



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¹, 司马杨虎², 薛宏¹, 何行健¹, 刘昌文¹, 郑颖¹, 刘勇¹, 唐芸¹
(1.湖南省蚕桑科学研究所, 长沙 410127; 2.苏州大学, 江苏 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 G 9202 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

DOI 编码: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2019.02.052

中图分类号: S 882 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-4705(2019)02-0052-05

Breeding of a Natural Green Cocoon Quaternary Hybrid Combination Xiangcailu No.1 for Spring Rearing

AI Junwen¹, SIMa Yanghu², XUE Hong¹, HE Xingjian¹, LIU Changwen¹,
ZHENG Ying¹, LIU Yong¹, TANG Yun¹

(1.The Sericultural Research Institute of Hunan Province,Changsha 410127,China;
2.Soochow University,Suzhou Jiangsu 215123,China)

Abstract: The breeding activities aimed to create a natural green cocoon variety for spring rearing in stable color of natural cocoon, easy rearing race, high practical characters of cocoon filament. Four different strains from the excellent silkworm variety Qingsong × Haoyue were taken as recurrent parents, using the natural green cocoon variety G 9202 as donor parent. After the other excellent parents were introduced to cross with these different strains, the 4 newly breeding materials were selected by recurrent backcross breeding. The characters of these breeding materials showed not only natural green cocoon but also excellent comprehensive. The naturally colored cocoon quaternary hybrid Xiangcailu No.1 with excellent practical characters was selected based on multiple hybrids. Xiangcailu No.1 is suitable for spring rearing in Yangtze valley which includes Hunan Province. It has appraised by Hunan Provincial Evaluation Committee for Agricultural Crop Variety in 2016.

Key words: Silkworm; Xiangcailu No.1; Recurrent backcross breeding; Natural green cocoon; Spring rearing; Strong to rear easily; Excellent silk quality.

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^[1-2]。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^[3-5],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^[2]。为此,湖南省蚕桑科学研究所与苏州大

收稿日期:2018-08-15

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(CARS-18);湖南省科技支
撑计划项目(2013 NK 3071);湖南省自然科学基金项目(2017 JJ
2137);蚕桑种质资源多元化应用研发创新团队(2017 XC
01)。

作者简介: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,博士生导师,主要
从事动物遗传育种与基因工程;E-mail: simyh@suda.edu.cn。



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 G 9202·菁松 B G 9202×皓月 A G 9202·皓月 B G 9202,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)。

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^[6],分别导入基础品种 G 9202 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^[7],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^[8],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^[6]。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 1.80~2.10 g、茧层率 24.5%~25.5%,一茧丝长为 1 300~1 400 m,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^[6]。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 1.6 0~1.75 g、茧层率 24.0%~25.5%,一茧丝长 1 150~1 250 m,解舒率 80%~85%,净度为 95 分。

父本(供体亲本、非轮回亲本):G 9202 是苏州大学提供的地方改良品种,基本性状尚未完全稳定。

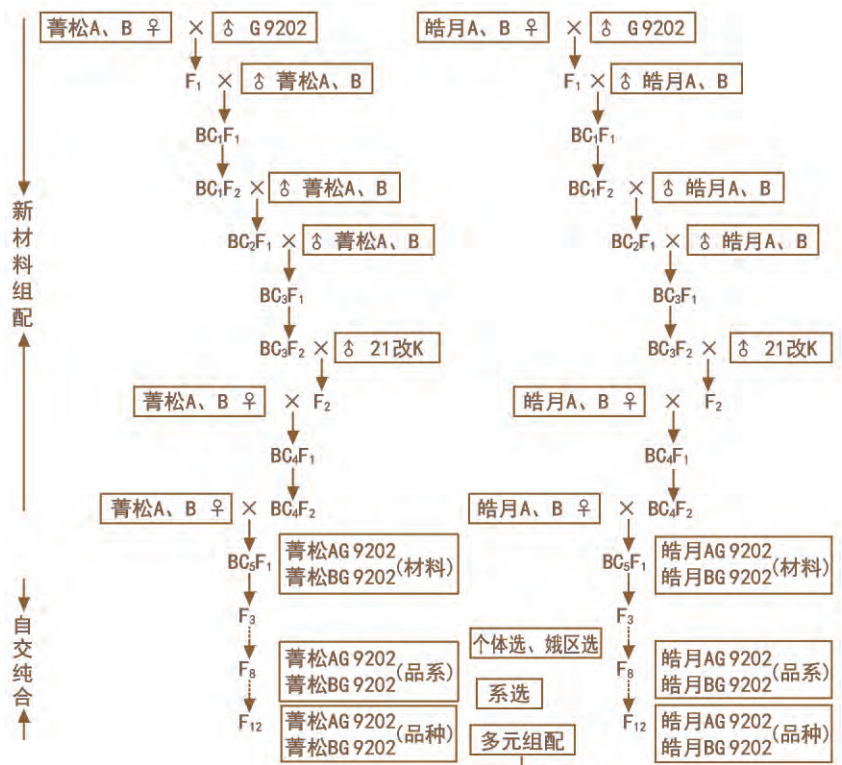
具有蚕茧天然绿色,色泽稳定,内外层茧色基本一致的特点,但茧层偏薄,体质较弱,饲养不容易。春季饲养虫蛹率 87% 左右,全茧量 1.45~1.55 g、茧层率 20.0%~22.0%,一茧丝长 700~820 m,解舒率 45%~65%,净度为 88 分。

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^[8]。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 1.70~1.75 g、茧层率 24.0%~25.0%,一茧丝长 1 150~1 250 m,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^[8]。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 1.55~1.65 g、茧层率 23.5%~24.0%,一茧丝长 1 050~1 150 m,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 G 9202 进行杂交,



菁松AG 9202·菁松BG 9202 × 皓月AG 9202·皓月BG 9202

图 1 湘彩绿 1 号世代图谱



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F₈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晚秋、2015年春将综合经济性状最优组合菁松AG9202·菁松BG9202×皓月AG9202·皓月BG9202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1252.2m,解舒丝长为1005.1m,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 彩色丝丝色牢度鉴定

色牢度(Color fastness)是指纺织品的颜色对在

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	G 9202
F ₁ 、BC ₁ F ₁	2010年夏—2010年秋	春季父母本杂交,夏季饲养F ₁ ,与轮回亲本♂回交	混合育	菁绿A B, 皓绿A B
BC ₁ F ₂ 、BC ₂ F ₁ 、BC ₃ F ₁	2010年晚秋—2011年夏	自交后连续与轮回亲本♂回交2次	混合育	菁绿A B, 皓绿A B
BC ₃ F ₂ 、F ₂ 、BC ₄ F ₁	2011年秋—2012年春	因家蚕有雌完全连锁现象 ^[9] ,自交后先与插入亲本♂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 ₄ F ₂ 、BC ₃ F ₁ 、F ₃ ~F ₄	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 ₅ ~F ₇	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 ^[10] ,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 ₈ ~F ₁₂	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

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国家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^[11-14],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AG9202·菁松BG9202: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,茧中经过15d,与皓月AG9202·皓月BG9202对交,应推迟2d出库,迟1d上簇。

皓月AG9202·皓月BG9202: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,茧中经过16d,与菁松AG9202·菁松BG9202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AG9202·菁松BG9202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AG9202·皓月BG9202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

4.1 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。

4.2 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。



4.3 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。

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

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。

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 G 9202 的茧色受 2 对互补基因 Ga、Gb 所控制^[15],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^[10],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,主编.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].硕士学位论文,苏州大学,导师:司马杨虎.2011,8.

(本栏目责任编辑:周介雄、戴 焱)

参考文献著录规则及示例(一般图书)

图书著录格式:[序号]主要作者.书名.出版地:出版社,出版年:引用页码.

- [1] 黄顺祥,陈海平,刘峰,等.化学风险评估[M].北京:气象出版社,2017:86-90.
- [2] 周诗健,王存忠,俞卫平.英汉汉英大气科学词汇[M].第 2 版.北京:气象出版社,2015:155-156.
- [3] Jickells T D, An Z S. 气候变化[M].董文杰,译.北京:气象出版社,2015:245-256.