

中国西红花的资源开发研究概况

刘兵兵¹, 董艳^{1*}, 姚冲², 蒋凤琴²(1.长兴县中医院, 浙江 湖州 313100; 2.湖州市中心医院, 浙江 湖州 313000)

摘要: 西红花是浙江省“新浙八味”品种之一。中国自1960年引种成功后在上海、浙江、江苏等地大规模繁育栽培西红花, 目前浙江西红花产业和技术在全国处于领先地位。西红花是具有极高经济价值的小宗中药品种, 增加种植区域及改良种植模式是西红花产业化的关键, 本文通过对西红花的品种选育研究、产量研究、品种评价、栽培技术、综合开发利用等方面进行初步分析与探讨, 梳理西红花发展中存在的问题, 以期国内西红花的开发利用提供一定的科学参考依据, 促进产业可持续发展。

关键词: 西红花; 中药资源; 开发

中图分类号: R282.7 文献标志码: A 文章编号: 1007-7693(2022)13-1783-06

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2022.13.019

引用本文: 刘兵兵, 董艳, 姚冲, 等. 中国西红花的资源开发研究概况[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(13): 1783-1788.

Survey on Resource Development of Saffron in China

LIU Bingbing¹, DONG Yan^{1*}, YAO Chong², JIANG Fengqin²(1.TCM Hospital Changxing, Huzhou 313100, China; 2.Huzhou Central Hospital, Huzhou 313000, China)

ABSTRACT: As one of “new Zhejiang Eight Medical Materials” in Zhejiang province, saffron has been bred and cultivated on a large scale in Shanghai, Zhejiang and Jiangsu, et al since it is introduced to China successfully in the 1960. Currently, industry and technology of saffron in Zhejiang take leading position across the country. As a small traditional Chinese medicine variety with high economic value prospect, expand the planting area and improve planting pattern are the key to the industrialization of saffron. Through preliminarily analyzing and discussing the variety breeding research, production research, variety evaluation cultivation techniques, and comprehensive exploitation and utilization of saffron, this paper combs the problems existing in the development of saffron, hoping to provide certain scientific reference for the development and utilization of saffron in China and promote the sustainable development of the industry.

KEYWORDS: saffron; Chinese medicine resources; development

西红花(*Crocus sativus* L.)又名番红花、藏红花, 为鸢尾科植物番红花属多年生无茎草本植物。西红花原产地为希腊、西班牙和伊朗等国家, 在中国唐朝通商时期, 经由西藏传入内地, 故又称“藏红花”。1960年中国从国外引种栽培, 经过多年的引种、选育、栽培等科学研究, 西红花在产业化进程等方面均发展迅速, 尤其是栽培区域, 由传统的地区性示范基地逐渐联合形成优势产区。本文收集和整理中国的药用西红花植物资源在品种选育、引种、栽培方面的研究报道, 为中国西红花形成优势产区和区域品种标准化奠定理论基础。

1 西红花适应性的研究

西红花原产于地中海地区, 属亚热带药用植物, 喜温暖凉爽的气候, 耐半阴, 喜光线, 怕酷

热, 较耐寒, 冬季高于-10℃即可安全越冬; 喜排水畅通、疏松肥沃、腐殖质丰富的砂质土壤; 生长适温为15~25℃, 夏季休眠; 深秋开花, 花期为10—11月, 至第2年的4—5月地上部分枯萎, 整个生育期约为210d左右。目前在上海、浙江、江苏、湖北、河南、四川、安徽、西藏和新疆等地均有种植^[1]。由于西红花特殊的生态环境要求, 各生产区均根据产地适宜性, 并结合当地生态环境情况, 开展西红花适宜种植模式, 见表1。

西红花的核心产区集中在北至黄河流域, 南至长江流域的广大地区, 主要集中在北纬30°~35°区域带, 这也与国外西红花主产区(伊朗、地中海地区等)处于同一纬度带。纬度和海拔对温度影响最大, 海拔越高温度越低, 而温度是西红花生长和开花的主要因素, 温度降低, 开花易提前; 持

基金项目: 浙江省基础公益研究计划项目(LGN18H280001)

作者简介: 刘兵兵, 女, 硕士, 主管中药师 E-mail: lbb841214@163.com *通信作者: 董艳, 女, 硕士, 主任药师 E-mail: czzydy@163.com

表 1 西红花不同产地生态环境情况

Tab. 1 Habitat of saffron from different producing area

产地	气候	平均海拔/m	年平均气温/℃	年降雨量/mm	平均日照时长/h
云南省维西县塔城镇 ^[2]	亚热带与温带季风高原山地气候	2 340.0	-1.5~15.3	850.0	2 104.5
西藏自治区林芝地区 ^[3]	温带季风气候	3 100.0	8.7	650.0	2 022.2
新疆维吾尔自治区和田地区 ^[4]	温带大陆性气候	1 050.0~7 167.0	9.0~20.0	35.0	2 470.0~3 000.0
浙江省杭州市建德市 ^[5]	亚热带季风气候	87.2	14.0~23.0	980.0~2 000.0	1 710.0~2 100.0
江西省南昌市进贤县 ^[6]	亚热带季风气候	841.4	-17.7~17.0	1 600.0~1 700.0	1 723.0~1 820.0
浙江省杭州市萧山区 ^[6]	亚热带季风性湿润气候	11.0	14.0~23.0	364.4	415.8
浙江省丽水市青田县 ^[7-8]	亚热带季风气候	59.3	16.0~25.0	1 644.8	1 635.1
浙江省湖州市长兴县 ^[9-10]	亚热带季风气候	3.0	12.2~17.3	761.0~1 780.0	1 613.0~2 430.0
江苏省南通市海门市 ^[7-8]	亚热带季风气候	4.9	13.0~21.0	1 040.0	1 400.0~2 200.0
江苏省无锡市江阴市 ^[10]	亚热带季风气候	6.0	14.0~22.0	1 040.0	1 924.3
江苏省镇江市丹阳市 ^[10]	亚热带季风气候	7.0~10.0	13.0~22.0	1 222.0	1 912.7
上海市崇明区 ^[11]	亚热带季风气候	2.8	-5.0~27.8	1 128.0	1 973.9
上海市南汇区 ^[6-7]	亚热带湿润季风气候	4.0	3.2~27.4	1 061.0	1 713.4
河南省开封市杞县 ^[6]	温带季风气候	69.0~78.0	12.7~13.7	650.0	20 000.0
安徽省六安市金寨县 ^[4]	亚热带湿润性季风气候	60.0~400.0	10.0~22.0	1 100.0~1 500.0	21 000.0
安徽省亳州市大周村 ^[6]	暖温带大陆性季风气候	32.0~42.0	17.0~18.0	805.0	2 507.6
四川省广元市苍溪县 ^[4]	亚热带湿润季风气候	600.0~3 045.0	4.9~29.7	800.0~1 000.0	1 300.0~1 400.0
山东省日照市五莲县 ^[6]	亚热带季风气候	476.9~594.0	5.3~30.0	940.0~1 034.0	12 380.0
四川省南充市西充县 ^[12]	亚热带季风性湿润气候	256.0~888.8	17.1	1 000.0	1 369.1
浙江省丽水市缙云县 ^[13]	亚热带季风气候	179.1	16.0~25.0	1 437.0	17 990.0
贵州省黔东南苗族侗族自治州锦屏县 ^[14]	中亚热带湿润季风气候	400.0~800.0	16.4	1 326.2	1 086.3
河南省安阳市殷都区 ^[15]	温带季风气候	31.9	14.0~34.0	871.3	20 490.0
浙江省丽水市遂昌县 ^[16]	亚热带季风气候	238.6	14.0~24.0	1 510	17 550.0

续高温则易导致花朵萎蔫^[8]。综合分析国内各生产区在气候、海拔、气温、降雨量、日照时数等方面的差异,西南地区种植区为低纬度的亚热带延伸到高纬度的温带,降水量低于原产地或与原产地相当,受海拔影响的极端低温可能成为种植规模受限的因素;西北新疆部分种植地区气候与伊朗产地相似,大陆性暖温带沙漠气候,土壤多为沙质土壤,具有种植西红花得天独厚的气候和土壤条件;而华北、华中、华东等种植区为亚热带季风气候,气候因子与原产地比较接近,但极端高温、生长期、降雨量等影响因素对该地区种植有一定影响。环境条件是复合因素,不同的气候、土壤等外在因素叠加形成的作用对药材品质及成分含量的形成具有显著的影响^[17-19],所以各产地针对气候等环境因素开展西红花栽培种植技术研究,如浙江地区的“二段法”栽培技术,室内采花和露地繁殖球茎相结合的栽培方式,可以减少浙江夏季高热多雨对种球的影响,同时也在寻找仿原产地连续种植栽培技术关键。

2 西红花的品种选育研究

品种选育是西红花产业发展的重要基础,当

前中国各产区正在充分利用新的研究技术,加快西红花的选育改良工作。浙江省在“十二五”期间,积极推进以新“浙八味”为代表的浙产道地药材的新品种选育、资源圃建设、育种共性技术等研究^[20],西红花就是新“浙八味”品种之一。陆中华等^[21]进行了多年的西红花系统选育,从西红花的品种系统选育入手,由不同生产区域引进西红花球茎,布点试种,筛选出“西红花选系 2”新品系,其花丝平均产量为 $1.25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,比主栽品种增产 10.8%。品比试验后,该品系表现出丰产性好、品质优、抗病性强的特点,定名为“番红花 1 号”。该品种进行 2 年区域试验,每 667 m^2 平均球茎、鲜花丝产量分别为 579.4 kg 和 $3 147.2 \text{ g}$,分别比对照增产 41.6%和 41.7%。该品种于 2015 年 2 月通过浙江省非主要农作物品种审定委员会审定^[22]。

西红花品种的单一性影响西红花产业的发展。有学者研究中国西红花主产区种质资源遗传多样性情况发现,国内西红花种质资源之间总体差异较小,但也存在一定的差异性,其结果为西红花遗传改良和新品种选育提供了依据^[23]。建议中国西红花品种资源研究应进一步重视从国外引

种, 加快资源精准鉴定助力西红花育种改良。

3 西红花的产量研究

目前全国所产的西红花还不能满足市场的需求, 国产西红花仅能满足国内市场需求 20%~30%, 仍依靠大量进口^[24]。中国西红花原料的主要进口国是伊朗, 伊朗是世界上最大的西红花生产国, 全年产量约为 200~300 t, 占全球总产量的 70%~80%, 但是在伊朗每 667 m² 的西红花产量通常 ≤ 0.5 kg^[25]。在中国, 若种植技术稳定, 1 次引种 100 kg 球茎, 种植 667 m² 西红花, 一般收干花 0.5~1 kg, 同时可收球茎 600~1 000 kg。浙江现有西红花栽培面积三百余万平方米, 栽培面积约占全国的 70%, 年产 $> 2\ 500$ kg^[26-27]。

西红花高产的关键在于种球的产量和质量, 球茎越长越小, 花越开越少, 产量就会越来越低, 在栽培管理中对种球抹芽处理, 保留整球膜质鳞片去除多余侧芽, 这样做的目的是保证大球茎比率, 球茎越大, 西红花有效成分(西红花苷类)含量越高^[28-29]。种植密度和氮肥用量均较明显影响西红花青丛率, 在沙性土壤中增施氮肥有利于延长西红花的叶片生长期, 提高西红花单个球茎质量及产量, 而增施磷肥能提高中大球茎的比例, 增施钾肥能延迟倒苗^[30-31]。陆中华等^[28]在西红花高产技术研究中, 采用氮(N)、磷(P)、钾(K)混合配施, 考察不同肥料比对球茎生长和球茎产量的影响, 结果表明当肥料配比为 N 450 kg·hm⁻², P₂O₅ 450 kg·hm⁻², K₂O 225 kg·hm⁻², 可显著提高西红花青丛率、大球茎比例, 并可增加球茎产量。孔樟良^[32]研究发现, 建德地区西红花肥料 N、P、K 年投入量在 219.45~1 526.55 kg·hm⁻² 之间, 平均为 734.70 kg·hm⁻², N:P:K 比例为 1:0.6:0.6。从比例来看西红花种球产量也以 N 肥为主要影响因素, 高 N 施肥可提高西红花地下球茎的产量^[33]。因此, 西红花施肥过程中要充分考虑合理控制肥料比, 提高 N 与 P、K 之间的比例, 在化肥的基础上增加有机肥施用, 可增加西红花种球的产量。

4 西红花的品质评价研究

中药材传统的质量评价多以药材大小、粗细、质量、外观、产地等指标来区分药材商品规格的等级标准, 而对于西红花来说, 单靠产地和外观来评价西红花的品质不够客观^[34]。2018 年, 中国中药协会发布了《西红花质量等级》团体标准,

该标准是中国中药领域的“第一个以质量等级区分药材饮片商品规格”的标准, 在中国药典 2015 年版的基础上, 增加西红花特征性成分苦番红花素作为质量指标, 并以西红花苷 I 及西红花苷 II 的含量之和作为等级标准的划分依据^[35]。

长久以来, 在市场上道地药材以品质佳、疗效较好为品质代表, 决定优质药材产区的分布和品质, 除了遗传品种这个内在因素, 还受自然环境、栽培方式、采收加工方式等外在因素的影响。以西红花苷 I 及西红花苷 II 的含量之和评价国内外西红花品质情况发现, 中国种植区西红花苷含量要明显高于其他国家, 见表 2。同时, 数据表中可见浙江省种植生产的西红花品质好, 其中主要药用成分“西红花苷 I”“西红花苷 II”成分含量都远高于中国药典的质量标准, 而同产区含量比较也不一致, 这也说明优质药材产区不是一成不变的, 可能随着生态环境的改良和人工种植技术、采收干燥工艺的精湛而改变。在西红花种植过程中注重土壤因子对其品质的影响, 科学选地, 适当增施 N 肥、P 肥、K 肥, 综合考虑地理、气候等环境因素的影响, 采用人工手段调控西红花花芽孕育过程的温度、湿度和光照等条件, 调节开花前后环境因子等方法来提高西红花柱头质量和柱头药用成分含量, 逐渐形成了适合中国气候特色的西红花种植技术^[36]。

采收加工方式也是影响西红花品质的因素, 从已有的文献数据可以看出, 干燥方式对样品的色度/西红花苷的含量和香味/藏红花醛的含量影响较大, 对苦味/藏红花苦素含量的影响不大^[37]。那么, 优化采收加工方式就是保证西红花品质的最后关键, 研究人员以西红花质量的化学物质群的西红花苷、藏红花醛、藏红花苦素(代表色-香-味物质基础)含量作为品质评价指标, 考察采收加工中重要的 3 个环节“采收时间、冷藏时间、干燥温度”。3 个环节的考察设计是基于能够保证内在品质且能够延长西红花采收周期、有效减少人力成本的目的, 研究最终优选出西红花开花当天采收, 冷藏时间 12 h 内, 干燥温度为 90 ℃ 的采收加工一体化工艺, 推荐实际操作中, 西红花冷藏时间可延长至 24 h 内, 这样不仅能保证品质, 还能适当延长采收加工周期, 有效减少人力, 提高经济效益^[38]。

表2 不同产地的西红花含量测定

Tab. 2 Content determination of saffron from different producing areas %

产地	西红花苷 I	西红花苷 II	总含量
江苏海门 ^[6,10]	13.31	4.14	17.45
	9.31	4.09	13.04
	10.88	3.53	14.41
上海南汇 ^[6]	10.82	3.21	14.03
浙江青田 ^[6]	11.79	4.00	15.79
浙江建德 ^[6,10]	10.52	3.20	13.72
	13.50	4.98	18.48
	12.89	5.30	18.19
新疆香格里拉 ^[2]	—	—	19.80
伊朗 ^[2,6]	—	—	11.50
	—	—	19.09
	—	—	13.00
印度 ^[2,6]	—	—	7.86
	—	—	13.55
	—	—	4.35
西班牙 ^[4,6]	10.26	3.29	13.55
浙江杭州 ^[6]	—	—	27.60
	—	—	25.81
	—	—	22.32
浙江湖州 ^[9,6]	11.21	5.31	16.52
浙江丽水 ^[10]	—	—	22.32
	9.53	4.50	14.03
	11.40	4.87	16.27
浙江义乌 ^[10]	11.40	4.87	16.27
江苏太仓 ^[10]	8.95	3.40	12.35
河南三门峡 ^[10]	8.74	3.61	12.35
河南郑州 ^[10]	8.98	3.84	12.82
上海崇明 ^[10]	11.30	4.02	15.32

5 西红花栽培技术和相关标准制定的研究

浙江省是中国西红花栽培大省与主产区，2012年栽培面积达387 hm²。在2005年，浙江省质量技术监督局制订了目前国内唯一的西红花生产标准DB33/T 530-2005版《西红花生产规程》。2014年浙江省更新西红花浙江省地方标准，该标准代替了DB33/T 530.1-2005、DB33/T 530.2-2005版标准，标准包括产地环境、球茎生产、室内培育、采收加工、检验方法等内容，这对完善西红花质量控制体系，规范西红花生产，确保产品品质有重要作用^[39]。

在西红花的栽培研究和示范推广中，浙江省西红花“二段法”栽培的技术措施结合西红花产业种植发展需要，针对西红花的药用价值、特性、栽培技术、田间管理、病虫害防治及采收加工提出了栽培技术管理要点^[40]。在种植模式开展上，轮作、套种、立体种植模式及栽培技术的研究不断开展，极大提高了土地的利用率，提高了种植效益。杭州市富阳区西红花-水稻水旱轮作的栽培技术，包括轮作优点、西红花种球繁育技术、单季晚稻栽培技术等方面内容，这种种植模式能有效克服西红花连作障碍问题，与建德三都

种球生产实现异地串种，充分利用西红花水稻茬口特性均衡有效利用土地养分，实现少投入多产出的高效种植栽培目标^[41]。在西红花种球繁殖方式、播种时间、肥料配比、种植密度等种植技术的方面，陆中华等^[28]创新集成了西红花种植关键技术《西红花标准化生产操作技术规程》，为浙江省西红花高产优质栽培提供技术依据。在种球复壮及繁育技术方面，有基地探索西红花大棚环境下种球繁育及立体架式培育模式，通过控制温湿度环境、栽培基质和施肥配比等栽培技术措施，延长西红花的生育期及地上部养分的积累，利于球茎的复壮和繁育，该项研究成果为西红花商品种球新型高效栽培提供技术指导^[42]。

6 西红花综合开发利用的研究

西红花是一种世界公认的名贵香料和药材，西红花中含有多种生物活性化合物，包括藏红花素、苦藏红花素等，具有抗炎、抗惊厥、保护心脏、抗抑郁、抗肿瘤、抗阿尔茨海默病、抗糖尿病等多种治疗作用^[43-44]。一直以来在食品、化妆品和制药产业领域中使用的西红花原料都仅是雌蕊上部的柱头部分。而1朵西红花只有3根花柱，150朵花才能生产出1g左右的干西红花，而除了柱头部分，西红花花瓣、球茎和茎叶等部位所占植物的比重远大于花部柱头，如果将西红花非药用部位进行综合利用，不仅可以极大丰富西红花功能性成分的可用性，还可以减少资源的浪费。据研究报道，西红花花瓣中除含有西红花苷、西红花酸类，还富含多糖类成分，而西红花球茎等部位含有的化学成分种类较多，除黄酮、酚酸等成分外，还含有蒽醌、生物碱等成分；这些部位经研究发现具有抗氧化、抗炎、细胞毒性作用和止血活性^[45-49]。近年来国内有不少对于西红花非药用部位的研究，非药用部位的开发前景广大，具有很高的开发价值，非药用部位西红花花瓣、球茎、茎叶等可作为制药工业中的副产品提取其中的黄酮、多糖等多种活性成分，为农业、化工、食品行业等提供资源，还可以为提高中药利用率提供依据^[50-51]。

作为极具特色的药材和浙江道地药材品种，西红花具有较好的开发价值及资源条件，目前有不少基于西红花临床价值的产品开发，比如西红花从传统药物的应用逐步拓广到食品、保健品、化妆品领域的应用，有六味西红花口服液用于治疗胸痹、胸闷、心绞痛、冠心病；西红花多苷片

治疗心血瘀阻性心绞痛；西红花人参胶囊能缓解疲劳、消除焦虑；西红花花茶、西红花饮料具有活血化瘀、解郁安神的功效；西红花护肤品能抗氧化抗衰老等^[52]。以综合开发利用策略推动产业模式，药品、食品、保健品、化妆品等多模式的功能性产品开发研究是一个重要的发展方向，当然产业发展的基础仍是品质，积极开展相关基础与应用研究，才能实现西红花高品质的经济产业发展。

REFERENCES

- [1] RAO J F, ZHANG X J, YU K X, et al. Introduction and character comparison of different *Crocus sativus* cultivars from 10 provenances[J]. J Zhejiang Agric Sci(浙江农业科学), 2020, 61(6): 1050-1053.
- [2] 孙杰, 张玉凤, 程汉鹏. 不同产地藏红花质量比较研究[C]//中国药学会. 中国药学会第四届药物检测质量管理学术研讨会资料汇编. 2017: 303-305.
- [3] 扎西. 藏东地区藏红花栽培技术研究[J]. 北京农业, 2014(27): 95-96.
- [4] ZENG S Y, YANG S H, HUANG C H. HPLC fingerprint analysis of *Crocus sativus* L. and comparative study on its different sources[J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2004, 26(9): 689-692.
- [5] REN H, YAO J B, JIN H H, et al. Quality study on Croci Stigma collected in different years and different places[J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2016, 33(11): 1405-1408.
- [6] ZHOU G F, LIU Y Y, QIAN X D, et al. Improvement of quality evaluation of Croci Stigma in the process of producing and distributing based on Chinese Pharmacopoeia and ISO[J]. Chin J Pharm Anal(药物分析杂志), 2016, 36(5): 835-841.
- [7] SHI L M, XU X H, ZHU B, et al. Variation of main active ingredient contents in *Crocus sativus*[J]. Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志), 2014, 20(13): 113-116.
- [8] 徐象华, 施林妹, 朱波, 等. 不同产地西红花开花与有效成分含量研究[J]. 浙江农业科学, 2012, 53(12): 1639-1641.
- [9] ZHOU G F, YAO C, QIAN X D, et al. Determination of crocins in Croci Stigma by quantitative analysis of multi-components with single marker and area normalization method[J]. Chin J Pharm Anal(药物分析杂志), 2017, 37(8): 1524-1529.
- [10] ZHU F P, LV W Q, ZHANG Q L, et al. Comparison of the active component contents in *Crocus sativus* and their correlation with site condition[J]. Zhejiang J Integr Tradit Chin West Med(浙江中西医结合杂志), 2015, 25(4): 345-349.
- [11] 杨弘, 许振光. 上海西红花 GAP 基地的建设和发展[J]. 现代中药研究与实践, 2004, 18(2): 3-6.
- [12] ZHOU X. Method for planting saffron crocus on hillside at high yield: China, CN109349013A[P]. 2019-02-19.
- [13] LYU X F, LIU L Y. Industry situation and consideration of improving efficiency of saffron in Jinyun[J]. J Zhejiang Agric Sci(浙江农业科学), 2020, 61(8): 1537-1538, 1541.
- [14] 龙令照, 杨志敏. 番红花生态高效栽培技术[J]. 科学种养, 2019(11): 23-24.
- [15] 段银凤, 刘艺平, 刘建波, 等. 内黄县西红花标准化生产技术[J]. 河南林业科技, 2021, 41(1): 53-54.
- [16] 程春涛, 吴锡林, 郑卫能, 等. 西红花高产高效技术应用与推广[Z]. 浙江省遂昌县云峰街道农业推广服务中心, 2013-07-25.
- [17] DU B J, ZHANG P G, SHENG P. Analysis of relation between soil, climate, genetic factors and active ingredient content of *Fritillariae Pallidiflorae* Bulbus in Xinjiang[J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2017, 34(6): 789-793.
- [18] JIANG Y, LIU Q, FENG S G, et al. Effects of environmental factors on the content of flavonoids and chlorogenic acid in *Chrysanthemum morifolium* Ramat[J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2018, 35(2): 225-230.
- [19] 沈奇, 赵继献, 邱雪柏, 等. 环境因子对紫苏籽粒产量及品质性状影响研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(20): 4033-4043.
- [20] HUA J W, HE B W, PAN Y N, et al. Analysis of *Crocus sativus* production status and development strategy in Zhejiang province[J]. Mod Chin Med(中国现代中药), 2014, 16(8): 627-630.
- [21] 陆中华, 王志安, 张真, 等. 西红花新品系选育及关键技术集成与示范[Z]. 浙江中信药用植物种业有限公司, 2013-01-25.
- [22] 陆中华, 毛碧增, 李明焱, 等. 西红花新品种番红 1 号的选育研究[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(9): 1403-1406.
- [23] LIU P L. Genetic diversity evaluation of germplasm resources of *Crocus sativus* L. in China[D]. Hangzhou: Hangzhou Normal University, 2019.
- [24] 饶君凤, 章卓梁, 吕伟德, 等. 西红花提纯复壮及基于物联网的高效精确栽培技术研究与应用[Z]. 杭州职业技术学院, 2013-10-25.
- [25] MASI E, TAITI C, HEIMLER D, et al. PTR-TOF-MS and HPLC analysis in the characterization of saffron (*Crocus sativus* L.) from Italy and Iran[J]. Food Chem, 2016(192): 75-81.
- [26] LI W P, ZHANG Y, DING Z S. The research progress of *Crocus sativus*[J]. J Beijing Union Univ: Nat Sci(北京联合大学学报: 自然科学版), 2011, 25(3): 55-58.
- [27] 唐明法, 瞿飞航, 唐梦煜, 等. 滩涂围垦地藏红花抗盐碱及设施栽培技术的研究[Z]. 杭州明朗农业开发有限公司, 2013-04-22.
- [28] LU Z H, ZHANG Z, WANG Z A, et al. Key technologies for high yield cultivation of saffron in Yangtze River Delta[J]. Acta Agric Zhejiangensis(浙江农业学报), 2012, 24(1): 17-21.
- [29] 张莹莹, 陈亚光, 郑东鸽, 等. 种球大小和叶面肥对西红花开花及其产量的影响[J]. 农业科技通讯, 2017(10): 114-119.
- [30] SHEN X O, YAO J F, WANG Z A, et al. Influences of planting density and quantity of nitrogen fertilizer on bulb yield of saffron[J]. Lishizhen Med Mater Med Res(时珍国医国药), 2005, 16(1): 85-86.
- [31] YUAN Y B. Studies on growth characteristics and increasing production of saffron[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2014.
- [32] KONG Z L. Investigation and analysis of fertilizer structure of different farming systems in Jiande City[J]. J Agric(农学报), 2022(11): 23-24.

- 2015, 5(7): 81-86.
- [33] 王加真, 徐学文, 宋义富, 等. 氮肥施用量对西红花产量的影响[J]. 中国园艺文摘, 2010, 26(1): 11-12.
- [34] QIAN X Y, NIE L X, DAI Z, et al. Research progress on evaluation of quality grade of traditional Chinese medicine[J]. Chin J Pharm Anal(药物分析杂志), 2019, 39(10): 1724-1737.
- [35] T/CATCM 002—2018, 西红花质量等级[S]. 2018.
- [36] 姚冲, 刘兵兵, 周桂芬, 等. 影响西红花产量和品质的诸因素研究进展[J]. 中药材, 2017, 40(3): 738-743.
- [37] ZHAO Z, GUO P, BRAND E. The formation of daodi medicinal materials[J]. J Ethnopharmacol, 2012, 140(3): 476-481.
- [38] 姚冲, 钱晓东, 周桂芬, 等. 西红花产地采收加工一体化工艺优化研究[J]. 江苏中医药, 2017, 49(12): 72-75.
- [39] DB33/T 350—2014, 无公害中药材——西红花[S]. 2014.
- [40] RAO J F, WANG G F, LYU W D. High-quality and high-yield cultivation technique of two segments method for *Crocus sativus* L. in Zhejiang province[J]. J Anhui Agric Sci(安徽农业科学), 2012, 40(9): 5214-5215, 5258.
- [41] 刘志农, 章卓梁, 吕伟德. 西红花种球繁殖—水稻轮作高效栽培技术[J]. 现代农业科技, 2014(18): 113-114.
- [42] 饶君凤, 吕伟德, 王根法. 浙江省西红花商品种球繁育与立体栽培技术[J]. 林业实用技术, 2012(7): 23-25.
- [43] URBANI E, BLASI F, SIMONETTI M S, et al. Investigation on secondary metabolite content and antioxidant activity of commercial saffron powder[J]. Eur Food Res Technol, 2016, 242(6): 987-993.
- [44] TUBEROSO C I G, ROSA A, MONTORO P, et al. Antioxidant activity, cytotoxic activity and metabolic profiling of juices obtained from saffron (*Crocus sativus* L.) floral by-products[J]. Food Chem, 2016(199): 18-27.
- [45] LI K, SHANG X H, YE G. GC-MS analysis of volatile constituents from *Crocus sativus* L[J]. Shanghai Med Pharm J(上海医药), 2017, 38(13): 74-78.
- [46] HUANG Y H, LIU Y L, WU W B, et al. Bioactivity-guided fractionation of petals of *Crocus sativus* and their antioxidant activity investigation[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2013, 25(11): 1489-1493, 1567.
- [47] JADOUALI S M, BOUZOUBAË Z, MAJOURHAT K, et al. Polyphenols content, flavonoids and antioxidant activity of petals, stamens, styles and whole flower of *Crocus sativus* of Taliouine[J]. Acta Hort, 2017(1184): 301-308.
- [48] CHEN N, YANG B. Research progress of chemical components and pharmacological effects of non-medicinal parts of *Crocus sativus*[J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2018, 43(14): 2884-2891.
- [49] 王平, 林素素. 西红花酸用于调节肠道菌群失调: 中国, CN111135158A[P]. 2020-05-12.
- [50] 盛亮, 金晶, 胡巧云. 西红花酸在制备防治多囊卵巢综合征的药物中的应用: 中国, CN107982269B[P]. 2020-03-17.
- [51] 郭丹, 童应鹏, 杨君, 等. 响应面法优化机械化学辅助提取西红花花瓣总黄酮工艺[J]. 中成药, 2016, 38(8): 1841-1844.
- [52] LIU Q, HAN B, SUN C T, et al. Progress in the development of pharmacological active ingredients and their products of *Crocus sativus*[J]. Subtrop Plant Sci(亚热带植物科学), 2020, 49(6): 506-512.

收稿日期: 2021-09-07

(本文责编: 曹粤锋)