹果酸、草酸、琥珀酸、乙酸、柠檬酸、酒石酸含量, 色谱条件为检测器温度  $30^{\circ}\text{C}$ , 进样量 10 $\mu\text{L}$ , 色谱柱柱温  $30^{\circ}\text{C}$ , 流动相 0.01mol/L 磷酸二氢钾溶液 (pH 2.55), 流速 0.5mL/min, 检测波长 210nm, 根据样品峰面积和各种碳水化合物的标准曲线计算其含量。用氢氧化钠滴定法测定果实可滴定总酸含量<sup>[9]</sup>。

1.2.5 糖代谢相关酶活性的检测 采用 Solarbio 公司生产的蔗糖磷酸合成酶、蔗糖合成酶、中性转化酶、可溶性酸性转化酶试剂盒测试 SPS、SS、NI、S-AI 酶活性。

SS 活性以酶活力单位 (1g 鲜组织在反应体系中 1min 催化产生 1 $\mu\text{g}$  蔗糖的酶量定义为 1 个酶活力单位) 表示, 计算公式为 SS 活性

$$[\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})] = \frac{C_{\text{标准管}} \times V_1 \times A_{\text{测定管}} \div A_{\text{标准管}}}{W \times V_1 \div V_2 \div T}$$

(公式 1), 式中,  $C_{\text{标准管}}$  表示标准管浓度 (1 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ),  $V_1$  表示加入反应体系中样本 (组织) 的体积 (0.03mL),  $A_{\text{测定管}}$  表示测定管在 480nm 波长的吸光度,  $A_{\text{标准管}}$  表示标准管在 480nm 波长的吸光度,  $V_2$  表示反应体系中加入提取液体积 (1mL),  $W$  表示制备酶提取液的样本鲜质量 (g),  $T$  表示反应时间 (10min)。

SPS 活性以酶活力单位 (1g 鲜组织 1min

在反应体系中催化产生  $1\mu\text{g}$  蔗糖的酶量定义为 1 个酶活力单位) 表示, 计算公式为 SPS 活性

$$[(\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min}))]=\frac{C_{\text{标准管}}\times V_1\times A_{\text{测定管}}\div A_{\text{标准管}}}{W\times V_1\div V_2\div T}$$

(公式 2), 式中,  $C_{\text{标准管}}$  表示标准管浓度 ( $1\,000\mu\text{g}/\text{mL}$ ),  $V_1$  表示加入反应体系中样本 (组织) 的体积 ( $0.03\text{mL}$ ),  $A_{\text{测定管}}$  表示测定管在  $480\text{nm}$  波长的吸光度;  $A_{\text{标准管}}$  表示标准管在  $480\text{nm}$  波长的吸光度,  $V_2$  表示反应体系中加入提取液体积 ( $1\text{mL}$ ),  $W$  表示制备酶提取液的样本鲜质量 ( $\text{g}$ ),  $T$  表示反应时间 ( $10\text{min}$ )。

NI 活性以酶活力单位 ( $37^\circ\text{C}$  条件下  $1\text{g}$  鲜组织  $1\text{min}$  催化产生  $1\mu\text{g}$  还原糖定义为 1 个酶活力单位) 表示, 计算公式为 NI 活性

$$[(\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min}))]=\frac{(\Delta A+0.001)\div 0.001\,6\times V_1}{W\times V_1\div V_2\div T} \quad (\text{公$$

式 3), 式中,  $\Delta A$  表示测定管与对照管的吸光值差,  $V_1$  表示加入反应体系中样本 (组织) 的体积 ( $0.2\text{mL}$ ),  $V_2$  表示加入提取液体积 ( $1\text{mL}$ ),  $W$  表示制备酶提取液的样本鲜质量 ( $\text{g}$ ),  $T$  表示反应时间 ( $30\text{min}$ )。

S-AI 活性以酶活力单位 ( $37^\circ\text{C}$  条件下  $1\text{g}$  鲜组织  $1\text{min}$  催化产生  $1\mu\text{g}$  还原糖定义为 1 个酶活力单位) 表示, 计算公式为 S-AI 活性

$$[(\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min}))]=\frac{(\Delta A+0.001)\div 0.001\,6\times V_1}{W\times V_1\div V_2\div T} \quad (\text{公$$

式 4), 式中,  $\Delta A$  表示测定管与对照管的吸光值差,  $V_1$  表示加入反应体系中样本 (组织) 的体积 ( $0.2\text{mL}$ ),  $V_2$  表示加入提取液体积 ( $1\text{mL}$ ),  $W$  表示样本鲜质量 ( $\text{g}$ ),  $T$  表示反应时间 ( $30\text{min}$ )。

1.2.6 不同发育时期桑椹糖分的主成分分析  
以 DS 和 BY 2 个果桑品种桑椹发育过程中 5 种糖分含量均值为原始变量, 进行主成分分析, 以成分得分系数矩阵回归分析得到线性组合模型, 以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比率作为权

重建立主成分综合模型, 用下列公式计算综合得分:  $F1=0.309\times f+0.308\times g+0.127\times c-0.110\times l+0.316\times m$  (公式 5),  $F2=0.013\times f+0.007\times g+0.661\times c+0.500\times l+0.101\times m$  (公式 6),  $F=\frac{\lambda_1}{\lambda_1+\lambda_2}\times F1+\frac{\lambda_2}{\lambda_1+\lambda_2}\times F2$  (公式 7),  $F=0.220\times f+0.217\times g+0.288\times c+0.074\times l+0.251\times m$  (公式 8), 公式 5 至公式 8 中:  $F$  代表综合得分,  $F1$  和  $F2$  分别代表第 1 主成分 (PC1) 和第 2 主成分 (PC2) 的得分,  $f$ 、 $g$ 、 $c$ 、 $l$ 、 $m$  分别代表果糖、葡萄糖、蔗糖、乳糖和麦芽糖的原始变量,  $\lambda_1$  代表 PC1 对应特征值,  $\lambda_2$  代表 PC2 对应特征值。

1.2.7 数据处理与分析 所有数据均取 5 次以上重复测定的平均值, 通过 Microsoft Office Excel 2007 进行整理, 其它统计分析均采用 SPSS 19.0 软件进行。

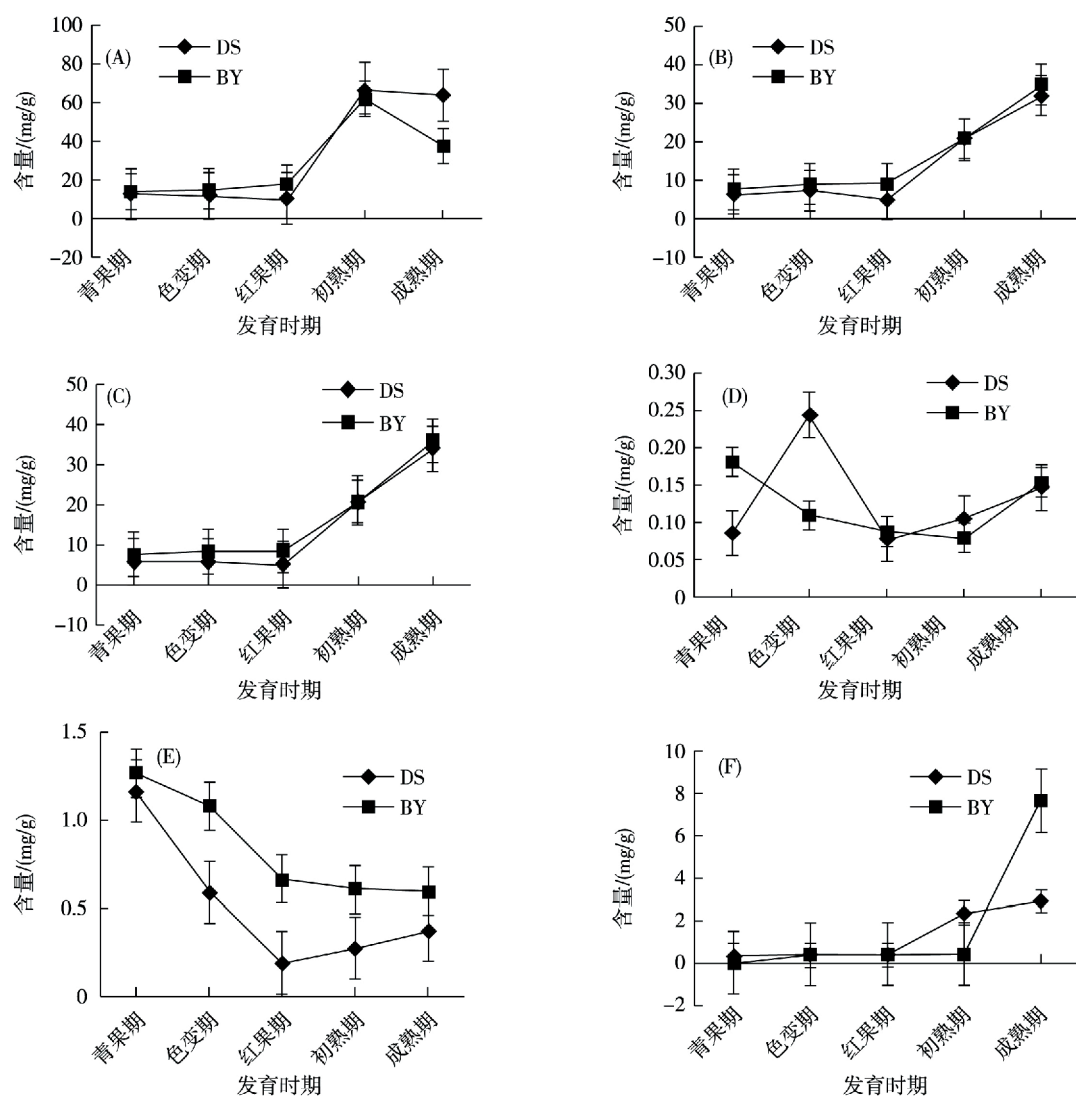
## 2 结果与分析

### 2.1 不同发育时期桑椹糖的积累

试验结果显示, 2 个品种的桑椹不同发育时期的糖分含量存在差异, 但可溶性糖含量从红果期开始均呈直线上升的趋势, 初熟期至成熟期均有不同程度的下降 (图 3-A)。糖分含量中果糖和葡萄糖的含量高于其他糖分的含量, 糖分积累均以果糖和葡萄糖为主, 但 2 个果桑品种的桑椹在成熟期蔗糖的含量均上升至较高水平, 推测桑椹为蔗糖和己糖 (果糖和葡萄糖) 共同积累型果实。由红果期至成熟期, 2 个果桑品种桑椹的果糖和葡萄糖含量均呈快速升高的趋势, 在桑椹成熟期, 2 个果桑品种桑椹的果糖和葡萄糖含量达到最高, DS 鲜桑椹的果糖和葡萄糖含量分别为  $31.970\text{mg}/\text{g}$  和  $34.013\text{mg}/\text{g}$ , BY 鲜桑椹的果糖和葡萄糖含量分别为  $34.790\text{mg}/\text{g}$  和  $36.064\text{mg}/\text{g}$ , 整个发育过程中, BY 各个时期鲜桑椹的果糖和葡萄糖含量始终高于 DS 各个时期的鲜桑椹, 除初熟期外, 其他 4 个时期差异均达

显著水平(图3-B和图3-C)。2个果桑品种各个时期桑椹的蔗糖含量变化各异,DS鲜桑椹呈现出“升降升”的趋势,而BY鲜桑椹呈现出“倒抛物线”的变化特征(图3-D),其中DS各个时期鲜桑椹的蔗糖含量在色变期最高为0.244mg/g,BY各个时期鲜桑椹的蔗糖含量在青果期最高为0.182mg/g。2个果桑品种鲜桑椹的乳糖在整个发育过程中均呈逐渐

降低的趋势(图3-E),DS和BY鲜桑椹青果期的乳糖含量分别为1.166mg/g和1.267mg/g。随着桑椹果实的发育,2个果桑品种鲜桑椹的麦芽糖含量呈逐渐升高的趋势(图3-F),在桑椹成熟期,2个果桑品种鲜桑椹的麦芽糖含量达到最高,BY鲜桑椹为7.660mg/g,显著大于DS鲜桑椹的2.896mg/g。



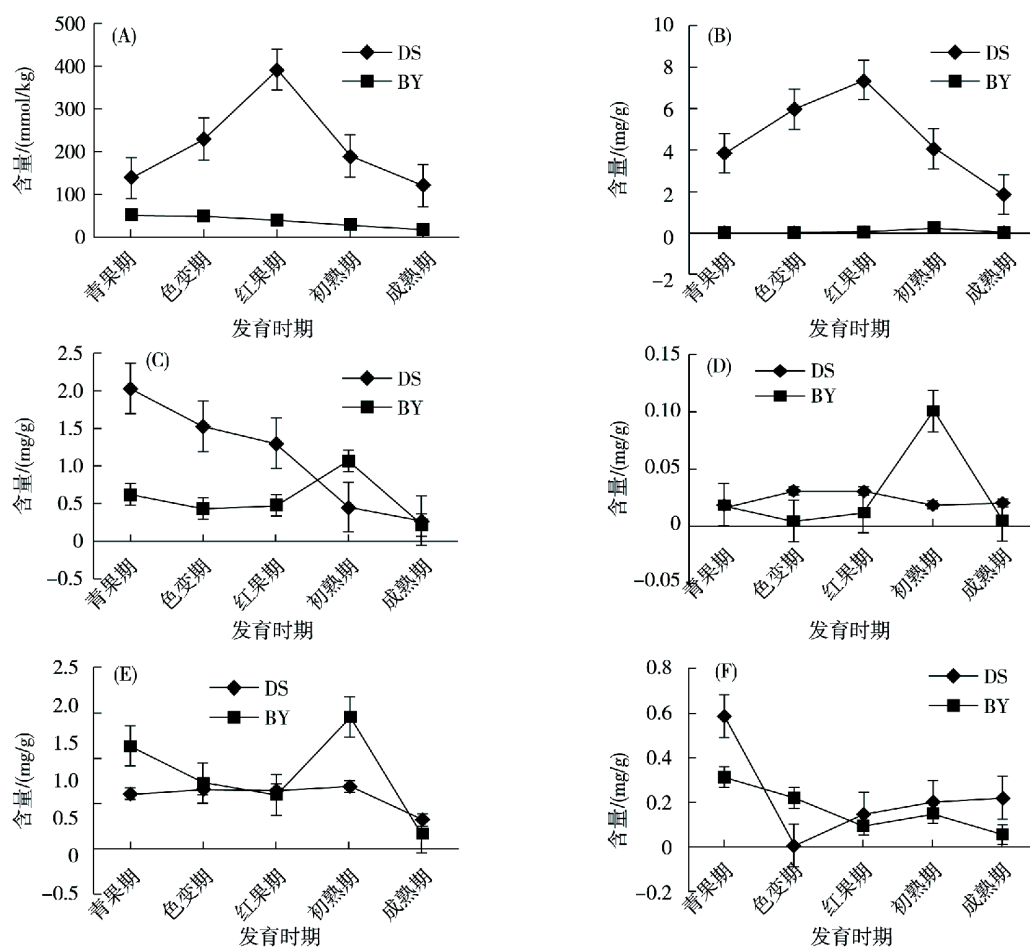
A. 可溶性糖, B. 果糖, C. 葡萄糖, D. 蔗糖, E. 乳糖, F. 麦芽糖。DS代表果桑大10的鲜桑椹, BY代表果桑白玉王的鲜桑椹;图4-5相同。

图3 DS和BY桑椹发育过程的糖含量变化

## 2.2 不同发育时期桑椹有机酸的积累

随着果实的生长发育,不同有机酸组分的含量也会发生变化,但当果实生长进入成熟阶段时,大部分有机酸组分含量逐渐下降(图4)。2个果桑品种鲜桑椹的可滴定酸变化各异,DS鲜桑椹呈先升后降的趋势,而BY在桑椹发育过程中呈逐渐下降的趋势(图4-A)。在桑椹发育过程中,BY鲜桑椹的柠檬酸、苹果酸、草酸和乙酸均呈先升高后降低的趋势,在初熟期,4种有机酸的含量均升至最高,分别为0.268mg/g、1.072mg/g、0.101mg/g和1.458mg/g,而后在成熟期降至

最低。DS鲜桑椹中柠檬酸、草酸和乙酸含量变化趋势与上述BY鲜桑椹中4种有机酸含量的变化趋势类似,即呈先升后降的趋势,但柠檬酸和草酸含量最高值出现在红果期,分别为7.384mg/g和0.031mg/g,乙酸含量最高值出现在初熟期为0.689mg/g;其苹果酸含量整体呈逐渐下降的趋势。在整个发育过程中,2个果桑品种鲜桑椹的琥珀酸含量变化趋势类似,均呈先降后升的趋势,其中DS鲜桑椹的琥珀酸含量在色变期降至最小值为0.004mg/g,BY鲜桑椹的琥珀酸含量在红果期降至最小值为0.096mg/g。



A. 可滴定酸, B. 柠檬酸, C. 苹果酸, D. 草酸, E. 乙酸; F. 琥珀酸。

图4 DS和BY桑椹发育过程的可溶性酸含量变化



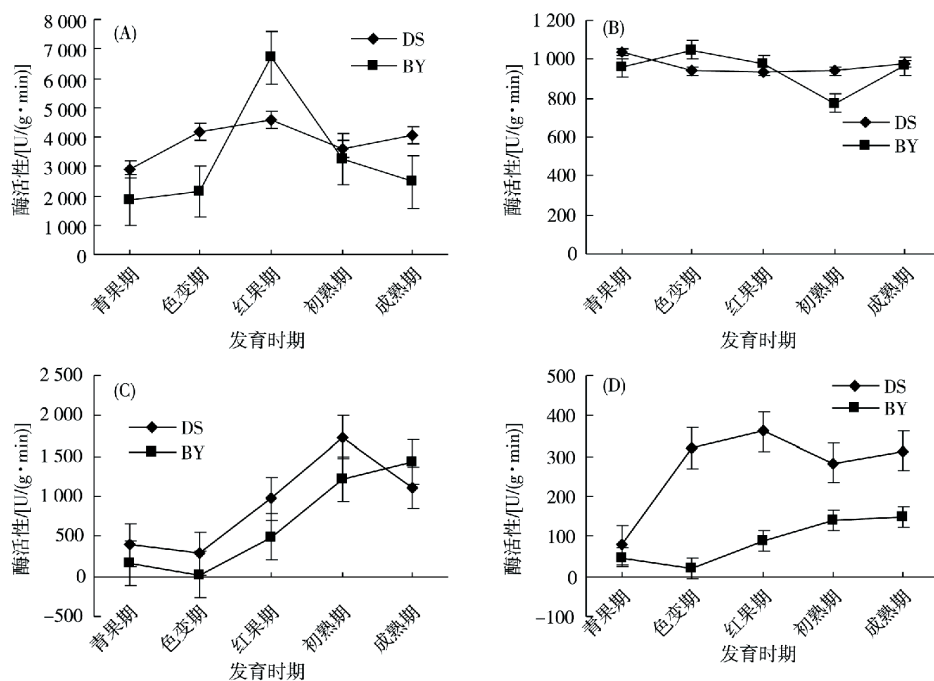
## 2.3 不同发育时期桑椹蔗糖代谢相关酶的活性

随着桑椹的生长发育, DS 和 BY 鲜桑椹的 SS 活性呈现出先升后降的变化趋势, 其活性从青果期到红果期逐渐升高, 于红果期出现峰值, DS 为  $4\,583.33\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$ 、BY 为  $6\,705.88\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$ , 且 DS 鲜桑椹的 SS 活性显著小于 BY 鲜桑椹 ( $P<0.05$ ), 从红果期到成熟期又逐渐降低 (图 5-A); 2 个果桑品种鲜桑椹的 SPS 活性, DS 鲜桑椹发育过程中基本维持恒定水平, 而 BY 鲜桑椹的 SPS 活性在色变期升至峰值达  $1\,048.78\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$ , DS 和 BY 鲜桑椹的 SPS 活性差异不显著 (图 5-B)。可见, 鲜桑椹的 SPS 和 SS 活性随发育过程的变化在不同品种间各异。DS 和 BY 鲜桑椹的 S-AI 活性在色变期至初熟期均呈现出逐渐升高的趋势, 但 DS 鲜桑椹初熟期至成熟期呈下降的趋势, 而 BY 鲜桑椹则继续呈升高的趋势, 且青果期至初熟期 DS 鲜桑椹的 S-AI 活性始终显著大于 BY 鲜桑椹 ( $P<0.05$ ),

DS 鲜桑椹的 S-AI 活性在初熟期达到峰值  $1\,736.80\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$ , BY 鲜桑椹的 S-AI 活性在成熟期达到峰值  $1\,435.20\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$  (图 5-C); DS 鲜桑椹的 NI 活性在青果期至红果期呈上升的趋势, 红果期后呈先降后升的趋势, 而 BY 鲜桑椹的 NI 活性在色变期至成熟期呈缓慢升高的趋势, DS 鲜桑椹的 NI 活性在红果期达到峰值  $361.92\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$ , 而 BY 鲜桑椹的 NI 活性在成熟期达到峰值  $147.68\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$ , DS 鲜桑椹的 NI 活性峰值显著大于 BY 鲜桑椹的 NI 活性峰值 ( $P<0.05$ ) (图 5-D)。可见, 不同品种鲜桑椹的 NI 活性变化在果实发育后期较前期更为活跃, 这与 S-AI 活性表现相一致。可以推测在桑椹发育的后期转化酶可能参与多条代谢途径调控果实生长发育, 从而表现出较高的酶活性。

## 2.4 不同发育时期桑椹糖积累与蔗糖代谢相关酶活性的相关性及其主成分分析

从 DS 桑椹糖含量与其蔗糖代谢相关酶



A.SS 活性, B.SPS 活性, C.S-AI 活性, D.NI 活性。

图5 DS 和 BY 桑椹发育过程糖代谢相关酶活性变化情况



活性的相关性(表 1)可以看出,DS 桑椹的 TSS 与 Can、Lac、SS、SPS 呈负相关,与 Fru、Glc 显著正相关,与 Mal 极显著正相关;Fru 与 Lac、SPS 呈负相关,与 Glc、Mal 极显著正相关;Glc 与 Lac、SPS 呈负相关,与 Mal 极显著正相关;Can 与 Mal、SPS、S-AI 呈负相关;Lac 与 SPS 呈正相关;Mal 与 SS、SPS 呈负相关;SS 与 SPS 呈负相关,与 NI 显著正相关;SPS 与 S-AI 呈负相关,与 NI 显著负相关;S-AI 与 NI 呈正相关。从

BY 桑椹糖含量与其蔗糖代谢相关酶活性的相关性(表 2)可以看出,BY 桑椹的 TSS 与 Can、Lac、SS 呈负相关,与 SPS 显著负相关,与其他呈正相关;Fru 与 Lac、SS、SPS 呈负相关,与 Glc 极显著正相关,与 Mal、S-AI 显著正相关;Glc 与 Lac、SS、SPS 呈负相关,与 Mal、S-AI 显著正相关;Can 与 SS、S-AI、NI 呈负相关,与 Lac、Mal、SPS 呈正相关;Lac 与 Mal、SS、S-AI、NI 呈负相关,与 SPS 呈正相关;Mal 与 SS 呈负相关,与

表 1 DS 桑椹糖含量与其蔗糖代谢相关酶活性的相关性

	TSS	Fru	Glc	Can	Lac	Mal	SS	SPS	S-AI	NI
TSS	1									
Fru	0.921*	1								
Glc	0.924*	0.999**	1							
Can	-0.079	0.056	0.010	1						
Lac	-0.436	-0.365	-0.381	0.004	1					
Mal	0.980**	0.978**	0.981**	-0.039	-0.440	1				
SS	-0.082	0.016	0.023	0.276	-0.801	-0.005	1			
SPS	-0.157	-0.036	-0.035	-0.328	0.864	-0.118	-0.801	1		
S-AI	0.814	0.596	0.620	-0.431	-0.685	0.740	0.118	-0.408	1	
NI	0.191	0.217	0.220	0.322	-0.916*	0.233	0.948*	-0.912*	0.351	1

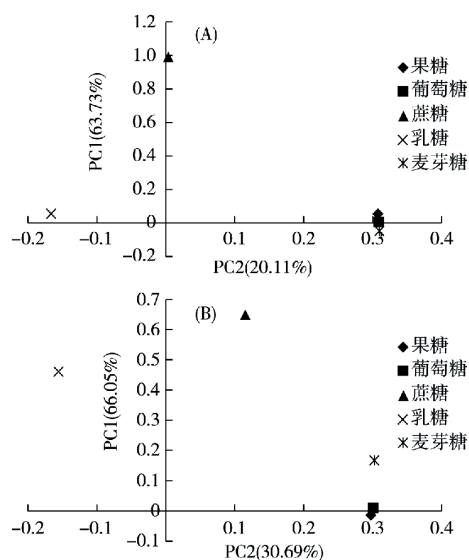
\* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关,\*\* 表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关;表 2 相同。

表 2 BY 桑椹糖含量与其蔗糖代谢相关酶活性的相关性

	TSS	Fru	Glc	Can	Lac	Mal	SS	SPS	S-AI	NI
TSS	1									
Fru	0.646	1								
Glc	0.626	0.999**	1							
Can	-0.405	0.103	0.139	1						
Lac	-0.694	-0.677	-0.656	0.561	1					
Mal	0.240	0.896*	0.906*	0.354	-0.477	1				
SS	-0.044	-0.204	-0.221	-0.606	-0.520	-0.202	1			
SPS	-0.887*	-0.317	-0.301	0.341	0.470	0.110	-0.044	1		
S-AI	0.832	0.921*	0.912*	-0.132	-0.837	0.695	0.043	-0.610	1	
NI	0.826	0.836	0.826	-0.196	-0.871	0.595	0.197	-0.672	0.981**	1

SPS、S-AI、NI呈正相关；SS与SPS呈负相关，与S-AI、NI呈正相关；SPS与S-AI、NI呈负相关；S-AI与NI极显著正相关。以上相关性分析结果表明，桑椹发育过程中，其己糖含量逐渐升高的主要原因是运输到果实中的蔗糖被转化酶（S-AI和NI）分解为果糖和葡萄糖。而DS桑椹中SS活性与蔗糖积累呈正相关，但BY桑椹中SPS活性与蔗糖积累呈正相关，SS存在于细胞质中，可以和尿苷二磷酸（UDP）催化蔗糖成为尿苷二磷酸葡萄糖（UPDG）和果糖，这是一个可逆反应，分别由蔗糖合成酶（合成方向）和蔗糖合成酶（分解方向）催化。

以DS和BY 2个果桑品种桑椹发育过程中5种糖分含量均值为原始变量，进行主成分分析，以成分得分系数矩阵回归分析得到线性组合模型，以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比率作为权重建立主成分综合模型，分别用公式5至公式8计算综合得分。



A.DS 桑椹糖组分含量, B.BY 桑椹糖组分含量。

图6 DS和BY桑椹糖分的主成分分析

从图6可以看出，2个果桑品种鲜桑椹的PC1、PC2这2个主成分的累积方差贡献率分

别为DS 83.84%和BY 96.74%，表明2个主成分可以代表桑椹糖分品质风味性状。主成分载荷系数的绝对值越大，主成分对该变量的代表性越大。在DS鲜桑椹的PC1中（图6-A），葡萄糖和麦芽糖的载荷系数比较大，分别是0.983和0.988，它们共同构成PC1方差变异的主要因素，反映DS鲜桑椹中决定风味好坏和浓淡的糖分含量的变异。而在DS鲜桑椹的PC2中，构成其方差变异的主要因素是蔗糖，它的载荷系数是0.998，反映DS鲜桑椹中果糖含量的变异情况。在BY鲜桑椹的PC1中（图6-B），葡萄糖和麦芽糖的载荷系数分别是0.989和0.955，而在BY鲜桑椹的PC2中，蔗糖的载荷系数是0.966。

### 3 小结与讨论

糖酸含量是衡量果实品质的主要依据之一<sup>[10]</sup>。本研究结果表明，2个果桑品种桑椹不同发育时期糖分含量存在差异，可溶性糖含量从红果期开始至初熟期呈直线上升的趋势，初熟期至成熟期有不同程度的下降。糖分含量中果糖和葡萄糖含量始终高于其他糖分，糖分积累均以果糖和葡萄糖为主，但2个果桑品种鲜桑椹在成熟期蔗糖含量均上升至较高水平，推测桑椹为蔗糖和己糖（果糖和葡萄糖）共同积累型果实。BY各个时期鲜桑椹的果糖和葡萄糖含量均高于DS各个时期的鲜桑椹。桑椹发育过程中，2个果桑品种鲜桑椹可滴定酸含量变化各异，但成熟期BY鲜桑椹的有机酸含量均略低于或与DS鲜桑椹相当，其主要原因可能是BY鲜桑椹的糖酸比高于DS鲜桑椹。果实中，苹果酸和柠檬酸均为三羧酸循环（TCA）的主要中间产物<sup>[11]</sup>，一般不应有大量积累，2个果桑品种桑椹发育过程中苹果酸和柠檬酸含量变化特征也印证了这一点。蔗糖代谢相关酶活性变化与植物组织中糖含量的多少密切相关<sup>[12-14]</sup>。

2个果桑品种鲜桑椹的SPS和SS活性

随发育过程的变化在不同品种间各异。SPS 活性变化与蔗糖积累趋势类似,但 S-AI、NI 活性整体呈上升的趋势。SPS 是一种定位在细胞质中的可溶性酶,它能够可逆地催化 UPDG 和 6-磷酸果糖生成 6-磷酸蔗糖、UDP 和  $H^+$ <sup>[15]</sup>。推测 DS 鲜桑椹中 SS 合成方向的酶活性高于分解方向的酶活性,高 S-AI 和 NI 活性有利于桑椹己糖的积累,表明转化酶在桑椹糖积累过程中发挥着重要作用。而蔗糖转化酶(Invertase)催化蔗糖不可逆地分解为果糖和葡萄糖,是高等植物蔗糖代谢关键酶之一<sup>[16]</sup>。在桑椹发育过程中,推测正是由于 S-AI、NI 活性的不断升高,导致果桑的光合产物——蔗糖被不断分解为果糖和葡萄糖。在果实发育不同阶段,参与糖代谢的酶活性各异,其果实品质的形成可能为各种酶协同作用的结果<sup>[17-18]</sup>。不同果桑品种桑椹发育过程中糖含量与其蔗糖代谢相关酶活性之间相关性分析结果表明,DS 鲜桑椹中 SS 活性与蔗糖积累正相关,但 BY 鲜桑椹中 SPS 活性与蔗糖积累正相关,SS 存在于细胞质中,可以和尿苷二磷酸(UDP)催化蔗糖成为尿苷二磷酸葡萄糖(UPDG)和果糖,这是一个可逆反应,分别由蔗糖合成酶(合成方向)和蔗糖合成酶(分解方向)所催化。

桑椹糖分的主成分分析结果表明,决定不同品种桑椹糖风味的果糖和葡萄糖的含量和比率对桑椹糖风味形成具有重要的意义,但蔗糖和麦芽糖的含量和比率又可影响到果糖和葡萄糖的含量和比率。因桑椹糖风味除受遗传因素影响外,还受环境条件、栽培技术等的影响<sup>[19-20]</sup>,就 DS 和 BY 2 个果桑品种的桑椹而言,果糖和葡萄糖可以作为评价不同栽培措施对其桑椹糖风味的主要评价参数,其综合评价模型为  $F=0.220 \times f+0.217 \times g+0.288 \times c+0.074 \times l+0.251 \times m$  (式中  $F$  代表综合得分,  $f$ 、 $g$ 、 $c$ 、 $l$ 、 $m$  分别代表桑椹中果糖、葡萄糖、蔗糖、乳糖和麦芽糖的原始变量)。但果桑品种众多,

对于其他果桑品种的桑椹,还有待进一步探讨。果实的糖酸代谢是个极复杂的生理生化过程,受多种因素的调控与影响<sup>[21]</sup>。因此,桑椹糖酸代谢的内在机理与外界因子对其影响与调控都需要进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 梁艳英,王华,任玉巧.桑椹成熟期间主要化学成分的变化规律[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(4):48-50.
- [2] 殷志祥.主要果桑品种特性比较及栽培技术探讨[J].中国蚕业,2010,31(2):58-59.
- [3] 赵爱春,余茂德,胡文龙,等.果桑春季菌核病的防控技术[J].蚕学通讯,2017,37(4):20-39.
- [4] 张上隆,陈昆松.果实品质形成与调控的分子生理[M].北京:中国农业出版社,2007:49.
- [5] 郑丽静,聂继云,闫霞.糖酸组分及其对水果风味影响研究进展[J].果树学报,2015,32(2):1017-1023.
- [6] SEGER M, GEBRIL S, TABILONA J, et al. Impact of concurrent overexpression of cytosolic glutamine synthetase(GSI) and sucrose phosphate synthase(PS) on growth and development in transgenic tobacco[J]. Planta, 2015, 241(1):69-81.
- [7] PRIECINA L, KARKLINA D. Composition of major organic acids in vegetables and spices[J]. CBU International Conference, 2015, 20(3):447-454.
- [8] 韩雅珊.食品化学[M].北京:中国农业大学出版社,1992:50.
- [9] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:36.
- [10] 甘彩霞,吴楚.蔗糖代谢中3类关键酶的研究进展[J].长江大学学报:自然科学版,2007,4(1):74-78.
- [11] 林琼.柠檬酸代谢及转运相关基因对柑橘果实酸度的调控机制[D].杭州:浙江大学,2015:30.
- [12] LOWELL C A, TOMLINSON P T, KOCH K E. Sucrose-metabolizing enzymes in transport tissue and adjacent sink structures in developing citrus fruit[J]. Plant Physiol, 1989, (90):1394-1402.
- [13] HUBER S C. Role of sucrose-phosphate synthase in partitioning of carbon in leaves[J]. Plant Physiol, 1983, (71):818-821.
- [14] 胡瑞芳,姜慧,李玥莹.蔗糖代谢相关酶的研究进展[J].北方园艺,2012,(1):161-170.

(下转第36页)

# 家蚕春秋兼用限性品种南·岳×星·辰

唐 芸 艾均文 何行健 薛 宏 郑 颖 刘 勇

(湖南省蚕桑科学研究所,长沙 410127)

**摘 要:**南·岳×星·辰是湖南省蚕桑科学研究所“十一五”期间育成的1对强健性春秋兼用斑纹全限性四元杂交家蚕品种。介绍了南·岳×星·辰的原种和一代杂交种特性、饲养技术要点与注意事项。实验室鉴定试验、农村比较饲养试验以及蚕种繁育试验结果表明:南·岳×星·辰的双交原种强健好养,斑纹全限性,可实现蚕期鉴别雌雄,提高蚕种质量与蚕种繁育系数;一代杂交种体质强健,春、秋季均可饲养;解舒率高,洁净优,可缫制高品位生丝。南·岳×星·辰适宜在长江流域蚕区春秋季节饲养。

**关键词:**家蚕品种;南·岳×星·辰;春秋兼用;斑纹全限性;高产稳产;丝质优

随着我国蚕种经营体制改革的不断完善与深入推进,蚕种经营的市场化、民营化进程明显加快;但是,蚕种生产本身计划性强和农村用种变动性大之间的矛盾依旧突出<sup>[1-2]</sup>。春秋兼用种适宜在多个季节推广使用,在蚕种生产布局上弹性更强,对缓解上述矛盾有一定的推动作用。为此,湖南省蚕桑科学研究所根据蚕桑产业发展的需要,以选育强健性多丝量的春秋兼用家蚕品种为目标,选用抗逆性较强的中丝量品种与丝多质优的多丝量品种为杂交育种亲本,累代在春季和秋季气候条件下交替培育,育成了1对强健、优质、高产的春秋兼用四元杂交斑纹全限性家蚕新品种南·岳×星·辰<sup>[3]</sup>。该品种已于2006年9月通过湖南省农作物品种审定委员会审定,

2007年起在湖南省农村开始实用化推广,春季盒种产茧量与主推蚕品种871×872、湖·滨×明·光相仿,秋季盒种产茧量比主推蚕品种洞·庭×碧·波高5%左右。南·岳×星·辰先后在四川、重庆等地推广,反应良好,适宜在长江流域蚕区春秋季节饲养。现将南·岳×星·辰的性状与饲养技术要点介绍如下。

## 1 双交原种主要性状及其饲养要点

### 1.1 双交原种的主要性状

南·岳(正、反交):中国系统,二化、四眠、化性稳定,春秋兼用家蚕品种。越冬卵为灰绿色及青灰色,卵壳为淡黄色,间或有白色。蚁蚕黑褐色,克蚁头数2 200~2 250头,小蚕趋密性、趋光性强;壮蚕体色青白,体型粗壮,花蚕为雌,白蚕为雄,蚕期雌雄鉴别容易,入眠快,眠起齐一,食桑快且量大。老熟齐涌,但雌蚕老熟略慢,茧短椭圆,间或有球形,缩皱中等,茧色洁白。蛾体浅灰白色,发蛾集中,交配性能良好,单蛾产卵550粒左右。催青期经过11d,蚕期

**资助项目:**现代农业产业技术体系建设专项(No. CARS-18);蚕桑种质资源多元化应用研发创新团队(No.2017XC01);湖南省科技支撑计划项目(No.2013NK3071)。

**第一作者:**唐芸(1992—),女,湖南岳阳人,本科,助理农艺师。E-mail:2328754408@qq.com

**通讯作者:**艾均文(1968—),男,湖南鼎城人,博士,研究员。E-mail:ajunwen718@sina.com



经过25d, 茧中经过16d, 与星·辰对交应推迟2d出库, 迟1d上簇。

星·辰(正、反交): 日本系统, 二化、四眠、化性稳定, 春秋兼用家蚕品种。越年卵为灰紫色, 卵壳为白色。孵化齐一, 蚁蚕黑褐色, 克蚁头数2 300 ~ 2 350头, 小蚕有逸散性, 食桑稍慢; 壮蚕体型中等, 花蚕为雌, 白蚕为雄, 蚕期雌雄鉴别容易。老熟较齐, 但雌蚕老熟略慢, 茧形浅束腰, 缩皱中等, 匀整洁白。蛾体米黄色, 发蛾不太集中, 交配性能好, 单蛾产卵510粒左右。催青期经过11d, 蚕期经过26d, 茧中经过17d, 与南·岳对交, 应提早2d出库, 早1d上簇。

## 1.2 双交原种繁育技术要点

1.2.1 催青要求 可按二化性家蚕品种渐进温度催青标准或二段式简化催青标准催青。胚胎发育前期(戊<sub>3</sub>胚胎前)应分别将温湿度控制在23.0 ~ 24.5℃、75% ~ 80%, 并保持自然光照; 胚胎发育后期(戊<sub>3</sub>胚胎后)温湿度则应分别控制在25.0 ~ 25.5℃、85% ~ 90%, 辅以人工感光6h以上, 确保每日光照时间超过18h。蚕种点青后, 进行黑暗保护以促进蚕种孵化齐一。

1.2.2 饲养条件 稚蚕期, 特别是1 ~ 2龄原蚕有趋光、趋密性, 每次给桑前要做好匀座、整座工作, 每日注意调箔; 壮蚕期应注意及时分箔、除沙, 防止高温多湿。1 ~ 2龄全防干育, 饲养温度27.0 ~ 28.0℃, 相对湿度90%; 3龄半防干育, 饲养温度26.0 ~ 27.0℃, 相对湿度80% ~ 85%; 4 ~ 5龄普通育, 饲养温度24.0 ~ 25.0℃, 相对湿度70% ~ 75%。各龄眠起时, 相对眠中温度升高0.5℃, 并注意及时补湿。

1.2.3 叶质要求 收蚁及稚蚕用叶要适熟偏嫩, 大蚕用叶要求充分成熟, 切忌用嫩叶、湿叶、蒸热叶、虫口叶。南·岳原蚕要良桑饱食, 星·辰原蚕要多回薄饲。春季原蚕用叶的桑园要多施磷钾肥, 早摘芯, 以提高桑叶成熟度。秋季原蚕忌用老叶和含水率过低的桑叶。

1.2.4 消毒防病 眠起处理要做到适时加眠网, 及时提青, 尽量缩短就眠到止桑的时间, 提高同一批蚕的发育整齐度, 尽早淘汰发育不齐的迟眠蚕。星·辰较易感染发生血液型脓病, 龄中应加强蚕体蚕座消毒, 多用新鲜石灰、焦糠等干燥材料, 提青后的眠蚕可撒1层薄霜状的生石灰。大蚕期要加强通风排湿, 防止高温闷热。

1.2.5 种茧保护 老熟齐一, 应提前做好上簇准备工作, 簇中宜通风干燥, 以减少不结茧蚕的发生。上簇至茧壳形成的24h内, 簇中温度为25.0 ~ 25.5℃。早采茧时间一般掌握在上簇后60h。种茧保护温度为24.0 ~ 25.0℃, 防止接触27.5℃以上的高温。南·岳有黑头蛹、败血蛹发生, 应充分利用斑纹限性的特点, 实行蚕期分蚕, 推迟削茧时间, 防止蛹后期感染发病。

1.2.6 雌雄鉴别 该品种幼虫斑纹全限性, 从4龄饲食1d后直至家蚕老熟的幼虫期均可根据斑纹的有无开展人工区分雌雄, 做到分开饲养、分开上簇。蚕种生产单位还可根据自身条件与气候特点, 在蚕期淘汰一定比例的雄蚕, 适度扩大雌蚕的饲育量, 以提高蚕种繁育系数与制种效益<sup>[4]</sup>。

## 2 一代杂交种性状及饲养要点

### 2.1 一代杂交种性状

南·岳 × 星·辰斑纹全限性的春秋兼用家蚕品种, 二化、四眠。以南·岳为母本的越年卵为灰绿色及青灰色, 卵壳浅黄色, 间或有白色。以星·辰为母本的越年卵为灰紫色, 卵壳白色, 克卵粒数1 600 ~ 1 700粒。蚕种孵化齐一, 克蚁头数2 100 ~ 2 250头, 蚁蚕体色呈黑褐色。家蚕各龄食桑较快, 行动较为活泼, 发育整齐, 体质健壮; 壮蚕, 食桑快猛且量大, 粗壮结实, 花蚕为雌, 白蚕为雄(见图1)。老熟齐一, 喜结中上层茧, 茧粒大, 茧形长椭圆, 大小匀正, 茧色洁白, 缩皱中等



(图2)。春季茧层率25%~26%, 茧丝长1 200~1 350 m, 解舒丝长1 000~1 100 m; 秋季茧层率24%~25%, 茧丝长1 000~1 050 m, 解舒丝长750~900m, 纤度适中, 洁净优。



图1 南·岳×星·辰的幼虫



图2 南·岳×星·辰的蚕茧

2004年和2006年连续在春、中秋、晚秋季进行了实验室鉴定。春季以菁松×皓月为对照品种, 南·岳×星·辰的虫蛹率96.20%, 比对照品种高1.60个百分点, 全茧量2.04 g、茧层量0.508 g、茧层率24.9%、万蚕收茧量20.63kg、万蚕茧层量5.63kg, 与对照品种相仿; 茧丝长1 280.6m, 略短于对照品种, 解舒丝长1 177.8m, 比对照品种长36.4m, 解舒率

91.96%, 比对照品种提高3.2个百分点。秋季以湖南省主推夏秋用家蚕品种洞·庭×碧·波为对照, 南·岳×星·辰的虫蛹率93.29%, 比对照品种高0.55个百分点, 全茧量1.61g、茧层量0.385g、茧层率23.91%、万蚕收茧量15.87kg、万蚕茧层量3.81kg, 其中, 茧层率、万蚕收茧量、万蚕茧层量分别比对照品种提高1.00个百分点、6.8%和11.4%; 茧丝长1 074.5m、解舒丝长879.7m, 分别比对照品种长102.8m、93.2m。茧丝纤度适中, 均方差较小, 洁净优, 鲜茧出丝率17.12%。

2005年和2006年秋季, 南·岳×星·辰在湖南省澧县、津市大面积比较试养, 平均盒种产茧量35.9kg, 比对照品种洞·庭×碧·波高9.7%; 2006年和2007年春季, 平均盒种产茧量40.5kg, 比对照品种菁松×皓月高5.2%, 与对照品种春·蕾×镇·珠成绩相仿。南·岳×星·辰表现出高产稳产、适应性强的优势。

## 2.2 一代杂交种饲养技术及注意事项

一是稚蚕生长快, 用叶要适熟, 勤扩座、匀座; 壮蚕食桑旺盛, 转色快, 勤分箔除沙, 良桑饱食, 忌饲湿叶、蒸热叶、虫口叶。二是要坚持养蚕前、蚕期中、养蚕结束后的消毒防病, 秋季高温多湿时, 要加强通风排湿。三是老熟较为齐涌, 要及时稀上, 注意簇中通风干燥。上簇前期, 如遇低温, 要及时升温, 以减少不结茧蚕的发生。

## 参考文献

- [1] 李建琴, 顾国达, 封槐松. 我国蚕种生产与经营存在的问题及对策[J]. 蚕业科学, 2011, 37(2): 285-291.
- [2] 李建琴, 顾国达, 封槐松. 我国蚕种场的生产经营状况分析——基于全国136家蚕种场的问卷调查[J]. 蚕业科学, 2013, 39(1): 119-128.
- [3] 艾均文, 颜新培, 孟繁利. 家蚕春秋兼用限性品种“南·岳×星·辰”的选育[J]. 蚕业科学, 2008, 34(1): 136-139.
- [4] 艾均文, 贾孟周. 桑蚕新品种洞·庭×碧·波一代杂交种的繁育[J]. 蚕学通讯, 2001, 32(1): 13-15.

# 古典蚕桑诗词审美价值探微

雷国新

(湖南省蚕桑科学研究所,长沙 410127)

蚕桑诗词作为古典诗词的一部分,独具自己的特色,它与先民的劳动生活紧密相连,与先民的情感息息相关,同时又承载了文人们的真情实感。从蚕桑诗词中,既可看到先民劳作的艰辛,体会他们的欢乐和痛苦,又可窥见文人墨客的善感心灵。散见于诗经、楚辞、乐府诗集、唐诗、宋词、元曲与明清诗词歌赋中的蚕桑题材诗词,其篇目无一不注入了富有生命力的情感与活力。研读、探究古典蚕桑诗词,对于发掘其文学价值、史学价值和经济价值具有重要意义。

## 1 蚕桑诗词的文学艺术价值

我国是世界上最早从事蚕桑产业的国家,历代统治者对植桑养蚕都非常重视。人们在从事蚕桑劳作的过程中,寓情于物,寄托情感,形成了独特的蚕桑文化<sup>[1]</sup>。蚕桑诗词以兴桑、采桑、养蚕、缫丝、丝市等活动内容为题材,与先民生存息息相关,与先民生产生活场景密切联系。可以领略到诗词中田园般的风光之美,可以感受到诗词中蚕农丰收的喜悦和苛赋下的痛楚,体会到诗人对蚕农的同情与关爱。真实再现了古代蚕桑生产生活的朴实浪漫和历史风貌<sup>[2]</sup>。

“人景相融”的田园美。中国是一个古老的农业大国,农业劳动自古以来就是古人获取物质资料的主要生产方式。在与大自然的日益相处中,古人立足于脚下的热土,用

自己勤劳的双手去开发家园,创造财富和文明。“春日载阳,有鸣仓庚。女执懿筐,遵彼微行,爰求柔桑。春日迟迟,采桑祁祁。”“蚕月条桑,取彼斧斨。以伐远扬,待彼女桑。”早在诗经时代的《诗经·豳风·七月》,就系统地描绘了古代农家采桑女采桑的全过程。采桑女在明媚的春日里结伴同行,去桑林中采桑的情景在人眼前时隐时现。魏晋诗人陶渊明描写的田园风光诗篇深受后人推崇。《归田园居》第一首“开荒南野际,守拙归园田。方宅十余亩,草屋八九间。榆柳荫后檐,桃李罗堂前。暧暧远人村,依依墟里烟。狗吠深巷中,鸡鸣桑树颠。”诗人把一个恬静的农村田园生活境况诗意般呈现,令人向往。《归田园居》之二:“白日掩荆扉,虚室绝尘想。时复墟曲人,披草共来往。相见无杂言,但道桑麻长。”这里把纯朴的乡间民风更形象、更生动地予以表达。唐代诗人储光羲《田家即事》:“桑柘悠悠水蘸堤,晚风晴景不妨犁。高机犹织卧蚕子,下坂饥逢饷饁妻。”诗描绘了一幅清新典雅的田园美景,表达了诗人对田园生活的热爱。宋人翁卷《乡村四月》“绿遍山原白满川,子规声里雨如烟。乡村四月闲人少,才了蚕桑又插田。”诗以自描的手法,描述了初夏时节江南大地的景色,勾画出乡村四月农家的忙碌氛围。整首诗有声有色,意境朦胧,交织成一幅色彩鲜明、秀美细腻的图画,令人心旷神怡。此外,还有像韩偓“万里清江万里天,一村桑柘一村烟”(《醉青》),

林逾的“乳雀啁啾日气浓，稚桑交影绿重重”（《初夏》）以及王维的“雉雊麦苗秀，蚕眠桑叶稀”（《渭川田家》），陆游的“桑柘成荫自芥香，缫车声里午风凉”（《示客》），“郁郁林间桑椹紫，茫茫水面稻苗青”（《湖塘祖归》）等都是这一类令人心驰神往的上乘佳句<sup>[3]</sup>。

“心物交感”的爱情美。蚕桑诗词记载的是古人们特有的爱情，从大自然之客观景象与人的主观情感交织的角度去感受主人公在大自然的怀抱中追求爱情的大胆、热烈、纯真与和谐<sup>[4]</sup>。古代与爱情相关的诗词中，蚕桑往往跟美女联系在一起。“将仲子兮，无逾我里，无折我树杞。岂敢爱之？畏我父母。仲可怀也，父母之言亦可畏也。将仲子兮，无逾我墙，无折我树桑……”《诗经·郑风·将仲子》这是一首情歌。一对男女热恋中，害怕她父母家人发现指责和邻居议论。她劝告她的恋人不要在夜里跳墙约会，其相思相恋之情以及少女内心之羞涩胆怯皆表露无遗。在诗人笔下，劳动着的，采桑养蚕的女子是美丽动人，充满活力的。如汉乐府《陌上桑》中的秦罗敷“日出东南隅，照我秦氏楼。秦氏有好女，自名为罗敷。罗敷喜蚕桑，采桑城南隅。青丝为笼系，桂枝为笼钩。”养蚕植桑的美女罗敷清新动人，充满了生活气息。南北朝乐府诗《采桑度》：“蚕生春三月，春桑正含绿。女儿采春桑，歌吹当春曲。冶游采桑女，尽有芳春色。姿容应春媚，粉黛不加饰。”采桑女在春天明媚的阳光下柔媚动人。三国时曹植《美女篇》：“美女妖且闲，采桑歧路间。柔条纷冉冉，叶落何翩翩……”寥寥两句，一幅美女采桑图便生动地浮现在读者眼前。植桑养蚕的女子是美丽的，辛勤劳作人们的爱情纯洁朴实。很多与蚕桑有关的爱情诗句洋溢着浓厚的生活气息，爱情在劳动场景中时有呈现。《诗经·魏风·十亩之间》“十亩之间兮，桑者闲闲兮。行与子还兮。十亩之外兮，桑者泄泄兮。行与子逝兮。”

这是一首采桑女的歌，展示了美丽的采桑女，悠闲自乐，边采边唱，期盼与心中的男子长相厮守。《诗经·小雅·隰桑》“隰桑有阿，其叶有难，既见君子，其乐如何。隰桑有阿，其叶有沃，既见君子，云何不乐！……心乎爱矣，遐不谓矣，中心藏之，何日忘之？”诗描写了一位姑娘深深爱上了一位小伙子，又羞于向对方表达爱意，只得将“爱”的种子深藏于心底。然而已萌发的爱芽是无法压抑的，她几乎无时不想，无处不想。因而当她见到摇曳多姿“隰桑”，就想到与情人幽会，见面时如何幸福地听小伙子如胶似漆的情话。对爱情的渴望，相爱的甜蜜都埋藏在采桑、隰桑中。

“感慨悲愤”的怨刺美。植桑养蚕，缫丝纺纱，是劳动者的工作。辛勤的蚕妇披星戴月采摘桑叶，喂养蚕虫，择茧缫丝，制成顺滑柔软的丝绸却不能自己享用，正如唐张俞《蚕妇》所写“遍身罗绮者，不是养蚕人。”蚕桑诗词对蚕妇辛苦劳作的生活作了详尽的描述。唐彦谦的《采桑女》“春风吹蚕细如蚁，桑芽才努青鸦嘴，清晨探采谁家女，手换长条泪如雨。”采桑女的辛劳与委屈言溢于表。宋代翁卷的《东阳路傍蚕妇》“两鬓樵风一面尘，采桑桑上露沾身。相逢却道空辛苦，抽得丝来还别人。”是对劳作者不得享用其劳动果实的不公平现实的愤慨。宋代谢枋得的《蚕妇吟》“子规啼彻四更时，起视蚕稠怕叶稀。不信楼头杨柳月，玉人歌舞未曾归。”“蚕妇”“玉人”一厢辛劳一厢享受的生活对比鲜明。蚕租，作为苛税的一种，也是官史地主盘剥百姓的手段之一，这在与蚕桑有关的诗词中得到体现。白居易在《杜陵叟》一诗中为蚕农发出了“典桑卖地纳官租，明年衣食将何如？剥我身上帛，夺我口中粟。虐人害物即豺狼，何必钩爪锯牙食人肉？”的强烈呼声，诉说了蚕农的悲惨生活，还在《重赋》一诗中，揭露统治阶级“缁布如山积，丝絮似云屯”的奢侈生活，而劳动人民处于“幼



者形不散，老者体无温”的悲惨境地<sup>[5]</sup>。

“比兴手法”的意韵美。古人所思所言善用赋比兴，朱熹在《诗经传》中对“赋、比、兴”作了简单明了的说明：“赋者，敷陈其事而直言之也；比者，以彼物比此物也；兴者，先言他物以引起所咏之词也。”在《诗经》中，运用比兴手法可谓比比皆是。所谓比就是当下讲的比喻，往往以一些自然景物比喻社会中客观存在的事物、现象或情感。“桑梓”是一个具有特定含意的词汇，用来指代“故乡”，出自《诗经·小雅·小弁》：“……维桑与梓，必恭敬止。靡瞻匪父，靡依匪母。不属于毛？不罹于里？天之生我，我辰安在？……”桑是丝之本，商周时期的女性用丝作衣。而梓树是栋梁之材，比喻父亲，是以桑梓指代父母。古人用“桑梓—父母—故乡”这样一组绝妙的联想设喻，可谓妙到好处。

“桑”与“梓”在诗中的比兴手法运用恰到好处，正因如此，随着这首脍炙人口的诗篇的传承，“桑梓”成为中国传统文化中一个具有特定含义的词汇，成为“故乡”的代名词。用于赋比兴——桑叶。将桑叶作为一种比喻的事物，这是非常有意思的。将要长出叶子的嫩芽称为桑眼，叶子茂盛时肥硕润泽，叶子黄时称桑落。桑是落叶乔木，桑之末落时满眼绿海，不过几日功夫便枯黄脱落，凋零满地，桑枝头光秃秃，再也不复惹人爱怜的模样，剩下一片沧桑。《诗经》作者正是观察到桑叶的这种自然状态，用它来比喻女子失爱。《诗经·卫风·氓》“氓之蚩蚩，抱布贸丝。匪来贸丝，来即我谋。送子涉淇，至于顿丘……桑之未落，其叶沃若。于嗟鸠兮！无食桑葚……桑之落矣，其黄而陨……”诗中女主人公以桑自喻，在桑叶没有凋落之时，它的叶子是那么的美好，一旦桑叶凋落，叶子枯黄，它的青春美丽也就不再了。自从我嫁给你之后，一直过着贫苦的生活，淇水汤汤，打湿了我车上的布帘。我没有违背我们之间的一切，然而你却背叛了我，随心所欲而为之。

## 2 蚕桑诗词的史学传承价值

时下现存关于蚕桑专题性详实而系统的史料和蚕桑主题的史学著作并不多见，而古典蚕桑诗词中蕴藏着极为丰富的史料，为研究古代蚕桑史及蚕桑文化提供了难得的佐证。以写实为主的蚕桑诗词，从一定意义上也就具有“史”的功能，从蚕桑诗词中可以发掘历史上蚕桑分布与发展状况，可以了解封建王朝对蚕桑赋税的盘剥，可以体察封建社会蚕农从蚕桑劳作中受益的生活境况。

我国最早的诗歌总集《诗经》中数遍提到桑。《邶风·桑中》《小雅·隰桑》《大雅·桑柔》等篇目自不必说，其余各篇中“桑”亦屡见不鲜，如写桑之所在的“阪有桑”（《秦风·车邻》）、“南山有桑”（《小雅·南山有台》）；写鸟雀止于桑及食桑椹的“交交黄鸟，止于桑”（《秦风·黄鸟》）、“鸛鸣在桑”（《曹风·鸛鸣》）、“翩彼飞鸛，集于泮林，食我桑椹”（《鲁颂·泮水》）；写住所周围有桑的“无逾我墙，无折我树桑”（《郑风·将仲子》）；写整理桑树的“蚕月条桑”（《豳风·七月》）；写采桑的“彼汾一方，言采其桑”（《魏风·沮汾》）“桑者闲闲兮”“桑者泄泄兮”（《魏风·十亩之间》）；写伐桑枝条为燃料的“樵彼桑薪”（《小雅·白华》）。由上可见，当时桑树遍布，可谓随处可见。探索中国古代的桑树种植，北朝隋唐当是一个非常重要的时期。任昉在《述异记》中描绘：“大河之东，有美女丽人，乃天帝之子，机杼女工，年年劳役，织成云雾绢缣之衣……”古诗十九首中：“迢迢牵牛星，皎皎河汉女；纤纤携素手，札札弄机杼。”在这些劳动场面的描写中，常把美丽的妇女与从事蚕桑业的劳动联系在一起，可见当时的植桑养蚕已渗透到人们的精神世界里了。崔颢《赠轻车》将人们带入初唐从幽州到洛阳广泛种桑养蚕的历史画卷：“悠悠远行归，经春涉长道。幽冀桑始青，洛阳蚕欲老。”



唐彦谦笔下的采桑女展现了劳动与美的结合。诗云：“种桑百余树，种桑三十亩。衣食既有余，时时会亲友。”可以看出，桑树作为当时主要的种植作物，在诗、词人的作品中常常与自给自足的田园生活联系在一起。“种桑百余树”已经是当时农人保障衣食平安的重要生产方式之一。所以不难发现唐代田园诗人描绘的田园风光里总少不了桑、蚕元素的点缀<sup>[6]</sup>。

岑参《送颜平原》诗云：“郊原北连燕，剽劫风未休。鱼盐隘里巷，桑柘盈田畴。”诗中可见当时华北平原尤其是德州、幽、燕一带，桑柘遍野，好一派蚕桑兴盛的场景，也表明蚕桑在北方得到推广并取得成效。李白《春思》诗云：“燕草如碧丝，秦桑低绿枝。”诗两句以相隔遥远的燕、秦两地的春天景物起兴，颇为别致。“燕草如碧丝”，当是出于思妇的悬想；“秦桑低绿枝”，才是思妇所目睹。把目力达不到的远景和眼前近景配置在一幅画面上，并且都从思妇一边写出，从逻辑上说，似乎有点障碍，但从“写情”的角度来看，却是可通的。试想：仲春时节，桑叶繁茂，独处秦地的思妇触景生情，终日盼望在燕地行役屯戍的丈夫早日归来；她根据自己平素与丈夫的恩爱相处和对丈夫的深切了解，料想远在燕地的丈夫此刻见到碧丝般的春草，也必然会萌生思归的念头。见春草而思归，语出《楚辞·招隐士》：“王孙游兮不归，春草生兮萋萋。”首句化用《楚辞》语，浑成自然，不着痕迹。诗人巧妙地把握了思妇复杂的感情活动，用两处春光，兴两地相思，把想象与回忆同眼前真景融合起来，据实虚构，造成诗的妙境。王维《渭川田家》诗云：“雉鸣麦苗秀，蚕眠桑叶稀。田夫荷锄至，相见语依依。”诗描写田家闲逸，面对夕阳西下，夜幕降临，怡然自得的田家晚归景致，顿生羡慕之情。全诗用白描手法，描绘了渭河流域初夏乡村的黄昏景色，清新自然，诗意盎然。从《春思》《渭川田家》诗中也不

难了解 陕西长安县一带唐朝蚕桑发展情况，李白当年离开长安远游到达吴越地带，在《寄东鲁二稚子》中写道：“吴地桑叶绿，吴蚕已三眠。”将吴地桑叶碧绿，饲蚕忙碌景象如诗如画描述出来。吴越地带，唐朝属于江南道，是我国古代蚕桑业发祥地之一，吴越地带蚕桑之兴盛也就可想而知了。

白居易的《杜陵叟》一诗千古传颂，诗云：“典桑卖地纳官租，明年衣食将何如？剥我身上帛，夺我口中粟。虐人害物即豺狼，何必钩爪锯牙食人肉？”“杜陵叟”在大荒之年，遇上这样不顾百姓死活的“长吏”，叫天天不应，喊地地不理，只好忍痛把家中仅有的几棵桑树典当出去，可是仍然不够缴纳“官租”，迫不得已，再把赖以以为生的土地卖了来纳税完粮。可是桑树典了，“薄田”卖了，到时候连“男耕女织”的本钱都没有，第二年的生计也没有办法了。这种来自“长吏”的人祸，让“农夫之困”愈发雪上加霜。由《杜陵叟》可见安史之乱之后，封建统治者加重了蚕桑税负，蚕农生活凄苦无助，也暴露了唐朝中后期官民争利，阶级矛盾的尖锐。从明朝于谦的《采桑妇》、清朝惠士奇的《簇蚕词》中，也可见到蚕农的辛劳，蚕税的繁重，社会的不平等。上述列举的这些蚕桑诗词多层面反映了不同时期蚕桑的生产、蚕农的生活及社会矛盾，称之为“蚕桑史诗”当之无愧。

### 3 蚕桑诗词的经济信息价值

在众多的蚕桑诗词中，不少篇目透视出经济学的思想萌芽或朦胧的经济学思维方式以及经济价值讯息，值得令人玩味和思考。宋代张俞《蚕妇》诗：“昨日入城市，归来泪满巾。遍身罗绮者，不是养蚕人。”这是一首有仇富情结的诗，是农业社会的思考方法。“遍身罗绮者，不是养蚕人”这是常态，社会分工不同，有贫富差距也正常，劳动的人不一定富，劳动的人为什么不富？因为可

能缺乏头脑。自古至今靠劳动致富者鲜矣,劳动还要会经营,在农业社会才能逐步变得富裕。当然这里指的是体力劳动,按照以上逻辑,造币厂的工人就应该很有钱了,这是没有道理的。穷人和富人也是一种分工,只要没有阶层固化,对经济发展是有利的<sup>[7]</sup>。

蚕桑生产是特殊行业,其发展繁荣与市场需求紧密相关。中国蚕桑产品进入市场的时间很早,在诗词中亦有反映和呈现。如:《诗经·卫风·氓》中:“氓之蚩蚩,抱布贸丝。匪来贸丝,来即我谋。”诗表明至少在西周时期,丝和丝织品已经进入市场,利用丝进行物物交换,让丝作为交换的媒介,丝或丝织品起到促进交换的作用。联系欧亚市场的丝绸之路,王之涣《凉州词》诗:“黄河远上白云间,一片孤城万仞山,羌笛何须怨杨柳,春风不度玉门关。”唐代诗人写戎边的诗词乃是丝绸之路的古诗词之一,丝绸之路也正是蚕桑产品市场国际化的产物。表明那个时期蚕桑产业已逐步走出国界、面向世界市场。蚕桑产品市场的国际化直接刺激了汉唐时期中国蚕桑业的大发展、大繁荣。然而封建社会的社会制度对蚕桑市场的控制又极大地妨碍了蚕桑的进一步发展,有诗词为证:唐代王健《簇蚕辞》诗:“三日开箔雪团团,先将新茧送县官。已闻乡里催织作,去与谁人身上著。”唐代唐彦谦《采桑女》诗:“春风吹蚕细如蚁,桑芽才努青鸦嘴。清晨采桑谁家女,手挽长条泪如雨。去岁初眠当此时,今岁春寒叶放迟。愁听门外催里胥,官家二月收新丝。”这两首诗词从不同的侧面反映了政府对蚕农的剥削。唐末,朝廷财政收入不敷出,统治者加紧了掠夺,把征收夏税的时间提前了:官家在二月征收新丝。这是多么的蛮横无理!阴历二月,春风料峭,寒气袭人。采桑女凌晨即起采桑,可见多么勤劳。可她却无法使“桑芽”变成桑叶,更无法使蚂蚁般大小的蚕儿马上长大吐丝结茧。而如狼似

虎的里胥(里中小吏),早就逼上门来,催她二月交新丝。想到此,她手攀着柔长的桑枝,眼泪如雨一般滚下。诗人不着一字议论,而以一种勤劳善良的采桑女子在苛捐杂税的压榨下所遭到的痛苦,深刻揭露了唐末苛政猛于虎的社会现实。苛政对蚕桑市场的压制,蚕农无市场自主权,生产积极性受到挫败。丝及丝制品实际上只是古代的一种奢侈品,主要用于对外贸易,供应皇宫、奖赏大臣和一些商贾大家,无法进入“寻常百姓家”。因此,消费群体十分有限,普通群众这一庞大市场无法激活,导致市场的有限性,而市场的有限性必然又制约到蚕桑生产的进一步发展。唐代邵谒《寒女行》诗云:“养蚕多苦心,茧熟他人丝。织素徒苦力,素成他人衣。青楼富家女,才生便有主。终日着罗绮,何曾识机杼。”揭露了封建社会随时可见的一个现实问题:寒女和富家女截然不同的两种命运:寒女受尽剥削,身无依傍;富家女遍身罗绮享尽富贵。在封建社会里,“遍身罗绮者”毕竟只是少数,他们仅仅是一个小的消费群体,一个局部狭小的消费市场,也许这正是隋唐以后蚕桑业长期得不到长足发展的一个重要原因。

#### 参考文献

- [1] 李静.从蚕桑文化看古人如何对待自然物[J].农业考古,2013,(6):216-218.
- [2] 徐作明,孙静雅.中国古代蚕桑诗歌及其价值[J].北方蚕业,2011,(1):68-70.
- [3] 雷国新.古典蚕桑诗词之生态审美[J].蚕丝科技,2018,(4):33-37.
- [4] 瞿娟.论《诗经》的生态思想及其当代价值[J].中国优秀硕士论文数据库,2009:26-34.
- [5] 谢倩云,温优华.中国古代诗词与蚕桑文化[J].安徽文学,2007,(5):170-171.
- [6] 雷国新,雷语.农耕桑话[J].蚕丝科技,2015,(1):28-31.
- [7] 丁立新.古诗词中的经济学[J].读书文摘,2016,(8):194.

## 湖南省首届蚕桑科技文化产业大会开幕 蚕桑湘军“222”模式探索创新发展

4月29日上午,湖南省首届蚕桑科技文化产业大会暨桑果采摘节在湖南省蚕桑科学研究所开幕,并在宁乡、望城、攸县三地同时启动桑果采摘活动。中纪委驻农业农村部纪检组原组长朱保成,湖南省农业农村厅党组书记、厅长袁延文,湖南省农业农村厅副厅长兰定国,湖南省商务厅市场运行处处长张军平,湖南省科技厅政策法规处副处长张斌等领导嘉宾出席活动。

上午9时,湖南省首届蚕桑科技文化产业大会暨桑果采摘节开幕式举行,原创歌曲《中华螺祖》首次问世,唱出了“锦绣前途,丝绸长路”的壮阔,丝绸服装秀《美旗袍》走出了蚕桑产业的美丽多姿。

中纪委驻农业农村部纪检组原组长朱保成在讲话中提出,大力发展桑蚕产业,发挥蚕桑产业优势,助力脱贫攻坚,实现精准脱贫,必须深入发掘宣扬桑蚕丝绢的悠久历史,主动把握“一带一路”的战略机遇,加快蚕桑科技进步,推进桑蚕资源的多元化开发。

湖南省农业农村厅党组书记、厅长袁延文出席开幕式并讲话,他说:“蚕桑产业是我国传统优势产业,近年来,湖南抢抓机遇,科学谋划,创新推动,蚕桑产业发展取得了成效,为农民增收、农业增效、县域经济发展和脱贫攻坚找到了一条切实有效的路子。”袁延文充分肯定了湖南省“222”蚕桑高效种养模式对于攻坚扶贫的作用。

湖南省农业农村厅副厅长兰定国为湖南省“222”蚕桑高效种养模式示范驻点工作队授旗。湖南省蚕桑科学研究所党委书记、所长李一平等向“222”蚕桑高效种养模式示范企业和贫困户赠送蚕种,向大同三小学

生代表赠送蚕宝宝和科普读物。

格鲁吉亚中国友好协会湖南代表处首席代表陈燕在开幕式说:“中亚各国对中国的蚕桑产业、蚕桑技术十分感兴趣,都有意向和中国开展蚕桑国际贸易。在国内,湖南的蚕桑品种品质优良,能够走出国门,参与到大的国际环境中,从而与中亚开展技术合作。”

在李一平的带领下,与会领导嘉宾参观了湖南省蚕桑科技文化中心、蚕宝宝梦工场和桑果果体验园,湖南省蚕桑科学研究所全程自动化养蚕设备得到了领导嘉宾的赞赏。

“本次活动以文化为媒,以采摘体验为形式,以促产业发展为长远目标,让参与者在活动中体验,在体验中收获知识和欢乐。”李一平告诉记者,希望通过活动让人们了解蚕桑、走近蚕桑、发展蚕桑,推广蚕桑文化,助推蚕桑产业,共建美丽湖南,共圆丝绸强国梦。

桑果采摘、枝头嬉戏、品尝美食、体验科技、抽丝剥茧……开幕式结束后,领导嘉宾和学生家长们走进湖南省蚕桑科技文化中心、蚕宝宝梦工场和桑果果体验园,探索蚕桑文化的奥妙与乐趣。

在桑果果体验园,“果然有爱、把爱带回家”小型展销会,“我和桑果有个约会”摄影比赛等互动游戏正在上演。“我们刚刚摘桑果回来,桑果很好吃,自己采摘也收获了很多乐趣,我还拍了很多照片要参加摄影比赛。”来自大同三小的乐乐十分兴奋,边说边往食堂走去,他说要去品尝一下生态特色蚕桑宴。

“湖南省蚕桑科技文化中心今年正式对外开放,分为蚕桑起源、蚕桑文化、功勋产业、科技教育等多个章节,记录蚕桑历史文化轨



迹,普及科学文化知识。以彩色科普蚕和蚕桑文化体验一日游活动为主的蚕桑科普教育基地也受到小学生的普遍欢迎。”湖南省蚕桑科技文化中心负责人刘昌文介绍。

下午,活动主会场湖南省蚕桑科学研究所聚集了数位国内蚕桑界顶级专家,他们就“一带一路”“蚕桑产业发展”等主题发表了演讲,展开了一场高规格、高水平的思想论道。

中国蚕学会常务副理事长、中国农科院蚕业研究所副所长李龙发表了关于《中古友谊银线牵》主题演讲,他认为,蚕桑文化是“一带一路”的核心内容,而“一带一路”是新时代中古友谊的新纽带,必将推进双方的互利合作破浪前行。

中国丝绸协会常务副会长钱有清,则从蚕桑产业发展趋势进行论道,他在《全国茧丝绸产销形势分析》的主题报告中指出:“行业运行延续了稳中有进的良好态势,开局整体平稳,蚕桑基地建设明显加快,新产品开发成效显著,企业‘走出去’步伐加快。”

湖南省蚕桑科学研究所副所长、研究员艾均文立足湖南,重点论述以“222”模式推动湖南蚕桑产业创新发展,他指出,“1个家庭,2个主要劳动力,承包20亩桑园,实现收入20万元”的“222”蚕桑高效种养模式,发挥蚕桑产业“生态、环保、高效、可复制、

易推广”和科研单位指导、龙头企业带动、蚕桑大户联动的优势,展现出巨大的发展潜力。

“禅衣湘绣传承丝绸文化,洞庭碧波开拓现代蚕业。”湖南历来就是农桑繁盛的乐土,悠久的蚕桑历史和现代蚕业的发展,使湖南沉淀了深厚的蚕桑文化。

李一平认为,近80年的栉风沐雨和几代蚕桑人的砥砺前行,奠定了湖南省蚕桑科学研究所国家科研界的地位。新一代的“蚕桑湘军”,需要形成聚合力,在传承中创新,把握好促进种桑养蚕采果一产业发展与促进丝绸加工产业链构建、丝绸文化旅游二三产业发展的关系,把富民与富省、富市、富县结合起来。

为发挥产业基地的凝聚力作用,本次活动还在宁乡、望城、攸县三地同时启动“一所三基地”联动开展桑果采摘节。宁乡分会场湖南桑叶加农业科技有限公司董事长李飞鸣告诉记者:“配合主会场安排,宁乡分会场也组织了专家论道蚕桑、有奖答题、桑果采摘、品桑家宴等丰富活动。”他还说,希望借此活动示范乡村健康业态,推动区域以蚕桑产业为核心的农业结构调整,促进行业种、养、加、教、游一二三产融合发展。”

(湖南省蚕桑科学研究所 供稿)

(上接第26页)

- [15] YELLE S, CHETELAT R T, DORAIS M, et al. Sink metabolism in tomato fruit[J]. Plant Physiol, 1991, (95): 1026-1035.
- [16] ZHENG Q M, TANG Z, XU Q, et al. Isolation, phylogenetic relationship and expression profiling of sugar transporter genes in sweet orange (*Citrus sinensis*)[J]. Plant Cell Tiss Org, 2014, 119(3): 609-624.
- [17] 潘腾飞, 李永裕, 邱栋梁. 果实品质形成的分子机理研究进展[J]. 亚热带植物科学, 2006, 35(1): 81-84.

- [18] 汤谧, 别之龙, 张保才, 等. 西瓜、甜瓜果品质及调控研究进展[J]. 长江蔬菜, 2009, (4): 10-14.
- [19] 秦巧平, 张上隆, 陈俊伟, 等. 温州蜜柑果实发育期间果糖激酶与糖积累的关系[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(4): 435-440.
- [20] 张欣欣. 果桑不同品种物候期、生长特性及主要营养成分研究[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2013: 7-8.
- [21] 张春梅. 枣糖酸代谢及其驯化的分子机制研究[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2016: 2-3.