·新品种推广应用·

应用隶属函数法评价 9 个茶树杂交组合的亲和性与果实性状

廖春文， 韦持章， 韦锦坚， 农玉琴， 梁贤智， 陈远权
（广西农业科学院广西南亚热带农业科学研究所， 广西 龙州 532415）

摘 要：为利用和创新广西茶树种质资源，选用金牡丹为父本，春闺、百岁香等 9 个茶树优良品种为母本进行人工杂交试验，对其结实率、果实性状及发芽率进行统计分析评价。结果表明，9 个杂交组合结实率为 35.48%～65.92%，亲和性排序大小为春闺、白芽奇兰、鸿雁 12 号、瑞香、肉桂、百岁香、英红 9 号、中茶 108、北斗。采用隶属函数法对同父异母的 9 个杂交组合综合评价，筛选出结实率、发芽率、果实性状较好的 5 个组合为春闺×金牡丹、百岁香×金牡丹、英红 9 号×金牡丹、白芽奇兰×金牡丹、中茶 108×金牡丹，这 5 个亲本组合可作为金牡丹品种杂交驯化优选组合。

关键词： 金牡丹；杂交；亲和性；隶属函数法
DOI： 10.16590/j.cnki.1001-4705.2022.05.128
中图分类号： S571.1 **文献标志码**： A **文章编号**： 1001-4705(2022)05-0128-05

Application of the Affiliation Function Method to Evaluate the Affinity and Fruiting Traits of Nine Tea Tree Hybrid Combinations

LIAO Chunwen, WEI Chizhang, WEI Jinjian, NONG Yuqin, LIANG Xianzhi, CHEN Yuanquan
(Guangxi South Subtropical Agricultural Science Research Institute, Longzhou Guangxi 532415, China)

Abstract: In order to utilize and innovate Guangxi tea tree germplasm resources, we selected Golden-Peony as the male parent and used 9 excellent varities of tea trees such as golden peony and baisuixiang as female parent for the artificial cross test, and conducted statistic alanalysis and evaluation on the fruit set rate, fruiting traits and germination rate. Results showed that nine combinations bore fruit, fruit set rates ranging from 35.48% to 65.92%. The affinity ranking from big to small was Spring Girl, White Bud Chilan, Hongyan No.12, Ruixiang, Cinnamon, Centennial Fragrance, Yinghong No.9, Zhongcha 108, Beidou. The membership function method was used to comprehensively evaluate the 9 different hybrid combinations, and the 5 combinations with better seed setting rate, germination rate and fruit traits were screened out as follows: Spring Girl to Goden Peony, Centennial Fragrance to Golden Peony, Yinghong No.9 to Golden Peony, White Bud Chilan to Golden Peony, Zhongcha 108 to Golden Peony, which could be used as the prefered combination for hybridization and domestication of golden peony varieties.

Key words: golden peony; hybridization; affinity; affiliation function method

杂交育种是茶树育种手段之一。印度、斯里兰卡、肯尼亚、日本及我国采用人工杂交的方法选育出了一批优良茶树品种用于生产或科学研究，自 20 世纪 70 年代起，国内众多学者对茶树的杂交方法[1-2]、亲和性[3-4]、杂交果实性状[5-6]、花粉活力[7]、后代表型遗传[8-9]等进行了研究。董丽娟[2]对 93 个去雄套袋授粉方法组合的杂交亲和性进行研究，结果表明，武夷亚种作杂交母本亲和性强，结实多；云南亚种适宜作父本，

收稿日期：2022-01-19
基金项目：广西农科院基本业务费项目（桂农科 2020 YM 43、桂农科 2022 YM 31、桂农科 2022 YM 32、桂农科 YM 33）；广西茶树核心种质资源库及共享服务平台建设（桂科 AD 18281068-2）；广西农科院农科基本科研业务专项（桂农科 2021 YT 162、2021 YT 164）。
作者简介：廖春文（1985—），男，广西百色人；本科，农艺师，研究方向：茶树栽培技术研究（E-mail：545719667@qq.com）。
通讯作者：陈远权（1982—），男，广西北海人；农业推广硕士，高级农艺师，研究方向：茶树育种与栽培技术研究（E-mail：229189858@qq.com）。

不宜作母本[10]，并提出亲缘关系近的组合其杂交亲和性差。对不同组合间的杂交结实及茶果性状的研究表明，不同品种母本杂交结实率高低与其自由传粉时结实率高低的趋势不一致[6-7]；人工杂交的茶果中，一粒果比自由传粉时明显增加，结实少的组合一粒果数量比重大。罗小梅等[11]对不同的优良茶树品种杂交亲和性及果实性状进行研究，结果表明，父本花粉活力与结实性呈正相关，并筛选出杂交果实性状优于亲本的组合 4 个。近年来，隶属函数法被广泛应用在黄瓜[12]、猕猴桃[13]、大白菜[14]等作物抗逆性、农艺性状、品质等评价方面，但在茶树亲本杂交亲和性及果实性状评价方面鲜有报道。

广西南亚热带农业科学研究所自 2004 年引入茶树金牡丹品种，其适制乌龙茶且品质优，但存在种植抗逆性弱、易衰退[15]等缺点，且金牡丹作为母本所得的杂交果实及种子存在因病、干旱等因素夭亡，发芽率低和成苗率差等问题。因此，如何有针对性地选择茶树母本开展人工杂交，测试不同组合间的杂交亲和性、果实表型、发芽率等对金牡丹有性杂交选育工作具有重要的意义。采用金牡丹为父本，茶树优良品种肉桂、英红 9 号等 9 个品种为母本的杂交组合，应用隶属函数法对其杂交组合的结实率、果实性状及发芽率进行评价，筛选出结实率高、果实性状优、发芽率强的杂交组合，为金牡丹的杂交驯化、亲本选配提供数据基础。

1　材料与方法

1.1　供试材料

试验于 2019 年 11 月至 2020 年 10 月在广西南亚热带农业科学研究所茶树种质圃内进行，供试品种 10 个，树龄为 4 年，供试品种为国内优良茶树品种。详见表 1。

表 1　亲本信息

Table 1　Parentage information

品种名称	植物学分类	来源	适制性
金牡丹	茶	铁观音×黄棪	乌龙茶、红茶
春闺	茶	黄棪自然杂交后代育成	乌龙茶、红茶
英红 9 号	阿萨姆茶变种	云南大叶群体种系统育成	红茶
肉桂	茶	武夷群体种系统育成	乌龙茶、红茶
白芽奇兰	茶	武夷群体种系统育成	乌龙茶
百岁香	茶	武夷群体种系统育成	乌龙茶
鸿雁 12 号	茶	铁观音自然杂交后代育成	乌龙茶、红茶
瑞香	茶	黄棪自然杂交后代育成	乌龙茶
中茶 108	茶	龙井 43 辐射诱变育成	绿茶
北斗	茶	武夷群体种系统育成	乌龙茶

1.2　试验方法

1.2.1　组配亲本

试验使用金牡丹作为父本，完成 9 个亲本组合：春闺×金牡丹、英红 9 号×金牡丹、肉桂×金牡丹、白芽奇兰×金牡丹、百岁香×金牡丹、鸿雁 12 号×金牡丹、中茶 108×金牡丹、北斗×金牡丹。

1.2.2　茶树杂交

参照罗小梅等[11]的方法进行人工杂交授粉。母本结实后，间隔 90 d 按 20 g/株绕母树自然杂交植株滴水线穴施磷钾肥，遇干旱时期正常浇灌。

1.2.3　茶籽播种

茶籽采集完成后，浸泡清水 48 h，换水 1 次；于 10 cm 厚沙床进行均匀撒播，覆盖 3 cm 左右河沙；保持 60%湿度。

1.3　结实率调查

果实成熟后，于霜降后第 2 天进行父母本自然杂交及人工杂交果实采收，采集健康完整的果实并统计结实率。

1.4　发芽率调查

播种后 60 d 统计发芽率。

1.5　杂交果实性状调查

果实采收后及时进入室内进行观察测量，每个杂交组合随机选取 20 枚果实调查，包括果实形状、果皮颜色、单果重、籽粒重、果实高度、果径。果实形状、果皮颜色采取目测法，单果重、籽粒重使用 1/100 天平称重，使用分辨率 0.01 mm 游标卡尺测量果实横径（果径）、纵径（果高）。

1.6　数据处理

采用 Excel 2013 软件进行初步汇总整理及作图，SPSS 18.0 软件进行数据分析；隶属函数对杂交组合做综合对比，茶树果实数量性状、结实率、种子发芽率均为正向指标，公式为：

$$u(x_{ij})=(x_{ij}-x_{j\min})/(x_{j\max}-x_{j\min})$$

2　结果与分析

2.1　不同杂交组合结实率及发芽率比较

由表 2 可知，9 个亲本组合共计授粉 1 172 朵花，收获果实 578 枚，种子 943 个，结实率为 35.48%～65.92%，每个组合均有结实，结实率最高的组合为春闺×金牡丹，且差异达到极显著水平，为 65.92%，平均结实率为 46.22%，杂交结实率顺序依次为春闺、白芽奇兰、鸿雁 12 号、瑞香、肉桂、百岁香、英红 9 号、中茶 108、北斗。发芽率最高的组合为中茶 108×金牡丹，且差异达到极显著，为 73.52%，平均发芽率为 46.79%；

表 2 不同组合杂交结实率和发芽率

Table 2 Cross fertility and germination rates of different combinations

序号	杂交组合		授粉数（朵）	收获果实数（枚）	收获种子数（个）	结实率（%）	发芽率（%）
	父本	母本					
组合 1	金牡丹	春闺	270	178	297	65.92 Aa	69.79 Aa
组合 2	金牡丹	英红 9 号	106	44	60	41.50 Dd	53.33 BCc
组合 3	金牡丹	肉桂	198	90	170	45.45 CDc	61.17 Bb
组合 4	金牡丹	白芽奇兰	138	72	96	52.17 Bb	47.91 Cc
组合 5	金牡丹	百岁香	72	32	54	44.44 CcDd	33.33 Dd
组合 6	金牡丹	鸿雁 12 号	84	40	54	47.61 Cc	33.33 Dd
组合 7	金牡丹	瑞香	94	44	80	46.80 Cc	17.50 Ee
组合 8	金牡丹	中茶 108	88	34	68	36.63 Ee	73.52 Aa
组合 9	金牡丹	北斗	124	44	64	35.48 Ee	31.25 Dd

注：同列英文字母小写表示显著差异（$p<0.05$），同列英文字母大写表示极显著差异（$p<0.01$）。下同。

表 3 杂交亲本及杂交组合果实性状

Table 3 Fruit traits of hybrid parents and hybrid combinations

序号	父本	母本	果实形状	果皮颜色	单果重(g)	单籽重(g)	果高(mm)	果径(mm)
亲本 1	自然杂交	金牡丹	肾形居多、三角形、球形	褐绿色	9.85	2.73	20.78	33.29
亲本 2	自然杂交	春闺	肾形、三角形居多、四角形	褐绿色	7.92	1.68	18.05	30.49
亲本 3	自然杂交	英红 9 号	肾形、三角形、球形、四角形居多	绿褐色	12.40	3.07	23.64	32.97
亲本 4	自然杂交	肉桂	肾形居多、三角形	褐绿色	4.38	1.05	15.19	22.91
亲本 5	自然杂交	白芽奇兰	肾形(三角形)居多、球形	褐绿色	7.24	1.66	20.54	27.50
亲本 6	自然杂交	百岁香	肾形居多、球形	褐绿色	7.01	2.43	19.68	29.31
亲本 7	自然杂交	鸿雁 12 号	肾形、三角形居多、四角形	褐绿色	6.97	1.45	17.83	28.37
亲本 8	自然杂交	瑞香	肾形居多、三角形	褐绿色	7.42	1.96	19.29	29.83
亲本 9	自然杂交	中茶 108	肾形居多、三角形、球形	褐绿色	5.10	1.64	18.29	26.18
亲本 10	自然杂交	北斗	肾形(三角形)居多、球形	褐绿色	5.76	1.88	17.88	25.42
组合 1	金牡丹	春闺	肾形居多、三角形、四角形	褐绿色	7.40	1.53	16.91	31.13
组合 2	金牡丹	英红 9 号	肾形居多、三角形	绿褐色	9.15	2.31	22.22	25.19
组合 3	金牡丹	肉桂	肾形、三角形居多、球形	褐绿色	4.76	1.14	15.27	23.17
组合 4	金牡丹	白芽奇兰	肾形、三角形、球形居多	褐绿色	6.66	1.92	20.31	25.27
组合 5	金牡丹	百岁香	肾形居多、三角形、球形	褐绿色	8.64	2.74	19.06	31.20
组合 6	金牡丹	鸿雁 12 号	肾形、三角形居多、球形	褐绿色	6.94	1.49	17.91	24.79
组合 7	金牡丹	瑞香	肾形居多、三角形	褐绿色	3.86	1.21	16.25	25.10
组合 8	金牡丹	中茶 108	肾形居多、三角形	棕褐色	5.38	1.83	16.93	25.44
组合 9	金牡丹	北斗	肾形、球形居多	褐绿色	3.06	1.05	14.53	21.51

注："居多"为在种子外形比例中占比超过 35%的形状。

杂交种子发芽率依次为中茶 108、春闺、肉桂、英红 9 号、白芽奇兰、百岁香，鸿雁 12 号、北斗、瑞香。

2.2 杂交亲本及杂交组合的果实性状

2.2.1 果实表型

由表 3 可知，亲本自然杂交果实以二三粒种子数居多；果实籽粒数直接影响果实形状，人工杂交果实的形状分为三类：比亲本自然杂交籽粒数多的组合 3；自然杂交果实籽粒数基本一致的组合 5、6、7、8；人工杂交果实籽粒数比自然杂交果实籽粒少的组合 1、2、4、9。自然杂交与人工杂交果皮颜色均与亲本保持一致。

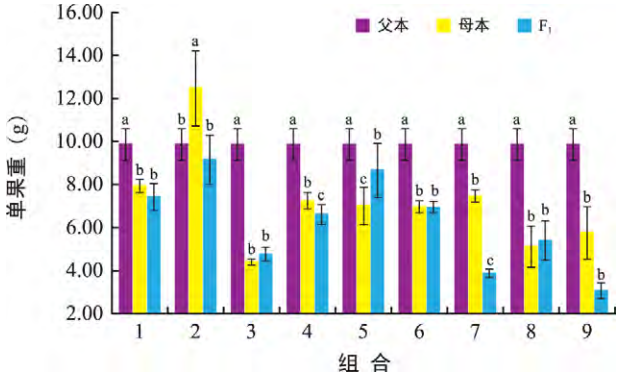
2.2.2 单果重

由图 1 可知，9 个组合 F_1 单果重均未超过父本，差异显著。单果重超过母本的组合为组合 5，差异显著，与母本单果重相当的组合有 1、3、6、8，差异不显著，单果重质量低于母本的组合有 2、4、7、9，差异分别达到显著水平。

2.2.3 籽粒重

由图2可知，9个组合F_1籽粒重未超过父、母本

的组合有 1、2、7、9，与父本差异显著；F_1 籽粒重介于父、母本之间的组合有 3、4、6、8，超过母本显著差异的组合有 4、8，均显著低于父本；F_1 籽粒重超出父、母本的组合有 5，与母本达显著差异，与父本相当。



注：父本均为金牡丹，各组合母本序号依次为 1 春闺 2 英红 9 号 3 肉桂 4 白芽奇兰 5 百岁香 6 鸿雁 12 号 7 瑞香 8 中茶 108，9 北斗。同列小写字母表示差异显著。下同。

图 1　不同杂交组合对单果重的影响

Fig.1　Effect of different hybrid combinations on single fruit weight

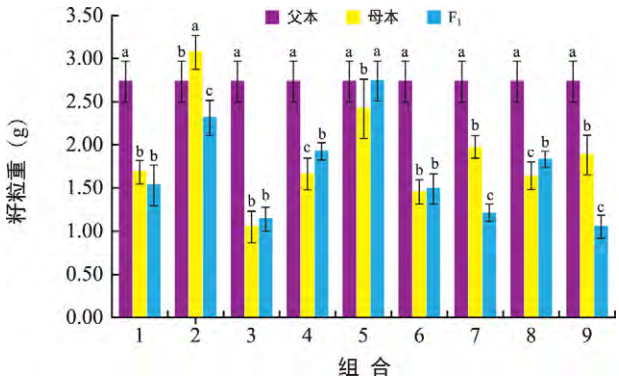


图 2　不同杂交组合对籽粒重的影响

Fig.2　Effect of different hybrid combinations on seed weight

2.2.4　果　高

由图 3 可知，9 个组合 F_1 果高未超过父、母本，均与父本差异达显著的组合有 1、6、7、8、9，组合 4、5 与父本差异不显著，组合 6 显著低于母本；F_1 果高介于父母本间的组合有 2、3，与父母本差异不显著。

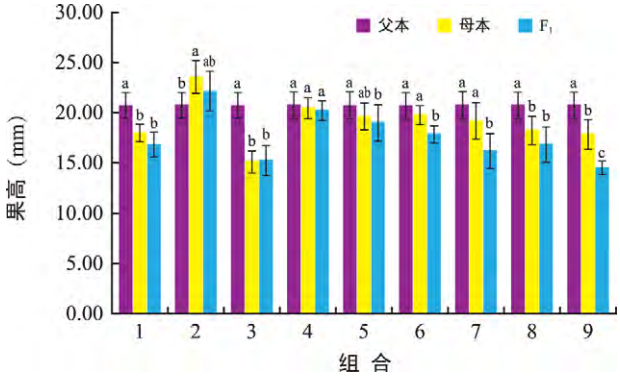


图 3　不同杂交组合对果高的影响

Fig.3　Effect of different hybrid combinations on fruit height

2.2.5　果　径

由图 4 可知，9 个组合 F_1 果径未超过父、母本，均与父本达显著差异的组合有 2、4、6、7、8、9，与母本不存在差异；F_1 果径介于父母本间的有组合 1、3、5，与父本差异显著，与母本性状相当。

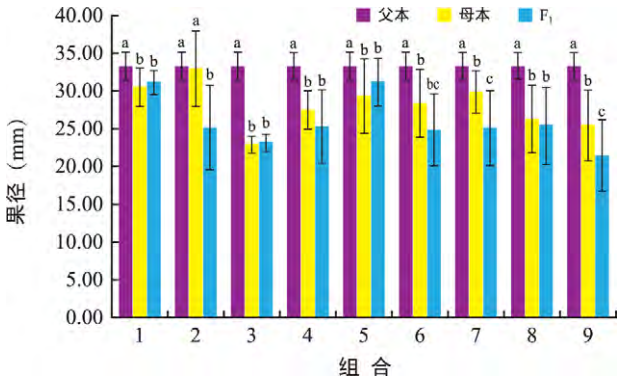


图 4　不同杂交组合对果径的影响

Fig.4　Effect of different hybrid combinations on fruit diameter

表 4　不同组合间果实综合性状的隶属函数

Table 4　Membership functions of comprehensive fruit characters among different combinations

杂交组合	单果重	籽粒重	果高	果径	结果率	发芽率	平均得分	排名
组合 1	0.712 6	0.284 0	0.308 2	0.991 7	1.000 0	0.933 4	0.705 0	1
组合 2	1.000 0	0.745 6	1.000 0	0.379 8	0.197 8	0.639 6	0.660 4	3
组合 3	0.279 1	0.053 3	0.096 2	0.171 3	0.327 5	0.779 5	0.284 5	7
组合 4	0.591 1	0.514 8	0.751 6	0.388 0	0.548 3	0.542 8	0.556 1	4
组合 5	0.916 3	1.000 0	0.589 1	1.000 0	0.294 3	0.282 6	0.680 4	2
组合 6	0.637 1	0.260 4	0.439 5	0.338 5	0.398 5	0.282 6	0.392 8	6
组合 7	0.131 4	0.094 7	0.223 7	0.370 5	0.371 9	0.000 0	0.198 7	8
组合 8	0.381 0	0.461 5	0.312 1	0.405 6	0.037 8	1.000 0	0.433 0	5
组合 9	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.245 4	0.040 9	9

2.3 不同组合间杂交果实性状对比

采用隶属函数对 9 个杂交组合进行综合评价，由表 4 可以看出，综合排名前五的组合为春闺×金牡丹、百岁香×金牡丹、英红 9 号×金牡丹、白芽奇兰×金牡丹、中茶 108×金牡丹。最差的组合为北斗×金牡丹，排名第 9；发芽率较好的组合为肉桂×金牡丹，排名第 7；单果重与母本相当的组合为鸿雁 12 号×金牡丹，排名第 6。

3 讨 论

3.1 杂交亲和性

不同组合间的结实率也是反映杂交组合亲和性的重要指标，杂交结实率可直接反馈杂交组合的亲和性。实验以金牡丹为父本，春闺为母本结实率最高(65.92%)，以北斗为母本的结实率最低(35.48%)，母本与父本间的亲和性排序依次为春闺、白芽奇兰、鸿雁 12 号、瑞香、肉桂、百岁香、英红 9 号、中茶 108、北斗。除北斗外，武夷茶种作母本亲和力优，与张曙光，李赛君[9]的研究结果一致；英红 9 号作母本结实率 41.50%，与董丽娟等关于云南亚种不宜作母本结论不一致，金牡丹与春闺、鸿雁 12 号、瑞香存在较近的亲缘关系，与张曙光，李赛君[9]的茶树亲缘关系近者其杂交亲和性差结论不一致，杂交亲和性受栽培水平、气候、花粉活力等影响，有待进一步开展实验探索验证。

3.2 杂交果实性状

果实外形由种子数量决定，在一定程度上反映了杂交亲和力，自然杂交所得的果形以多籽粒的果实居多，本试验人工杂交果实以肾形居多，北斗杂交试验结果与赵学仁，刘祖生[6]结实率低组合球形果多的结论一致。果实表皮颜色与母本自然杂交颜色一致。茶果、茶籽粒重、果高、果径等表型性状，数值与母本自然果实性状数据相近，与赵学仁，刘祖生[6]结论一致。根据父母本及 F_1 果实间的显著性比较，以籽粒饱满为主因素考量价值优的组合为百岁香×金牡丹、白芽奇兰×金牡丹、中茶108×金牡丹，利于后期种苗繁育。

4 结 论

各组合间的结实率、果实性状、发芽率等各有优劣，对 9 个组合采用隶属函数进行综合评价，筛选出结实率、发芽率、果实性状较好的组合为春闺×金牡丹、百岁香×金牡丹、英红 9 号×金牡丹、白芽奇兰×金牡丹、中茶 108×金牡丹。这 5 个杂交组合可作为金牡丹杂交驯化的优选组合，杂交后代能否成为优良品种仍需进一步测试。

参考文献：

[1]董丽娟，龚景文.茶树杂交授粉方法研究初报[J].茶叶通讯，1984(2)：28-32.
[2]董丽娟，贺利雄，王鹏辉.茶树杂交亲和性的研究[J].茶叶通讯，1988(3)：29-32.
[3]包云秀，黄玫，杨兴荣，等.云南省茶树杂交育种研究进展[J].现代农业科技，2012(19)：134-135.
[4]罗小梅，林国轩，韦柳花，等.广西(国家)优良茶树品种花粉生活力测定及种间杂交试验初报[J].广东农业科学，2015，42(17)：26-30.
[5]董丽娟.茶树杂交育种研究进展[J].茶叶科学，2001(1)：7-10.
[6]赵学仁，刘祖生.茶树杂交育种的研究——1.不同杂交组合结实率及茶果性状[J].茶叶，1981(3)：13-17.
[7]林开勤，刘声传，梁思慧，等.茶树花粉离体萌发条件优化及活力快速检测[J].种子，2018，37(12)：14-18.
[8]虞富莲，王云霞.茶树开花结实特性与有性杂交[J].中国茶叶，1983(4)：16-17.
[9]张曙光，李赛君.我所茶树种质资源利用研究成就和展望[J].茶叶通讯，2007，34(2)：22-24.
[10]李家贤，何玉媚.茶树人工杂交结实习性的试验探讨[J].广东茶业，1999(4)：18-22.
[11]罗小梅，韦柳花，林国轩，等.桂香 22 号等茶树良种杂交亲和力及杂交果实性状调查分析[J].西南农业学报，2016，29(12)：2800-2805.
[12]杨雨薇，王琳，卢俊，等.应用隶属函数法评价 10 个紫花苜蓿品种的耐热性[J].草原雨草坪，2021，41(4)：81-88.
[13]汤佳乐，卜范文，张平，等.7 种猕猴桃种质耐热性综合评价[J].湖南农业科学，2018(12)：21-25.
[14]白晨曦.不同品种大白菜耐热性鉴定[D].泰安：山东农业大学，2019.
[15]陈志辉，游小妹，林郑和，等.乌龙茶品种金牡丹杂交后代早期单株鉴定及 SSR 分子标记筛选[J].福建农业学报，2017，32(4)：370-375.

《种子》——给您收获的希望！