

高产高油抗根肿病油菜品种川油 101 的选育

张 卡¹ 崔 成¹ 柴 靓¹ 郑本川¹ 蒋 俊¹ 敬树忠²
刘然金² 张锦芳¹ 蒋梁材¹ 李浩杰¹

(¹ 四川省农业科学院作物研究所(四川省种质资源中心)/粮油作物种质创新与遗传改良四川省重点实验室,成都 610066;

² 成都大美种业有限责任公司,四川成都 610066)

摘要:选育抗根肿病、高产高油油菜新品种对于破解根肿病蔓延危害,保障食用油供给安全具有重要意义。川油 101 是四川省农业科学院作物研究所(四川省种质资源中心)利用抗根肿病不育系 JAH5R 作母本,高含油量、高配合力恢复系 JR11 作父本配制而成的双低抗根肿病质三系杂交油菜新品种,于 2022 年 12 月通过国家非主要农作物品种登记,登记编号:GPD 油菜(2022)510398。该品种适宜在四川、贵州、陕西、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江冬油菜产区秋播种植,具有抗根肿病、丰产性好、含油量高、品质优、适应性广等突出特点。总结了川油 101 的选育过程、特征特性、产量表现及高产栽培技术要点等,以期为进一步促进该品种的推广应用提供参考。

关键词:抗根肿病;油菜;川油 101;选育

Breeding of a High Yield, High Oil Content, and Resistance to Root Rot Disease Rapeseed Variety Chuanyou 101

ZHANG Ka¹, CUI Cheng¹, CHAI Liang¹, ZHENG Benchuan¹, JIANG Jun¹,
JING Shuzhong², LIU Ranjin², ZHANG Jinfang¹, JIANG Liangcai¹, LI Haojie¹
(¹Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences (Sichuan Germplasm Resources Center) /
Crop Germplasm Innovation and Genetic Improvement Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610066;
²Chengdu Damei Seed Industry Co., Ltd., Chengdu 610066)

油菜是我国第一大油料作物,年种植面积超过 700 万 hm^2 ,菜籽油占国产植物食用油的 50% 以上,油菜在保障国家“油瓶子”安全方面发挥着重要作用^[1]。由根肿菌感染引起的根肿病是目前油菜产业上最受关注的病害之一,根肿病导致油菜减产 20%~30%^[2]。近年来,油菜根肿病在我国传播非常迅速,发病面积从 2016 年的 50 多万 hm^2 增加到 2023 年的超 133 万 hm^2 ,严重威胁到我国油菜产业的可持续发展^[3]。四川省油菜籽产量及消费量常年

位居全国第一^[4],同时四川也是全国最大的油菜根肿病区,因此,四川油菜产业发展迫切需要选育适合本地生态环境的抗根肿病、高产优质品种。对十字花科物种白菜、甘蓝、芜菁等进行根肿病抗性筛选,发掘了一批抗病材料。华中农业大学以抗病材料芜菁 ECD04 为父本与甘蓝型油菜常规品种华双 5 号进行杂交,再与华双 5 号连续回交,并利用 ECD04 中抗病位点 *PbBa8.1* 分子标记进行目标单株筛选,育成了国内第一个抗根肿病油菜品种华双 5R^[5]。此外,用含有 *CRb* 抗根肿病位点的大白菜材料 CR shinki 为供体亲本,以丙 409 (甘蓝型杂交油菜华油杂 62 的父本)为受体亲本,通过杂交、回交,结合抗病位点 *CRb* 分子标记辅助选择育成了抗根肿病新

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD1600501);国家油菜产业技术体系(CARS-12);四川省“十四五”生物育种重大科技专项(2022ZDZX0015)

通信作者:李浩杰

恢复系丙 409R, 并成功选育了我国首个抗根肿病杂交油菜品种华油杂 62R^[6]。在此基础上, 通过利用华双 5R 和华油杂 62R 中的抗病位点及开发的分子标记, 带动了全国大部分育种单位育成抗根肿病油菜新品种^[3]。根肿菌有多个生理小种, 目前 4 号生理小种是我国的优势小种, 华双 5R 和华油杂 62R 中 *PbBa8.1*、*CRb* 位点均对 4 号生理小种具有优势抗性^[7]。

1 亲本来源及品种选育过程

1.1 不育系 JAH5R 的选育 2015 年从华中农业大学引进抗根肿病材料华双 5R, 连续自交过程中针对其生育期、生态适应性连续选优系, 2017 年春在成都以自育的低芥酸、低硫苷细胞质雄性不育材料 JA9 为母本, 华双 5R 改系为轮回亲本进行回交, 同年在马尔康进行夏繁加代, 经连续 5 代回交, 每个世代利用分子标记选择携带抗根肿病位点 (*PbBa8.1*) 的目标单株, 品质、抗倒性、抗病性等性状优中选优育成高配合力不育系 JAH5R。该不育系雄蕊完全退化, 不育性稳定、彻底; 在四川寡日照条件下成株期株高 181.0cm, 单株有效角果数 352.7 个, 籽粒千粒重 3.57g, 芥酸含量 1.24%, 硫苷含量 27.17 μ mol/g (饼)。

1.2 恢复系 JR11 的选育 2005 年春利用含恢复基因的自育材料 6723 与低芥酸、低硫苷、高含油量自交系 ZS09 选系进行杂交, 选择农艺性状表现优异的 F₁ 植株去雄, 用高含油量、长角果材料中双 11 优选系进行杂交并回交 4 代, 再自交 12 代育成恢复系 JR11。在选育过程中, 每一代在苗期进行恢复基因分子标记检测, 拔除不含恢复基因的单株, 在成株期对目标株系进行抗病性、抗倒性等选择, 留优株收获种子, 对每一份种子利用近红外仪进行品质测定, 挑选低芥酸、低硫苷、高含油量优异株系进入下一个改良世代。该恢复系花瓣大、花粉量充足、恢复力强、配合力高, 与 13 个不育系组配的杂交种雄蕊发育正常、花药发达、花粉量大、恢复度 100%, 13 个杂交种平均较对照增产 20.66%。

1.3 川油 101 的选育 2018 年夏繁利用 JAH5R 和 JR11 进行小规模制种, 同年同步参加四川省农业科学院作物研究所在新都区试验基地组织的品种比较试验及绵阳市安州区根肿病病区展示示范, 综合农艺性状表现优异、增产幅度高, 特别是在示范区田间抗根肿病效果突出。2019 年春季利用网室进行规模制种, 连续参加 2019–2020 年度、2020–2021 年度四川省“天府油菜”新品种比较试验, 表现出丰产性好、抗倒性强、抗病性好的特点。2019–2021 年连续 2 年度进行了 DUS 测试, 同步在四川省农业科学院植物保护研究所进行根肿病、菌核病、病毒病抗性鉴定。2019 年经农业农村部食品质量监督检验测试中心 (成都) 检测, 不含转基因成分。2021 年在农业农村部油料及制品质量监督检验测试中心进行芥酸、硫苷、含油量测定。2022 年通过国家非主要农作物品种登记, 登记编号: GPD 油菜 (2022) 510398。

2 品种特征特性

2.1 农艺性状 川油 101 为冬性甘蓝型胞质不育三系杂交种, 生育期 208.1d, 与对照德油 6 号相当。苗期半直立生长, 叶片呈中等绿色, 有裂片, 裂片数量 3.7 片; 主茎蜡粉少、花青甙显色弱; 开花期中等, 花瓣中等黄色; 匀生分枝, 角果姿态平伸, 籽粒黑褐色。2019–2021 年连续 2 个年度对川油 101 的农艺性状进行了考察 (表 1), 其成株期株高 205.0cm, 分枝部位高 86.5cm, 有效分枝数 8.0 个, 单株角果数 422.4 个, 每角粒数 16.6 粒, 千粒重 4.01g, 单株产量 25.85g。

2.2 品质分析 2021 年经农业农村部油料及制品质量监督检验测试中心检测, 川油 101 芥酸含量 0.0382%, 硫苷含量 27.72 μ mol/g (饼), 达到国家双低油菜标准; 同时, 经测定, 川油 101 的含油量高达 50.39%, 目前我国油菜籽含油量平均值为 44.00%^[8]。在四川省农业科学院农产品加工研究所 (四川省农业科学院食物与营养健康研究所) 对川油 101 油菜籽所压榨的原油中总酚和植物甾醇进行测定, 经检

表 1 川油 101 主要农艺性状表现

年度	全生育期 (d)	株高 (cm)	分枝部位高 (cm)	有效分枝数	单株角果数	每角粒数 (粒)	千粒重 (g)	单株产量 (g)
2019–2020	212.0	214.7	98.3	9.2	451.2	15.7	4.05	28.40
2020–2021	204.2	195.2	74.7	6.8	393.6	17.4	3.97	23.29
平均	208.1	205.0	86.5	8.0	422.4	16.6	4.01	25.85

测,川油 101 每 kg 油中含总酚 2451.94mg、植物甾醇 7674.97mg,在同批测试的 35 个样品中,川油 101 这两项指标含量均处于前列;多酚和植物甾醇具有抗氧化、抗炎等功效,在预防心脑血管疾病方面发挥一定作用。

2.3 抗病性鉴定 2019–2021 年连续 2 个年度委托四川省农业科学院植物保护研究所对川油 101 的抗病性进行了鉴定。以德油 6 号为对照,按照 NY/T 3068—2016《油菜品种菌核病抗性鉴定技术规程》、DB51/T 1035—2010《油菜抗菌核病性田间鉴定技术规程》及 DB51/T 1036—2010《油菜抗病毒病性田间鉴定技术规程》进行方案实施、病害调查和结果分析。接种鉴定结果表明(表 2),2019–2020 年度川油 101 菌核病发病率 36.25%、病情指数 25.42,相比于对照表现出低抗菌核病,根肿病发病率 10.32%、相对病情指数 8.22,相比于对照表现为中抗根肿病,病毒病发病率 2.29%、病情指数 0.83,相比于对照表现为高抗病毒病;2020–2021 年度川油 101 菌核病发病率 59.71%、病情指数 39.30,相比于对照表现出低抗菌核病,根肿病发病率 12.46%、相

对病情指数 9.43,相比于对照表现为中抗根肿病,病毒病发病率 5.23%、病情指数 2.61,相比于对照表现为抗病毒病。

3 产量表现

川油 101 参加 2019–2020 年度四川省“天府油菜”新品种比较试验,在四川省设置 9 个试验点,覆盖全省油菜主产区,9 个试点中 8 点增产,每 hm^2 平均产量 2995.94kg,比对照德油 6 号增产 7.50%;2020–2021 年度续试,9 个试点中 7 点增产,平均产量 2692.83kg,比对照德油 6 号增产 4.73%(表 3)。川油 101 表现出了较好的丰产性、稳产性。

2020–2022 年度在重庆、陕西、贵州、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江等冬油菜区进行川油 101 的扩区生产试验,其中长江上游区的重庆市、陕西省、贵州省各设置 3 个试验点,长江中游区的湖北省、湖南省、江西省各设置 5 个试验点,长江下游区的安徽省、江苏省、浙江省分别设置 4 个、3 个、3 个试验点(表 4)。2020–2021 年度在长江上游区的 9 个试验点全部增产,每 hm^2 平均产量 2988.57kg,比对照蓉油 18 增产 8.56%,增产幅度 0.91%~20.67%;

表 2 川油 101 抗病性鉴定结果

年度	品种	菌核病				根肿病			病毒病			
		发病率 (%)	病情指数	抗性指数	抗性等级	发病率 (%)	相对病情指数	抗性等级	发病率 (%)	病情指数	抗性指数	抗性等级
2019–2020	川油 101	36.25	25.42	-0.15	低抗	10.32	8.22	中抗	2.29	0.83	-2.23	高抗
	德油 6 号(CK)	39.17	28.19	/	/	45.00	50.00	/	9.25	7.27	/	/
2020–2021	川油 101	59.71	39.30	-0.31	低抗	12.46	9.43	中抗	5.23	2.61	0	抗
	德油 6 号(CK)	73.06	47.05	/	/	53.33	50.00	/	5.24	2.62	/	/

表 3 四川省“天府油菜”新品种比较试验川油 101 产量表现

(kg/hm^2)

试点	2019–2020 年度			2020–2021 年度		
	川油 101	德油 6 号(CK)	较 CK \pm (%)	川油 101	德油 6 号(CK)	较 CK \pm (%)
新都	3201.67	2696.67	18.73	3231.67	2971.50	8.76
崇州	2815.83	2579.33	9.17	2622.00	2527.83	3.73
简阳	2785.00	2620.83	6.26	2606.67	2340.00	11.40
德阳	3413.33	3372.00	1.23	3131.00	3225.83	-2.94
绵阳	2578.33	2583.33	-0.19	2325.00	2358.33	-1.41
达州	2800.00	2729.04	2.60	2586.67	2361.67	9.53
南充	3442.00	2734.67	25.87	2903.17	2719.83	6.74
乐山	3093.33	2946.67	4.98	2691.67	2680.00	0.44
宜宾	2834.00	2818.67	0.54	2137.67	1955.67	9.31
平均	2995.94	2786.80	7.50	2692.83	2571.19	4.73

表4 川油101扩区生产试验产量表现

(kg/hm²)

区域	省市	试点	2020-2021 年度			2021-2022 年度			
			川油 101	CK	较 CK±（%）	川油 101	CK	较 CK±（%）	
长江上游	重庆	北碚	3128.17	3100.00	0.91	3048.33	2975.00	2.46	
		江津	2883.83	2810.50	2.61	2843.50	2721.50	4.48	
		南川	2829.50	2765.50	2.31	2852.67	2718.83	4.92	
	陕西	安康	2848.67	2687.00	6.02	2855.17	2734.67	4.41	
		西乡	3134.00	3016.67	3.89	3089.17	2832.67	9.06	
		勉县	3204.50	2706.50	18.40	2919.00	2721.17	7.27	
	贵州	贵阳	3294.17	2729.83	20.67	3059.17	2729.17	12.09	
		铜仁	3031.00	2575.50	17.69	2950.00	2649.17	11.36	
		遵义	2543.33	2385.67	6.61	3209.33	3001.50	6.92	
		平均	2988.57	2753.02	8.56	2980.70	2787.07	6.95	
长江中游	湖北	恩施	2827.83	2513.50	12.51	2582.67	2433.33	6.14	
		黄冈	2943.33	2545.50	15.63	2584.50	2366.67	9.20	
		荆州	2617.17	2403.67	8.88	2611.83	2580.67	1.21	
		武汉	2954.67	2732.50	8.13	2760.33	2801.67	-1.48	
		宜昌	3003.50	2802.33	7.18	2909.83	2664.67	9.20	
	湖南	常德	2607.50	2160.83	20.67	2638.50	2452.50	7.58	
		怀化	2835.33	2637.83	7.49	2981.50	2655.67	12.27	
		湘西	2543.17	2489.50	2.16	2765.67	2424.00	14.10	
		岳阳	2626.50	2563.67	2.45	2878.83	2495.67	15.35	
		长沙	2847.17	2526.33	12.70	2730.33	2579.33	5.85	
	江西	抚州	3077.50	2667.00	15.39	3015.67	2928.33	2.98	
		高安	2996.17	2708.83	10.61	3011.67	2931.17	2.75	
		九江	3002.50	2738.67	9.63	2812.50	2628.33	7.01	
		南昌	2690.00	2556.00	5.24	2720.67	2506.33	8.55	
		宜春	3354.00	2948.33	13.76	3062.00	2808.17	9.04	
	平均	2861.76	2599.63	10.08	2804.43	2617.10	7.16		
	长江下游	安徽	巢湖	2903.33	2742.83	5.85	3139.17	2860.00	9.76
			六安	3264.00	3183.50	2.53	3060.00	2870.33	6.61
			全椒	3131.67	3254.50	-3.77	2953.00	3076.33	-4.01
			铜陵	2851.00	2702.50	5.49	3352.50	3054.17	9.77
江苏		南京	2965.83	2702.50	9.74	3300.83	2902.00	13.74	
		南通	2839.33	2641.00	7.51	3145.00	2721.50	15.56	
		扬州	2908.67	2598.17	11.95	3202.33	2924.83	9.49	
浙江		杭州	3482.17	3285.83	5.98	3562.17	3404.33	4.64	
		湖州	3380.50	3123.33	8.23	3164.00	3020.00	4.77	
		嘉兴	3133.33	2934.67	6.77	3213.83	3136.83	2.45	
平均	3085.98	2916.88	5.80	3209.28	2997.03	7.08			

CK:对照;长江上游对照品种:蓉油18;长江中游对照品种:华油杂12;长江下游对照品种:泮油737

2021–2022 年度在该 9 个试验点全部增产,平均产量 2980.70kg,比对照蓉油 18 增产 6.95%,增产幅度 2.46%~12.09%。2020–2021 年在长江中游区的 15 个试验点全部增产,每 hm^2 平均产量 2861.76kg,比对照华油杂 12 增产 10.08%,增产幅度 2.16%~20.67%;2021–2022 年度 15 个试验点 14 点增产,平均产量 2804.43kg,比对照华油杂 12 增产 7.16%,增产幅度 1.21%~15.35%。2020–2021 年度在长江下游区的 10 个试验点 9 点增产,每 hm^2 平均产量 3085.98kg,比对照沔油 737 增产 5.80%,增产幅度 2.53%~11.95%;2021–2022 年度 10 个试验点 9 点增产,平均产量 3209.28kg,比对照沔油 737 增产 7.08%,增产幅度 2.45%~15.56%。

绵阳市安州区是油菜根肿病重病区,2022–2023 年度在该区对川油 101 进行大面积示范种植,苗期根肿病抗性表现良好,人工撒播条件下越冬期留苗密度能达到 36 万株/ hm^2 。2023 年 5 月对该示范田进行实收测产,3333.35 m^2 实收产量 1322.90kg,去除杂质、扣除含水量,折合产量为 3564.00kg/ hm^2 。2023–2024 年度在根肿病常发区德阳市广汉市连片种植 6 hm^2 的川油 101,实收产量 4284.00kg/ hm^2 ,创下当地油菜实收高产纪录。川油 101 连续入选 2024 年、2025 年四川省主导品种,其选育与推广为破解四川省油菜产业发展中根肿病蔓延快的难题提供了重要的品种支撑。

4 防病高产栽培要点

4.1 播前种子及土壤处理 播种前每 100g 种子用 500g/L 氰霜唑悬浮剂 10mL 或 500g/L 氟啶胺悬浮剂 6~10mL 拌种处理。对于病害常发区,油菜播前 3 周每 hm^2 施用石灰氮 300kg 或生石灰 1200kg,再进行旋耕,提高土壤 pH 值。也可施用含枯草芽孢杆菌的生物菌肥进行土壤处理。

4.2 加强田间管理 秋季播栽前对耕地深翻,深埋菌源,疏松下层土壤,扩大根系吸收养分和水分的范围。播种或移栽前注意开沟排水,低洼地块要深沟高畦栽培,提高田间土壤的通透性,增强排湿能力;发现病株应及时拔除并移出田外集中销毁,并用生石灰进行撒窝消毒,严防病菌蔓延危害。

4.3 科学施肥 施用充分腐熟的有机肥,可以改善土壤团粒结构,丰富土壤微生物群落,抑制病原菌;严禁使用来自根肿病病区的十字花科蔬菜残体沤制的农家肥。施足底肥,一般每 hm^2 施尿素 300kg、过磷酸钙 750kg、钾肥 225kg、硼肥 15kg 或氮磷钾复合肥(N、P、K 含量分别为 24%、6%、8%) 600~750kg、硼肥 15kg;底肥、苗期追肥、薹肥按 6:2:2 分阶段施用,后期少施氮肥、增施磷钾肥,以增强抗倒性。此外,可在花期补施硼肥和镁肥,每 hm^2 叶面喷施 0.1%~0.2% 的硼砂溶液 50~60kg、硫酸镁 3.0~4.5kg,提高油菜结实率。

4.4 分段收获 当全株 80% 角果呈现琵琶黄色时进行机械或人工割倒,留茬高度 50cm 左右;晾晒后熟 5~7d 当角果外壳变得干燥发脆,用手轻轻一捏就能裂开,并且籽粒坚硬、呈品种固有色泽时,即可进行机器捡拾脱粒或人工脱粒。脱粒后的油菜籽及时清选、晾晒,将水分降至 9% 以下,入库贮藏。

参考文献

- [1] 冯海棠,王汉中. 新形势下的我国食用植物油供给安全对策. 中国油料作物学报,2024,46(2):221–227
- [2] Chai A L, Xie X W, Shi Y X, Li B J. Research status of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) on cruciferous crops in China. Canadian Journal of Plant Pathology, 2014, 36: 142–153
- [3] 吴畅,史亚茹,周元委,熊秋芳,张椿雨,陈鹏,栗茂腾. 我国甘蓝型油菜抗根肿病品种培育现状、主要问题 and 对策. 中国油料作物学报,2025,47(3):513–525
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴. [2025–11–04]. <https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj>
- [5] 战宗祥,江莹芬,朱紫媛,张春沙,杨庆勇,李倩,侯照科,龚建芳,程雨贵,吴江生,傅廷栋,周永明,朴钟云,张椿雨. 与位点 *PbBa8.1* 紧密连锁分子标记的开发及甘蓝型油菜根肿病抗性育种. 中国油料作物学报,2015,37(6):766–771
- [6] 李倩, Nadil S, 周元委,侯照科,龚建芳,刘珏,尚政伟,张磊,战宗祥,常海滨,傅廷栋,朴钟云,张椿雨. 抗根肿病甘蓝型油菜新品种华油杂 62R 的选育. 作物学报,2020,47(2):210–223
- [7] 庾文琳,贺小芹,陈伟,罗佳杰,刘亚俊,刘应楠,史亚茹,杨露,向媛媛,杨庭芝,李根泽,陈鹏,张椿雨. 十字花科根肿病抗性种质资源初步筛选与鉴定. 中国油料作物学报,2023,45(6):1141–1149
- [8] 周薇,宋稀,杨进,余青青,代兵兵,周钰林,咎晓飞,邓武明. 高产高油油菜新品种南油 8663 的选育. 中国种业,2025(9):156–159

(收稿日期:2025-11-04)