植物遗传资源学报 2020，21（3）：753-759
Journal of Plant Genetic Resources DOI：10.13430/j.cnki.jpgr.20190916002

保靖黄金茶 1 号杂交创新利用研究

李赛君，雷　雨，段继华，黄飞毅，罗　意，康彦凯，丁　玎，陈宇宏，董丽娟
（湖南省农业科学院茶叶研究所 / 国家茶树改良中心湖南分中心 / 农业农村部湖南茶树及茶叶观测试验站，长沙 410125）

摘要：本研究选择主要经济性状优良的福鼎大白茶等 6 个茶树品种为母本、具“黄金韵”但适应性一般的保靖黄金茶 1 号为父本，采用人工杂交方法，开展资源创新利用研究，以期达到品种改良目的。试验通过研究保靖黄金茶 1 号花粉生活力、不同杂交组合结实率、杂种 F_1 成苗率、F_1 优良单株选择率等，发现保靖黄金茶 1 号花粉生活力较强，当天新鲜花粉生活力达 94.22%，在常温、4 ℃和 −20 ℃条件下最长分别可以存放 7 d、30 d 和 40 d；6 个杂交组合结实率为 15.25%（碧香早）~31.32%（福鼎大白茶），平均结实率为 21.88%，成苗率为 50.77%（碧香早）~66.65%（铁观音），平均成苗率为 59.62%，不同组合及不同年份间结实率和成苗率均无显著差异；3 次优株选择和无性繁殖能力鉴定后，共获得 60 个新株系，选优率为 2.35%，远高于优异资源自然杂交后代选优率（0.04%）。经生化成分、产量、品质等综合评价后选择布置区域试验的 3 个新品系，生长势均优于父本保靖黄金茶 1 号，感官品质优异，尤以香气突出，达到“扬长补短”种质创新目的。

关键词：保靖黄金茶 1 号；花粉活力；杂交；选优率；创新利用

Research on the Hybridization and Innovation of Baojing Huangjincha 1

LI Sai-jun，LEI Yu，DUAN Ji-hua，HUANG Fei-yi，LUO Yi，KANG Yan-kai，
DING Ding，CHEN Yu-hong，DONG Li-juan
（*Tea Research Institute*，*Hunan Academy of Agriculture Sciences/National Center for Tea Improvement*，*Hunan Branch/Hunan Observation and Experiment Station of Tea Plant and Tea Processing*，*Ministry of Agriculture and Rural Areas*，*Changsha 410125*）

Abstract：In order to produce the elite germplasm resource for tea breeding，we deployed the artificial hybridization approach to generate the F_1 hybrids by crossing six elite tea varieties including Fuding Dabaicha（mother）with another variety Baojing Huangjincha 1，which showed a specific phenotype “golden rhyme” but weak adaptation ability. We found that Baojing Huangjincha 1 pollen exhibited a strong living force whose fresh pollen life force reached to 94.22% by taking researching on Baojing Huangjincha 1 pollen life force，different hybrid combination strong rate，hybrid F_1 generation seedling rate，F_1 generation excellent single plant selection rate，etc.. Under room temperature，4 ℃ and −20 ℃ conditions，its pollen was able to survive up to 7 d，30 d and 40 d，respectively. The seed setting rates of six hybrid combinations were variable from 15.25%（Bixiangzao）to 31.32%（Fuding Dabaicha）with the average of 21.88%，while the seedling rates were arranged from 50.77%（Bxiangzao）to 66.65%（Tieguanyin）with a mean value of 59.62%. No significant difference was observed in seed setting rate and seedling rate among different treatments（combinations and years）. By taking use of three rounds of selecting excellent strains and identifying asexual reproduction ability，a total of 60 strains were finally accepted with a selection rate of 2.35%. The rate of elite hybrids was much higher than that of naturally-occurring hybridization offspring（0.04%）. Furthermore，we conducted a comprehensive evaluation of biochemical composition，yield and quality related traits in selected hybrids. Three new strains，which were subjected for the

收稿日期：2019-09-16　**修回日期**：2019-10-25　**网络出版日期**：2019-12-18
URL：http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20190916002
第一作者研究方向为茶树种质资源与遗传育种，E-mail：hnhjhlsj@126.com
通信作者：董丽娟，研究方向为茶树种质资源与遗传育种，E-mail：25818348@qq.com
基金项目：中央引导地方资金（2019XF5041）；湖南省农业科技创新项目（2018ZD05-1）
Foundation project：Central guidance local funds（2019XF5041），Hunan Agricultural Science and Technology Innovation Program（2018ZD05-1）

regional test, showed: the growth potential and excellent sensory quality (especially with aroma prominent), much better than the father Baojing Huangjincha 1.

Key words: Baojing Huangjincha 1; pollen viability; hybridization; innovative utilization

中国是茶的故乡，也是世界茶园面积最大、产量最多及出口贸易最重要的国家。2017 年，世界茶园总面积为 489 万 hm^2、茶叶产量为 581.2 万 t，中国分别为 306 万 hm^2、267.8 万 t，均位居第一[1]。茶树品种是茶叶生产最基本也是最重要的物质基础，它对提高茶叶产量和品质、提高劳动生产效率、增强抗逆性都有着十分显著的作用。近年来，茶叶消费市场呈现品质化、多元化、特色化等消费需求，为进一步提高国际市场竞争力，促进我国茶产业可持续发展，优异种质资源的创新利用和特色优异新品种的选育具有重要意义[2-3]。种质资源的创新利用研究在育种上具有预育种和前育种的作用，是拓宽育种遗传基础和降低脆弱性的重要保证，目前种质创新的主要途径与手段仍然是有性杂交[4-8]。

保靖黄金茶 1 号是从优质特异茶树种质资源保靖黄金茶群体种中选育出来的湖南省级良种（XPD005-2010），氨基酸含量高达 7.47%，茶多酚含量 18.40%，制绿茶栗香高锐持久，滋味鲜醇，具有独特的"黄金韵"[9-11]。但是，由于其长期在山区栽培，对不同茶区引种的适应性一般。

本研究按照"特色突出，性状互补"原则，选用产量、品质、适应性等主要经济性状优良的品种做母本，以具"黄金韵"的保靖黄金茶 1 号为父本，采用人工杂交方法对其进行创新，通过对杂种 F_1 定向选择，旨在选育氨基酸含量高、内含物丰富、适应性强的特色高香茶树新品种。

1 材料与方法

1.1 材料

选取来源于湖南省茶叶研究所种质资源圃的国家级良种福鼎大白茶、白毫早、安徽 1 号、铁观音，省级良种金萱（台茶 12 号）、碧香早、保靖黄金茶 1 号共 7 个品种为材料，参试品种特征特性见表 1。

1.2 试验方法

1.2.1 杂交组合设计 以氨基酸含量高、制茶品质优异，但适应性一般的保靖黄金茶 1 号为父本，选用品质好、产量较高或适应性强的福鼎大白茶、白毫早、安徽 1 号、铁观音、碧香早、金萱（台茶 12 号）等 6 个无性系良种为母本，选配组合 6 个。所有杂种后代种植于湖南省茶叶研究所实验茶场资源选种圃，分区设计采用随机区组排列，栽培管理条件一致。

表 1 参试品种特征特性

Table 1 Characteristics of elite varieties that are subjected for approval/registration

品种名称 Variety name	审定 / 登记 Approval/registers	主要性状 Main trait	盛花期 Flowering period
保靖黄金茶 1 号 Baojing huangjincha 1	湖南省级良种 /XPD005-2013	特早生，制红、绿茶品质均优，抗性一般，产量一般	10 月上旬 ~10 月下旬
福鼎大白茶 Fuding dabaicha	国家级良种 /GS13001-1985	早生，绿茶良种，适应性较强，产量较高	10 月中旬 ~11 月中旬
白毫早 Baihaozao	国家级良种 /GS13017-1994	特早生，绿茶良种，适应性较好，茸毛较多	10 月中上旬 ~11 月中上旬
安徽 1 号 Anhui 1	国家级良种 /GS13036-1987	中生偏早，制红茶、绿茶香高味醇，品质优，抗逆性较强	10 月下旬 ~11 月下旬
铁观音 Tieguanyin	国家级良种 /GS13007-1985	制乌龙茶品质优异，具独特香味，适应性强	11 月上旬 ~12 月上旬
碧香早 Bixiangzao	湖南省级良种 / 审证字第 131 号	早生，绿茶良种，抗性强，产量高	10 月中旬 ~11 月中旬
金萱（台茶 12 号）Jinxuan (Taicha 12)	中国台湾引进品种	高香型乌龙茶品种，适应性强，产量高，有独特香气（牛奶香）	10 月中下旬 ~11 月中下旬

盛花期调查地点为湖南省长沙县高桥镇

The flowering period survey was located in Gaoqiao Town, Changsha County, Hunan Province

1.2.2　试验方法　(1) 人工授粉: 参照董丽娟[8]茶树杂交授粉技术,采集花粉备用。为解决父母本花期不遇的问题,参照 Lei 等[12]的花粉贮藏方法分别测定室温干燥条件下贮存 0 d、3 d、5 d、7 d、9 d,4 ℃和 −20 ℃条件下贮藏 0 d、10 d、20 d、30 d、40 d、50 d、60 d 的保靖黄金茶 1 号花粉生活力。授粉时间选择无风、无雨的晴天上午,选取母本中下部短枝上含苞欲放的健壮花蕾并去雄,用毛笔轻轻蘸取少量花粉涂在柱头上,授粉后及时挂牌套袋。

(2) 采收及考种: 于第 2 年霜降前后 1 周内采收 F_1 茶果和吊牌,计算结实率。将采收后的茶果、茶籽采用室内快速考种仪进行考种。参考李赛君等[13]的茶籽贮藏方法,将考种后的茶籽贮藏备用。

(3) 播种育苗: 播种前,参考李赛君等[13]的浸种方法处理茶籽。种植方式为条播,行距 8 cm,株距 3 cm。播种后铺 1~2 cm 厚稻草,盖上地膜和遮阳网,第 2 年春季气温稳定达到 20 ℃时将地膜揭去,10 月底调查成苗株(株高 >20 cm、茎粗 >2 mm,着叶数 >7 片的为成苗株),计算成苗率。

(4) 优良单株早期鉴定与筛选: 筛选达一级苗标准(株高 >25 cm,茎粗 >3 mm,着叶数 >10 片或一级分枝 1~2 个),且株型好、生长健壮、无病虫害的 F_1 优良单株,按株距 1.4 m × 0.33 m 规格单行单株定植建立选种圃。对入圃的 F_1 优良单株的物候期、生长势、适应性等表型性状和品质进行鉴定[14]。

1.3　数据分析

试验数据采用 Excel 2003 进行处理,运用 SPSS 20.0 进行方差分析。

2　结果与分析

2.1　保靖黄金茶 1 号花粉生活力

经测定保靖黄金茶 1 号新鲜花粉的生活力为 94.22%,随着贮藏时间的延长,花粉生活力不断下降。根据 Kumar 等[15]描述的花粉存活时间为衡量标准,即将花粉萌发率大于 50% 时定义为花粉存活时间。保靖黄金茶 1 号在常温、4 ℃和 −20 ℃条件下最长分别可以存放 7 d、30 d 和 40 d(图 1),解决了父母本花期不遇的问题。

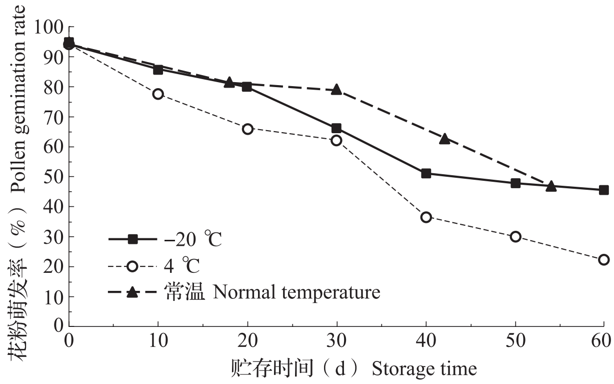

图 1　不同贮藏条件下保靖黄金茶 1 号的花粉萌发率
Fig.1　Pollen germination rates of Baojing Huangjingcha 1 under different storage conditions

2.2　杂交组合结实率

以保靖黄金茶 1 号为父本的 6 个杂交组合, 2010-2012 年 3 年杂交结实率见图 2。3 年平均结实率以 2012 年最高(23.66%),2011 年最低(20.59%)。6 个组合的 3 年平均结实率为 21.88%,按母本排列依次为福鼎大白茶(31.32%)> 白毫早(28.12%)> 铁观音(24.58%)> 金萱(16.84%)> 碧香早(15.25%)> 安徽 1 号(15.18%)。其中,2011 年以碧香早和金萱为母本的组合结实率均不到 10%,而以白毫早为母本的结实率高达 39.56%;以福鼎大白茶为母本的杂交组合为 6 个组合中平均结实率最高,2012 年更是高达 39.95%,位列 3 年所有组合结实率第一,说明福鼎大白茶和白毫早均与保靖黄金茶 1 号有较强的亲和性。

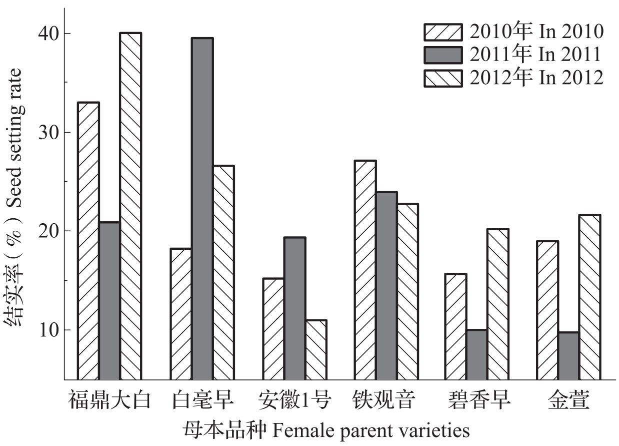

图 2　以保靖黄金茶 1 号为父本的不同杂交组合结实率
Fig.2　The seed setting rate of hybrids that were derived from the crosses with Baojing Huangjincha 1 (male)

对以保靖黄金茶 1 号为父本的 6 个杂交组合进行单因素方差分析,结果表明: 不同母本组合间 P=0.053, P>0.05,说明不同组合间结实率无显著差异; 年度间 P=0.841, P>0.05,说明不同年份间杂交结实率也无显著差异(表 2)。

表 2 以保靖黄金茶 1 号为父本的不同杂交组合结实率方差分析

Table 2 Variance analysis of the seed setting rate of hybrids that were derived from the crosses with Baojing Huangjincha 1 (male)

变异来源 Variance sources	自由度 *df*		平方和 *SS*		均方 *MS*		*F* 值 *F* value		显著性 *P*	
	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year
组间 Intraclass	5	2	748.495	30.503	149.699	15.252	3.039	0.175	0.053	0.841
组内 Intraclass	12	15	591.171	1309.162	49.264	87.277				
总数 Total	17	17	1339.655	1339.665						

2.3 杂交 F_1 成苗率

6 个组合 F_1 成苗率情况见图 3。不同杂交组合成苗率 3 年均值为 50.77%~66.65%，最高为碧香早 × 保靖黄金茶 1 号，最低为铁观音 × 保靖黄金茶 1 号。年份间比较，2010 年授粉的 F_1 成苗率达 74.59%，而 2012 年授粉的 F_1 成苗率仅为 51.55%。成苗率最大和最小的组合均是金萱 × 保靖黄金茶 1 号，最高达 89.91%（2010 年），最小为 18.99%（2011 年），同一组合成苗率出现如此大的差异，可能是管理上某个环节失误造成的。

对保靖黄金茶 1 号为父本的 6 个杂交组合成苗率进行单因素方差分析（表 3），结果表明：组合间 P=0.962，P>0.05，说明不同组合间成苗率无显著差异；年度间 P=0.062，P>0.05，说明不同年份间成苗率也无显著差异。

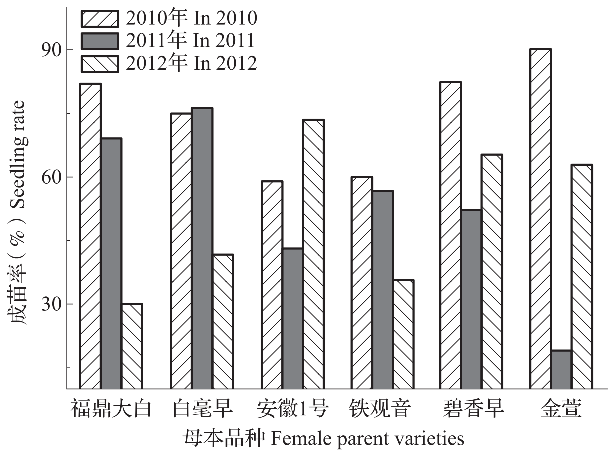

图 3 以保靖黄金茶 1 号为父本的不同杂交组合成苗率

Fig.3 The seedling rate of hybrids that were derived from the crosses with Baojing Huangjincha 1 (male)

表 3 以保靖黄金茶 1 号为父本的不同杂交组合成苗率方差分析

Table 3 Variance analysis of the seedling rate of hybrids that were derived from the crosses with Baojing Huangjincha 1 (male)

变异来源 Variance sources	自由度 *df*		平方和 *SS*		均方 *MS*		*F* 值 *F* value		显著性 *P*	
	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year	组合间 Combination	年度间 Year
组间 Intraclass	5	2	469.906	2021.314	93.981	1010.657	0.187	3.378	0.962	0.062
组内 Intraclass	12	15	6039.466	4488.058	503.289	299.204				
总数 Total	17	17	6509.372	6509.372						

2.4 杂交 F_1 选优率

本研究对所获 2548 株 F_1 茶苗进行与品质、产量、抗性等相关性状的测定，4 次鉴定筛选结果见表 4。

第 1 次针对 F_1 茶苗进行选择，将达一级苗标准、生长健壮的 1351 个单株移入选种圃，平均选择率为 53.02%；第 2 次选择是在第 2、3 年两个生长周期，筛选优株 159 个，平均选择率为 6.24%；第 3 次选择是在第 4 个生长周期，调查物候期、生长势、生物学性状，并结合前 3 年的综合表现及单株生物产量，共筛选出优良单株 64 个，平均选择率为 2.51%；第 5 个生长周期对入选的优株进行无性繁殖能力鉴定，最终筛选出 60 个株系定植于预选圃。6 个组合最终入选率相差不大，最高为铁观音 × 保靖黄金茶 1 号（4.30%），最低为金萱 × 保靖黄金茶 1 号（1.06%），平均选择率为 2.35%。

表 4　保靖黄金茶 1 号为父本杂交组合 F_1 优良单株选择

Table 4　Statistics of excellent F_1 plants that hybrids that were derived from the crosses with Baojing Huangjincha 1（male）

组合 Hybrid combination	F_1 成苗数 F_1 seedling number	初选移栽 First transplant		第 2 次选优 Second selection		第 3 次选优 Third selection		第 4 次优选 Fourth selection	
		株数 Number seedling	占比（%）Proportion	株数 Number seedling	占比（%）Proportion	株数 Number seedling	占比（%）Proportion	株数 Number seedling	占比（%）Proportion
福鼎大白茶 × 保靖黄金茶 1 号 Fuding dabaicha × Baojing huangjincha 1	645	367	56.90	53	8.22	14	2.17	12	1.86
白毫早 × 保靖黄金茶 1 号 Baihaozao × Baojing huangjincha 1	551	253	45.92	31	5.63	10	1.81	10	1.81
安徽 1 号 × 保靖黄金茶 1 号 Anhui 1 × Baojing huangjincha 1	281	106	37.72	9	3.20	9	3.20	9	3.20
铁观音 × 保靖黄金茶 1 号 Tieguanyin × Baojing huangjincha 1	138	73	52.90	16	11.59	6	4.30	6	4.30
碧香早 × 保靖黄金茶 1 号 Bixiangzao × Baojing huangjincha 1	649	389	59.94	36	4.95	20	3.08	20	3.08
金萱 × 保靖黄金茶 1 号 Jinxuan × Baojing huangjincha 1	283	163	57.60	14	5.55	5	1.31	3	1.06
总计 Subtotal	2548	1351	53.02	159	6.24	64	2.51	60	2.35

在开展茶树人工杂交育种的同时，本课题根据优中选优的原则，收集了优良无性系品种和优良地方群体品种的自然杂交种子播种育苗作为育种材料以供选择，所有试验材料的田间管理措施、调查方法和选择标准一致，结果见表 5。由表 4 和表 5 可知，3 次选优后，杂交 F_1 优良单株选择率（2.51%）远高于无性系良种和群体种自然杂交后代的选优率（0.04%）。

表 5　无性系良种和地方群体种自然杂交后代优良单株选择

Table 5　Statistics of excellent single plants by hybridizations between improved varieties and native population hybrid offspring

母本 Female	成苗数 Seedling number	初选移栽 First transplant		第 2 次选优 Second selection		第 3 次选优 Third selection	
		株数 Number seedling	占比（%）Proportion	株数 Number seedling	占比（%）Proportion	株数 Number seedling	占比（%）Proportion
安徽 1 号 Anhui 1	7300	30	0.41	1	0	1	0.01
福鼎大白茶 Fuding dabaicha	1486	11	0.74	8	0.54	8	0.54
碧香早 Bixiangzao	1836	19	1.03	1	0.05	1	0.05
铁观音 Tieguanyin	907	11	1.21	1	0.11	1	0.11
白毫早 Baihaozao	853	6	0.70	0	0	0	0
金萱 Jinxuan	696	12	1.72	5	0.72	5	0.72
保靖黄金茶 1 号 Baojing huangjincha 1	6325	43	0.68	1	0.02	1	0.02
安化群体种 Anhua population	17647	44	0.25	4	0.02	1	0.01
祁门群体种 Qimen population	10258	32	0.31	1	0.01	0	0
黄山群体 Huangshan population	1538	16	1.04	1	0.07	0	0
云南勐海大叶 Yunnan menghaidaye	2248	1	0.04	0	0	0	0
总计 Total	51094	225	0.44	23	0.05	18	0.04

2.5 优良株系鉴定

2017-2019年，对2010年创制的保靖黄金茶1号 F_1 部分优良株系进行生长势、产量、生化成分和品质鉴定，综合评价后，选择品质特点突出、产量高、生长势优的2012-6-28-5（铁观音 × 保靖黄金茶1号）、2012-6-17-9（碧香早 × 保靖黄金茶1号）、2012-6-53-12′（福鼎大白茶 × 保靖黄金茶1号）进行扦插繁殖，于2020年布置区域试验，入选株系特征特性见表6。

表6 繁殖生产试种新品系

Table 6 The new strains are to be propagated for trial production

品种（系） Varieties（line）	品质 Quality				生化成分（%） Major biochemical components				产量比CK ±（%） Yield than CK ±	生长势 Growth potential	物候期 Phenological phase	入选理由 Selected reason
	绿茶评语 Green tea evaluation	绿茶排名 Rank	红茶评语 Black tea evaluation	红茶排名 Rank	水浸出物 Water extract	茶多酚 Polyphenols	氨基酸 Amino acid	咖啡碱 Caffeine				
2012-6-28-5	清栗香持久，鲜醇	6	花香尚浓，尚甜醇	8	36.52	22.6	4.65	4.01	+167.30	优	早生	红绿茶品质均优，高产
2012-6-17-9	清栗香持久，尚鲜爽	41	甜香带花香	2	34.95	21.43	4.44	3.87	+76.26	优	早生	红茶品质优，高产，且母本优
2012-6-53-12′	清栗香纯正，尚鲜醇	47	栀子花香浓郁，尚甜醇	3	38.62	22.34	4.67	4.09	+69.62	良 +	特早生	红茶品质优，高产，且母本优
保靖黄金茶1号	栗香纯正，浓爽	53	甜香带花香，滋味尚醇	38	36.85	20.13	4.95	3.75	/	良	特早生	/

参评绿茶样74个，红茶样69个；该保靖黄金茶1号种植于湖南省茶叶研究所实验茶场（长沙县），由于与原产地生态条件的差异（湘西土家族苗族自治州保靖县），氨基酸含量未达7%以上

74 green tea samples and 69 black tea sample, Due to the difference in ecological conditions between Experimental tea farm of Hunan Tea Research Institute and Baojing county, Tujia-Miao Autonomous Prefecture of Xiangxi, the the amino acid content of Baojing Huangjincha 1 in experimental tea farm of Hunan Tea Research Institute（Changsha county）was less than 7%

3 讨论

本研究以保靖黄金茶1号与福鼎大白茶等6个茶树品种的杂交后代为材料，研究了父本保靖黄金茶1号的花粉生活力、不同杂交组合结实率、杂种 F_1 成苗率及优良单株的选择率等。通过生化成分、产量、品质等综合鉴定，筛选出品质优异，适应性强的优良品系，以对保靖黄金茶1号进行杂交种质创新。

董丽娟[8]研究发现，茶树人工杂交结实率高低与父本花粉发芽率（生活力）呈正相关，本研究表明保靖黄金茶1号花粉生活力较强，当天取的新鲜花粉萌发率高达94.22%，高于应华军[16]测定的龙井43等6个品种成熟花粉当天的最高发芽率88.6%，适宜作父本。贮藏试验表明，保靖黄金茶1号花粉在常温、4 ℃和 –20 ℃条件下最长分别可以存放7 d、30 d和40 d，解决了与部分亲本花期不遇的问题，增加了亲本选择范围，提高了保靖黄金茶1号种质创新利用率。

茶树一般栽培品种组合的结实率为3%~15%[9]。李家贤等[17]共组配了72个茶树杂交组合开展研究，平均结实率12.12%，其中超过15%的组合有24个，占比33.33%，认为杂交结实率的高低取决于父母本的亲和力。本研究以保靖黄金茶1号为父本的6个杂交组合的结实率均在15%以上，平均结实率为21.88%，且单因素方差分析结果表明不同母本组合间及不同年份间结实率均无显著差异，保靖黄金茶1号属于杂交亲和性较强、配合力较高的亲本。同时，杂交 F_1 的3次优选率均高于自然杂交后代的优选率，表明人工杂交 F_1 产生变异类型远高于自然

杂交后代，选优率高，育成特色品种的机会更多。

本研究进入区域试验的 2012-6-28-5 等 3 个新品系，生长势（优或良 $^{+}$）和产量均优（高）于父本保靖黄金茶 1 号（良），成茶品质优异，尤以香气突出。既较好地弥补父本适应性一般的缺点，又发挥了父本品质优异具“黄金韵”的优点，体现了杂种优势，达到了“扬长补短”种质创新目的。杂交能使分散在不同亲本中控制不同有利性状的基因重新组合在一起，获得兼顾不同亲本优点的后代种质材料。未来，如能鉴定出与茶树重要经济性状连锁的分子标记，并克隆关联基因，直接运用于杂交育种，将大大提高育种效率，缩短育种周期。

参考文献

[1] 梅宇，梁晓 . 2018 年中国茶叶产销形势分析报告 . 茶世界，2019（2）：10-15
Mei Y, Liang X. Analysis report on China's tea production and sales situation in 2018. Tea World, 2019（2）：10-15

[2] 国家茶叶产业技术体系产业经济研究室 . 2018 年我国茶叶产销形势分析 . 中国茶叶，2019（4）：28-29
National Tea Industry Technology System Industrial Economics Research Office. Analysis of the situation of tea production and sales in China in 2018. China Tea, 2019（4）：28-29

[3] 冷杨，尚怀园，施小云，李莉 . 2018 年我国茶叶进出口情况简析 . 中国茶叶，2019（4）：30-32
Leng Y, Shang H Y, Shi X Y, Li L. Brief analysis of China's tea import and export in 2018. China Tea, 2019（4）：30-32

[4] 陈亮，杨亚军，虞富莲 . 中国茶树种质资源研究的主要进展和展望 . 植物遗传资源学报，2004，5（4）：389-392
Chen L, Yang Y J, Yu F L. Tea germplasm research in China：recent progresser and prospects. Journal of Plant Genetic Resources, 2004, 5（4）：389-392

[5] 梁月荣，石萌 . 茶树遗传育种研究进展 . 茶叶科学，2015，35（2）：103-109
Liang Y R, Shi M. Advances in tea plant genetics and breeding. Journal of Tea Science, 2015, 35（2）：103-109

[6] 《中国茶树品种志》编写委员会 . 中国茶树品种志 . 上海：上海科学技术出版社，2001：8-11
China Tea Tree Variety Writing Committee. China tea tree variety. Shanghai：Shanghai Science and Technology Press, 2001：8-11

[7] 杨亚军，梁月荣 . 中国无性系茶树品种志 . 上海：上海科学技术出版社，2014：1-4
Yang Y J, Liang Y R. Chinese clonal tea tree variety. Shanghai：Shanghai Science and Technology Press, 2014：1-4

[8] 董丽娟 . 茶树杂交授粉技术的研究 . 茶叶，1989（1）：16-20
Dong L J. Study on hybrid pollination technology of tea tree. Tea, 1989（1）：16-20

[9] 张湘生，彭继光，龙承先，杨阳，杨晓春，赵洋，向天颂，刘振，石建智，宁静，余国标 . 特早生高氨基酸绿茶茶树新品种保靖黄金茶 1 号选育研究 . 茶叶通讯，2012，39（3）：11-16
Zhang X S, Peng J G, Long C X., Yang Y, Yang X C, Zhao Y, Xiang T S, Liu Z, Shi J Z, Ning J, Yu G B. The breeding of early budding, high amino acid content and high quality new green-tea cultivar Baojing Huangjincha 1. Tea Communication, 2012, 39（3）：11-16

[10] 钟兴刚，宁静，刘淑娟，谭正初，李建权，刘谨慎，张湘生 . 保靖黄金茶主要化学成分初步分析研究 . 茶叶通讯，2008，35（4）：27-32
Zhong X G, Ning J, Liu S J, Tan Z C, Li J Q, Liu J S, Zhang X S. Preliminary analysis on chemical composition of Baojing Golden Tea. Tea Communication, 2008, 35（4）：27-32

[11] 黄怀生，郑红发，赵熙，银霞，肖蕾，粟本文 . 保靖黄金茶加工过程中品质成分变化研究 . 福建茶叶，2013（6）：17-19
Huang H S, Zheng H F, Zhao X, Yin X, Xiao L, Su B W. Study on the change of quality composition in Baojing Gold Tea processing. Tea in Fujian, 2013（6）：17-19

[12] Lei Y, Wang L F, Huang F Y, Duan J H, Kang Y K, Yang H N, Li S J. Studies on pollen storage and vitality difference of tea plant varieties. Pakistan Journal of Botany, 2020, 52（1）：305-309

[13] 李赛君，罗意，段继华，丁玎，黄飞毅，雷雨，康彦凯，陈宇宏，董丽娟 . 3 个茶树双无性系品种种植试验初报 . 茶叶通讯，2019，46（2）：149-153
Li S J, Luo Y, Duan J H, Ding D, Huang F Y, Lei Y, Kang Y K, Chen Y H, Dong L J. Preliminary report on planting trials of three tea tree double clones. Journal of Tea Communication, 2019, 46（2）：149-153

[14] 陈亮，虞富莲，杨亚军 . 茶树种质资源与遗传改良 . 北京：中国农业科技出版社，2006：176-177
Chen L, Yu F L, Yang Y J. Germplasm and genetic improvement of tea plant. Beijing：China Agricultural Science and Technology Press, 2006：176-177

[15] Kumar A, Chowdhury R K, Dahiya O S. Pollen viability and stigma receptivity in relation to meteorological parameters in pearl millet. Seed Science Technology, 1995, 23：147-156

[16] 应华军 . 贮藏时间对茶树花粉生活力的影响 . 中国茶叶，1992（2）：24-26
Ying H J. Effect of storage time on pollen viability of tea tree. China Tea, 1992（2）：24-26

[17] 李家贤，何玉媚 . 茶树人工杂交结实习性的试验探讨 . 广东茶业，1999（4）：18-22
Li J X, He Y M. Experimental study on the fruiting habit of artificial hybridization of tea tree. Guangdong Tea, 1999（4）：20-24