

贾 薇,梁中午,张瑶瑶,等. 兼抗白粉病和灰霉病草莓品种的筛选及田间抗性评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(14):132-135.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.14.030

兼抗白粉病和灰霉病草莓品种的筛选及田间抗性评价

贾 薇¹, 梁中午¹, 张瑶瑶¹, 张亚倩¹, 甄文超^{2,3}, 齐永志¹
(1. 河北农业大学植物保护学院,河北保定 071001; 2. 河北农业大学农学院,河北保定 071001;
3. 河北省作物生长调控重点实验室,河北保定 071001)

摘要:白粉病和灰霉病严重影响草莓的产量和品质。通过室内叶盘、盆栽和田间小区试验,测定 18 个草莓品种对白粉病和灰霉病的抗性。结果表明,18 个草莓品种中分别有 4、6、6、2 个品种对白粉病表现高抗、中抗、中感和高感,代表品种分别为明宝、连童、美香莎、丰香;有 3、5、7、3 个品种对灰霉病表现高抗、中抗、中感和高感,代表品种分别为硕丰、章姬、巨星 1 号、美香莎。田间试验表明,硕丰、明宝、全明星兼抗白粉病、灰霉病,收获期白粉病、灰霉病病情指数均低于 11.0 而红颜两病病情指数均超过 30;兼抗品种全明星产量最高,为 36 187 kg/hm²,显著高于红颜、明宝。

关键词:草莓;白粉病;灰霉病;抗性评价
中图分类号: S436.68⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)14-0132-04

草莓(*Fragaria ananassa* Duch)属于蔷薇科草莓属,是我国重要的经济作物^[1]。草莓果实含有丰富的维生素、胡萝卜素、钙、铁等营养物质,有保护视力、助消化等保健功能,被誉为“水果皇后”^[2]。生产中,草莓易受多种病原菌侵染,尤以羽衣草单囊壳菌(*Sphaerotheca aphanis*)和灰葡萄孢菌(*Botrytis cinerea*)为重,2 种菌引发的白粉病、灰霉病能严重影响草莓的产量和品质^[3]。

目前,草莓白粉病和灰霉病的防治主要依靠化学药剂^[4-5]。但是,化学农药的长期使用易导致病原菌敏感性下降、防效降低、残留及环境污染加重等诸多现象发生^[6-7]。虽然众多学者研究表明,生物防治可以有效防治草莓灰霉病和白粉病,但该措施仍然存在见效慢和防效相对较低等不足^[8]。抗性品种的筛选和推广是防治草莓白粉病和灰霉病的重要措施之一。但是,我国草莓抗或兼抗白粉病和灰霉病的品种或种质资源匮乏,且关于草莓抗性品种筛选研究相对较少。因此,筛选抗性品种对草莓产业的可持续发展具有重要意义。本研究以 18 个不同草莓品种为材料,利用室内叶盘试验和盆栽试验和田间小区试验,通过人工接菌鉴定其对白粉病和灰霉病的抗性。旨在为兼抗灰霉病和白粉病草莓品种的推广应用提供理论依据,也可作为草莓抗性杂交育种亲本选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 草莓品种

供试草莓为长势一致,处于 3 叶 1 心的 18 个河北省优势

草莓品种,基本信息见表 1,均由河北农业大学植物病害生态学研究室保存。

表 1 18 个供试草莓品种基本信息		
草莓品种	亲本	来源
丰香	绯美子×春香	日本
连童	童子 1 号	中国
美香莎	格拉斯×CAL85218-605	荷兰
达娜	call4552×cal222	日本
章姬	久能早生×女峰	日本
吐德拉	派克×长乐	西班牙
戈雷拉	Juspa×Us3736	荷兰
巨星 1 号	—	中国
明旭	明晶×爱美	中国
红颜	MDUS×MDU4493	日本
明宝	春香×宝交早生	日本
硕丰	MDUS4485×MDUS4493	中国
栃乙女	久留米×栃峰	日本
达赛莱科特	派克×爱尔桑塔	法国
石莓 2 号	春香×海关早红	中国
津美	—	美国
全明星	MDUS4419×MDUS3185	美国
布兰登堡	—	德国

1.2 供试病原菌

草莓白粉病菌羽衣草单囊壳菌和灰霉病菌为灰葡萄孢菌,均于 2017 年 3 月在河北省保定市满城区于庄村温室大棚内采集草莓病果,在河北农业大学植物病害生态学研究室进行分离、纯化及鉴定。

1.3 试验方法

1.3.1 孢子悬浮液的制备

1.3.1.1 白粉病孢子悬浮液的制备 先将等接种草莓叶片用 75% 乙醇浸泡 60 s 后,用无菌水清洗 3 次;再将羽衣草单囊壳菌接种于草莓叶片背面,置于光照培养箱光照周期为光照 14 h/黑暗 10 h,相对湿度 60%~70%,温度 25℃ 内培养;等白粉菌快布满叶片后,用无菌毛笔将叶片表面白粉病菌孢子轻轻刷入盛有 100 mL 无菌水的三角瓶中,并在水中加入

收稿日期:2019-02-10
基金项目:国家自然科学基金(编号:3140064);河北农业大学师生协同创新项目(编号:SSXT201702);河北农业大学大学生创新创业训练计划(编号:2019261)。
作者简介:贾 薇(1993—),女,山东淄博人,硕士研究生,主要从事植物病生态学研究。E-mail:18833206551@163.com。
通信作者:齐永志,博士,讲师,硕士生导师,主要从事植物病害流行及综合防治研究。E-mail:qiyongzhi1981@163.com。

0.1%吐温-80;摇匀后用血球计数板将孢子悬浮液浓度调至 1.0×10^6 个/mL,备用。

1.3.1.2 灰霉菌孢子悬浮液的制备 将分离纯化的灰葡萄孢菌接种于含有马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基直径9 cm的培养皿中,在25℃恒温培养箱中倒置黑暗培养7~10 d至产孢;产孢后,将5 mL无菌水加入培养皿中,再用无菌玻璃耙轻轻刮取菌落表面孢子,形成孢子菌悬液;然后将菌悬液倒入盛有100 mL无菌水的三角瓶中,加入0.1%吐温-80;摇匀后再用血球计数板将孢子悬浮液孢子浓度调至 1.0×10^6 个/mL,备用。

1.3.2 不同草莓品种对白粉病和灰霉病抗性鉴定

1.3.2.1 植株喷雾法抗性鉴定 选取具有4叶1心的草莓植株,采用定时定压方法(60 s,0.1 MPa)将浓度为 1.0×10^6 个孢子/mL的羽衣草单囊壳菌孢子悬浮液和灰葡萄孢菌孢子悬浮液分别均匀喷雾接种于草莓叶片上^[9],每盆接种3 mL,对照喷等体积无菌水。每品种3次重复,每个重复接种5盆。在遮阳盒内保湿40 min后,于日光温室培养,培养条件为25℃、光照周期光照14 h/黑暗10 h、湿度70%、光照度8 000 lx。分别于接种后3、7、10、13 d调查白粉病、灰霉病发病情况,并按张亮的方法^[10]计算病情指数和综合病情指数。根据病斑面积占每张叶片面积的比例,分别将白粉病和灰霉病进行分级:0级(无病)、1级(1%~5%)、2级(6%~10%)、3级(11%~25%)、4级(26%~50%)、5级(50%以上)。

1.3.2.2 离体叶盘法抗性鉴定 选取6叶1心期、长势一致的草莓植株,选取自中心起第3~4张叶,用直径15 mm打孔器打取叶盘,并背面向上置于直径9 cm、铺有2层无菌湿润滤纸的培养皿中,每皿9个叶盘^[11];然后,将含有叶盘的培养皿置于定量喷雾塔的转台上,采用定时定压方法(10 s,0.1 MPa)分别将孢子浓度为 1.0×10^6 个/mL的羽衣草单囊壳菌孢子悬浮液和灰葡萄孢菌孢子悬浮液均匀喷雾接种于叶盘背面,0.1 mL/皿。每个品种重复3次,每个重复3皿,另设无菌水作对照。用保鲜膜密封培养皿后,置于光照培养箱内培养,培养条件同上。

1.3.2.3 田间小区抗性鉴定 草莓棚长45 m、宽12 m,面积为540 m²,棚外覆盖保温材料,棚内栽培条件均为常规管理。棚内耕层土壤于2017年8月10日用三氯硝基甲烷熏蒸处理,用量300 kg/hm²。熏地后晾晒7 d再起垄,垄高为30 cm,宽50 cm,垄间距70 cm。草莓苗双行定植,行距20 cm,株距15 cm,约180 000 棵/hm²。草莓选用经室内植株和叶盘喷雾法筛选出的兼抗白粉病、灰霉病品种硕丰、明宝、栃乙女及兼感白粉病、灰霉病品种红颜,每个品种设4次重复,每个重复种植5垄。分别在草莓定植期、现蕾期、始花期、盛花期、果实膨大期、果实收获期调查统计白粉病和灰霉病叶片发病情况。所有品种草莓每个重复均采用5点取样法进行取样调查,每点调查5株,计算病情指数。

1.3.3 不同草莓品种对白粉病和灰霉病抗性评价 根据相对抗病指数对草莓白粉病和灰霉病进行评价^[12],可将抗病程度分为免疫(1.00)、高抗(0.80~0.99)、中抗(0.50~0.79)、中感(0.20~0.49)、高感(0.20以下)5种类型。

病情指数 = $\sum(\text{病级级数} \times \text{发病叶数}) / (\text{最高病级数} \times \text{总叶数}) \times 100$;

综合病情指数 = (叶盘病情指数 + 植株病情指数)/2;

相对病情指数 = 供试草莓品种病情指数/供试草莓品种最高病情指数;

相对抗病指数 = 1 - 相对病情指数。

1.4 数据分析

所有数据采用 Excel 作图和 SPSS 17.0 版软件进行统计分析,并用 Duncan's 新复极差法比较处理间差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同草莓品种对白粉病和灰霉病的室内抗性差异

2.1.1 对白粉病的抗性 接菌后3、7、10 d,不同草莓品种白粉病、灰霉病均出现不同程度发病,但不同草莓品种间发病差异不显著,接菌13 d后,18个草莓品种发病程度差异明显。从表2可以看出,18个品种中明宝、吐德拉、全明星、达赛莱科特对白粉病表现高抗,综合病情指数分别为2.78、5.56、9.55和9.76,占试验品种数的22.2%;高感白粉病草莓品种仅有丰香、布兰登堡,病情指数高达54.76、45.25,丰香显著高于其他品种,高感品种占品种总数的11.1%。中抗白粉病品种、中感白粉病品种各有6个,分别占总数的33.3%。

2.1.2 对灰霉病的抗性 从表3可以看出,高抗灰霉病品种有3个,即硕丰、明宝和津美,硕丰病情指数显著低于其他品种,病情指数分别为1.18、9.22、10.20,高抗品种占试验总品种数的16.7%;高感灰霉病品种为布兰登堡、连童、美香莎、连童、美香莎综合病指均高达50以上。中抗灰霉病品种5个,占总数的27.8%;中感灰霉病品种7个,占总数的38.9%。18个品种中硕丰、明宝、章姬、全明星、明旭对草莓白粉病和灰霉病均表现出较强抗性。

2.2 不同草莓品种对白粉病和灰霉病的田间抗性差异

2.2.1 不同草莓品种白粉病和灰霉病田间发病情况 从图1、图2可以看出,与对照品种红颜相比,3个抗白粉病、灰霉病草莓品种硕丰、明宝、全明星病情指数均明显较低。定植期至现蕾期,不同草莓品种均未发病(仅红颜发病,但其白粉病、灰霉病病情指数均在1.0以下)。随着栽培时间的延长,不同草莓品种间白粉病、灰霉病病情指数均有不同程度提高。收获期,硕丰、明宝、全明星的白粉病和灰霉病病情指数均在11.0以下,而对照感病品种红颜白粉病和灰霉病病情指数分别高达33.65、29.73,明显高于抗病品种。

2.2.2 不同草莓品种产量差异 从表4可以看出,4个品种产量由高到低依次为全明星、硕丰、红颜、明宝;全明星的花蕾数、平均单果质量、最大果质量均相对较高,分别为18.5朵、17.2 g、36.3 g;对照品种红颜的花蕾数、单株果实数较少,分别为16.6朵和12.3个;硕丰的单株果实数较多,但与全明星差异不显著;其果实数是明宝的1.07倍。4个品种中全明星产量最高,为36 187 kg/hm²,显著高于红颜、明宝,但与硕丰差异不显著。

3 结论与讨论

筛选和推广抗性品种是综合防治草莓白粉病和灰霉病的重要措施之一。目前,河北省主栽草莓品种为红颜、全明星、达赛莱克特等,红颜草莓果大、色浓、味甜,但果实较软,对草莓白粉病和灰霉病抗性较差。甜查理、达赛莱克特质地较硬、

表 2 接菌 13 d 后不同草莓品种白粉病发病程度及抗性

草莓品种	病情指数		综合病情 指数	相对抗性 指数	综合抗性 评价
	叶盘	植株			
明宝	0g	5.56f	2.78f	0.95	HR
吐德拉	5.56fg	5.56f	5.56f	0.90	HR
全明星	7.56f	11.54e	9.55e	0.83	HR
达赛莱克特	9.35f	10.17e	9.76e	0.83	HR
连童	5.56fg	22.22cd	13.89d	0.75	MR
栃乙女	20.76de	12.58e	16.67d	0.71	MR
明旭	16.38e	22.52cd	19.45d	0.65	MR
章姬	22.36d	27.40c	24.88c	0.58	MR
硕丰	33.33b	16.67d	25.00c	0.56	MR
巨星 1 号	22.85d	32.71b	27.78c	0.51	MR
美香莎	28.88c	27.44c	28.16c	0.49	MS
津美	27.78c	33.33b	30.56c	0.46	MS
戈雷拉	26.01c	38.89b	32.48bc	0.42	MS
红颜	34.83b	36.17b	35.50b	0.37	MS
达娜	37.75b	37.75b	37.75b	0.33	MS
石莓 2 号	36.65b	44.51ab	40.58b	0.28	MS
布兰登堡	38.68b	51.82a	45.25ab	0.19	S
丰香	61.11a	48.41a	54.76a	0.03	S

注:HR 表示高抗;MR 表示中抗;MS 表示中感;S 表示高感;同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

表 3 接菌 13 d 后不同草莓品种灰霉病发病程度及抗性

草莓品种	病情指数		综合病情 指数	相对抗性 指数	综合抗性 评价
	叶盘	盆栽植株			
硕丰	2.36g	0.00g	1.18g	0.98	HR
明宝	5.56g	12.88f	9.22f	0.83	HR
津美	9.14g	11.26f	10.20f	0.80	HR
章姬	12.64f	10.35f	11.50f	0.79	MR
丰香	16.35ef	12.88f	14.62ef	0.74	MR
全明星	12.68f	18.78e	15.73ef	0.72	MR
明旭	18.96ef	21.59e	20.28e	0.63	MR
石莓 2 号	22.22e	25.46d	23.84e	0.57	MR
巨星 1 号	28.65d	28.65d	28.65d	0.49	MS
戈雷拉	24.88e	32.55cd	28.72d	0.48	MS
吐德拉	25.88e	38.62c	32.25c	0.42	MS
栃乙女	29.52d	36.69c	33.11c	0.40	MS
达娜	37.78c	29.83d	33.81c	0.39	MS
红颜	37.31c	35.42c	36.37c	0.34	MS
达赛莱克特	44.27b	42.46b	43.37b	0.22	MS
布兰登堡	45.97b	48.42a	47.20a	0.15	S
连童	50.12a	50.85a	50.49a	0.11	S
美香莎	52.35a	58.68a	55.52a	0.00	S

抗病性好、丰产,但口味不佳、商品价值低。本研究通过室内离体叶盘试验、盆栽植株试验及田间小区试验对 18 个草莓品种进行了抗性评价,筛选出高抗白粉病品种明宝、吐德拉、全明星和达赛莱克特,高抗灰霉病品种硕丰、明宝和津美,没有对白粉病和灰霉病均免疫的品种。灰霉病抗性评价中,津美和章姬综合病情指数差异不显著,但其相对抗性指数分别处于 2 个不同的抗性等级中,因此将津美作为高抗品种而章姬为中抗品种。硕丰、明宝、章姬、全明星和明旭均对草莓白粉病和灰霉病表现出较强的抗性。上述结论为草莓抗病品种的推广应用及抗性优质草莓品种亲本选择提供了理论依据。

我国草莓种质资源丰富,国内外也有关于草莓种质对白粉病、灰霉病的抗性研究。杨雷等对 32 份草莓种质资源进行

抗病性鉴定发现,在田间自然发病条件下,初步筛选出 17 份抗白粉病品种,其中,免疫品种 3 份,分别为拉松 9 号、甜查理和阿尔比^[13]。本研究发现,全明星虽然对草莓白粉病具有较强的抗性,但并非免疫,推测可能主要是由于供试羽衣草单囊壳菌的致病力差异所致。许博对江苏省镇江市句容地区不同品种草莓田间发病情况调查发现,法兰地、红颊草莓灰霉病发生较重,丰香白粉病发病较重^[14]。本研究证明,布兰登堡、丰香白粉病发病均较重,而连童、美香莎灰霉病发生均较重。

室内抗性鉴定是一种快速、准确筛选植物抗病品种的方法,该方法能方便模拟草莓培养温湿度、光照等外界条件。忻雅等将室内抗病性鉴定及田间抗病性鉴定结果进行相关性分析发现,2 种方法所测定得植株抗病性表现基本一致^[15-16]。

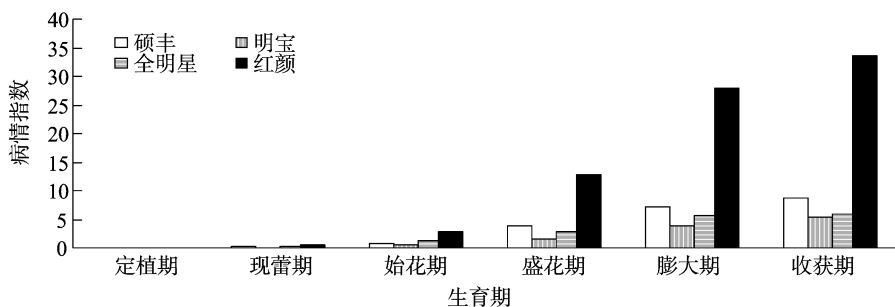


图1 不同草莓品种白粉病发病情况比较

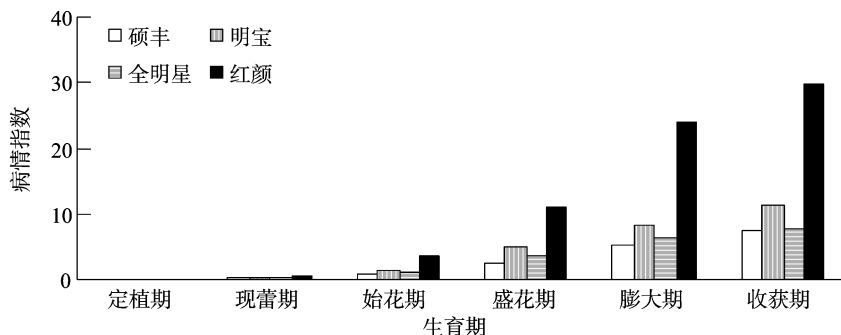


图2 不同草莓品种灰霉病发病情况比较

表 4 不同草莓品种产量及产量性状比较

草莓品种	花蕾数 (朵)	单株果实数 (个)	平均单果 质量(g)	最大果质量 (g)	估测产量 (kg/hm ²)
红颜	16.6b	12.3b	16.3ab	28.6b	34 215b
明宝	18.1a	12.8b	15.8b	34.1a	33 097c
全明星	18.5a	13.5a	17.2a	36.3a	36 187a
硕丰	17.4ab	13.7a	16.8ab	33.5a	35 340ab

张志宏等通过叶盘法对章姬、丰香等草莓品种进行白粉病室内抗性鉴定发现,室内鉴定结果与田间自然状态下表现无显著差异^[11]。朱丽梅等利用该方法鉴定了不同茄子品种对灰霉病的抗性,并筛选出 4 个高抗品种^[17];黄宁等通过对 44 份苜蓿种质资源接种匍柄霉菌菌 (*Stemphyllium botryosum* Wallr.) 发现,室内抗性鉴定结果与田间也一致^[18]。本研究利用室内离体叶盘、盆栽及田间小区试验鉴定了不同草莓品种对白粉病和灰霉病的抗性,结果表明,叶盘和盆栽试验鉴定的对白粉病、灰霉病均表现较强抗性的硕丰、明宝和栃乙女在田间也具有较强抗性。

参考文献:

[1] 赵密珍,余桂红,钱亚明,等. 草莓品种灰霉病抗性田间鉴定[J]. 植物遗传资源科学,2002,3(4):36-38.

[2] 肖长坤,高 苇,夏 冰,等. 设施栽培草莓灰霉病发生规律及其综合防治[J]. 中国植保导刊,2012,32(9):24-26.

[3] 杨 爽,李海鹏,张 瑞,等. 草莓的解剖结构与其对白粉病抗性的研究[J]. 北方园艺,2014(18):136-138.

[4] 肖 婷,许 媛,陈宏州,等. 江苏丘陵地区草莓灰霉病菌 (*Botrytis cinerea*) 对 QoIs 类杀菌剂的抗药性研究[J]. 果树学报,2017,34(5):603-610.

[5] Nelson M D, Gubler W D, Shaw D V. Inheritance of powdery mildew resistance in greenhouse - grown versus field - grown California strawberry progenies[J]. Phytopathology, 1995, 85(4):421-424.

[6] 武 哲. 武夷菌素对草莓白粉病和番茄灰霉病的控病效果及机理[D]. 北京:中国农业科学院,2013.

[7] Sylla J, Alsanian B W, Krueger E, et al. *In vitro* compatibility of microbial agents for simultaneous application to control strawberry powdery mildew (*Podosphaera aphanis*) [J]. Crop Protection, 2013, 51(3):40-47.

[8] 刘永春,张红玲. 腈苯唑与氟啶胺混剂防治草莓白粉病和灰霉病[J]. 农药,2017,56(5):374-376.

[9] 陈年来,胡 敏,代春艳,等. 诱抗处理对甜瓜叶片酚类物质代谢的影响[J]. 园艺学报,2010,37(11):1759-1766.

[10] 张 亮. 甜瓜果斑病抗性鉴定及抗性相关形态和生理研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.

[11] 张志宏,刘 艳,高秀岩,等. 草莓抗白粉病的离体鉴定及农药的筛选[J]. 园艺学报,2004,31(4):505-507.

[12] 李维强,黄显明,杨开烈. 两种啞菌酯与戊唑醇复配制剂防治草莓白粉病效果比较[J]. 中国植保导刊,2015,35(4):69-70,81.

[13] 杨 雷,李 莉,杨 莉,等. 不同草莓种质对白粉病的田间抗性鉴定[C]//第七届中国草莓大会暨第 8 届中国草莓文化节论文集. 北京,2015.

[14] 许 博. 句容不同品种草莓病害调查及草莓主要病害药剂防治试验[D]. 南京:南京农业大学,2010.

[15] 忻 雅,马华升,阮松林,等. 草莓炭疽病抗性室内快速鉴定方法研究及应用[J]. 果树学报,2013,30(6):1072-1076.

[16] Twizeyimana M, Ojiambo P S, Ikotun T, et al. Comparison of field, greenhouse, and detached - leaf evaluations of soybean variety for resistance to *Phakopsora pachyrhizi* [J]. Plant Disease, 2007, 91(1):1161-1169.

[17] 朱丽梅,崔群香,曹嘉懿,等. 不同茄子品种对灰霉病的室内抗病性鉴定[J]. 北方园艺,2012(22):135-137.

[18] 黄 宁,孙鑫博,齐 晓,等. 苜蓿抗匍柄霉叶斑病评价及抗性评价标准品种筛选[J]. 中国草地学报,2015,37(4):42-47,65.