

曾少敏, 吕科良, 黄保平, 等. 梨树叶片结构与抗斑点炭疽病的关系[J]. 江苏农业学报, 2025, 41(9): 1714-1720.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2025.09.006

梨树叶片结构与抗斑点炭疽病的关系

曾少敏^{1,2}, 吕科良^{1,2}, 黄保平³, 姜翠翠^{1,2}

(1.福建省农业科学院果树研究所, 福建 福州 350013; 2.福建省落叶果树工程技术研究中心, 福建 福州 350013; 3.建宁县经济作物技术推广站, 福建 建宁 354500)

摘要: 为探明梨树对斑点炭疽病的抗性与叶片结构的关系, 本研究以9个梨品种为材料, 通过2021–2022年连续2年的田间抗性鉴定, 确定不同梨品种对斑点炭疽病的抗性水平, 室内观察并测定各品种叶片气孔密度、蜡质含量、比叶重及叶片细胞组织结构特征, 并通过相关性分析叶片结构与抗斑点炭疽病之间的关系。结果表明, 不同梨品种对梨斑点炭疽病抗性不同, 翠冠、新玉和长汀砵砵梨为高感品种, 新翠和翠玉为感病品种, 而浙梨6号、云霄鸟梨、连城八月白和武平梗米梨为高抗品种。不同梨品种叶片气孔密度、蜡质含量、比叶重, 以及叶片厚度、上表皮厚度、下表皮厚度、海绵组织厚度和结构紧密度存在差异, 但与病情指数之间没有显著相关性, 而叶片组织结构中栅栏组织厚度和结构疏松度分别与病情指数呈显著负相关和显著正相关。不同梨品种对斑点炭疽病的抗性存在差异, 梨叶片栅栏组织厚度和结构疏松度可作为梨斑点炭疽病抗性鉴定的主要参考指标。

关键词: 梨; 斑点炭疽病; 叶片结构; 栅栏组织厚度; 结构疏松度; 抗性

中图分类号: S661.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2025)09-1714-07

The relationship between leaf structure and resistance to black spot anthracnose in pear

ZENG Shaomin^{1,2}, LYU Keliang^{1,2}, HUANG Baoping³, JIANG Cuicui^{1,2}

(1. Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; 2. Research Centre for Engineering Technology of Fujian Deciduous Fruits, Fuzhou 350013, China; 3. Jianning County Economic Crop Technology Extension Station, Jianning 354500, China)

Abstract: To explore the relationship between the resistance of pear trees to black spot anthracnose and leaf structure, nine pear cultivars were used as materials in this study. Through field resistance identification for two consecutive years from 2021 to 2022, the resistance levels of different pear cultivars to black spot anthracnose were determined. The stomatal density, wax content, leaf weight ratio and leaf cell tissue structure characteristics of each cultivar were observed and determined in the laboratory, and the relationship between leaf structure and resistance to pear black spot anthracnose was analyzed by correlation. The results showed that different pear cultivars had different resistance to pear black spot anthracnose. Cuiguan, Xinyu and Changtingchengtuoli were highly susceptible cultivars, Xincui and Cuiyu were susceptible cultivars, and Zheli 6, Yunxiaoniaoli, Lianchengbayuebai and Wupingjingmili were highly resistant cultivars. There were differences in stomatal density, wax content and leaf weight ratio, as well as leaf thickness, upper/lower epidermis thickness, spongy tissue thickness and tissue compactness among different pear cultivars, but there was no significant correlation with disease index. The palisade tissue thickness and tissue porosity in leaf tissue

收稿日期: 2025-06-17

基金项目: 农业高质量发展超越“5511”协同创新工程项目(XTCXG-C2021006); 国家梨产业技术体系福州综合试验站项目(CARS-28-35); 中央引导地方科技发展基金项目(2023L-3025)

作者简介: 曾少敏(1987-), 男, 湖北天门人, 硕士, 助理研究员, 主要从事果树育种与栽培技术研究。(E-mail) zengshaomin1@163.com

通讯作者: 姜翠翠, (E-mail) cuiliao2046@163.com

structure were significantly negatively correlated and significantly positively correlated with disease index. Different pear cultivars had different resistance to black spot anthracnose, and the palisade tissue thickness and tissue porosity of pear leaves could be used as the main reference indexes for resistance identification of pear black spot anthracnose.

Key words: pear; black spot anthracnose; leaf structure; palisade tissue thickness; tissue porosity; resistance

近年来,由于气候异常、病虫为害、管理失当等原因,南方梨产区梨发生早期落叶、返青、返花现象,直接影响次年产量和品质^[1-3]。福建梨产区梨生长期高温多湿,早期落叶发生尤为严重,其中斑点炭疽病是导致早期落叶的主要诱因^[4-5],因而开展不同梨品种对斑点炭疽病的抗性研究具有重要意义。

寄主植物的抗病性可分为预先形成和侵染诱发2种^[6]。植物在长期适应特定环境时,会形成稳定的形态特征和组织结构,并不会随环境的短暂改变而发生较大变化。研究表明,植物的表皮毛、蜡质和气孔等组织结构是抵御病原物入侵的最外层防线,而叶片表皮层、栅栏组织、海绵组织等形态结构与植物抗病、抗旱、抗寒紧密相关,是重要的抗逆性评价指标^[7-10]。植物抗病性与气孔数目、蜡质层厚度、细胞排列紧密程度等叶片形态结构密切相关^[11]。蜡质与抗病性的关系在番茄^[12]、大豆^[13]、水稻^[14]、猕猴桃^[15]、苹果^[16]等多种作物上均有报道;关于气孔与植株抗病性的关系的研究也很多^[17-19];叶片的组织结构如栅栏组织、海绵组织的厚度以及排列的整齐度与植株的抗病性具有相关性^[20-22]。目前,有关引起梨早期落叶的斑点炭疽病的研究多集中在病原菌的分离、鉴定^[23],病害发生规律^[5]及防治药剂的筛选^[24],而关于斑点炭疽病与叶片形态结构的相关性研究尚属空白。

本研究拟以福建地方梨品种和生产主栽品种为试验材料,对其叶片结构指标进行系统地比较研究,分析叶片结构与对斑点炭疽病的抗性的关系。以期通过研究叶片相关结构,筛选出针对斑点炭疽病的抗病性的重要形态指标,从形态上直观评价各品种资源的抗病性,为选育优良抗病品种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验材料采自福建省农业科学院果树研究所梨种质资源圃(位于福建省三明市建宁县溪口镇柘头村),9个供试品种分别为武平粳米梨、连城八月白、长汀秤砣梨、云霄鸟梨、翠玉、新玉、新翠、浙梨6号

和翠冠。每个品种选择3株树,树龄8~9年,露地栽培,田间管理条件一致。

1.2 田间抗性鉴定

2021-2022年,连续2年于8月下旬斑点炭疽病发病高峰期取样,每个品种选择3株树;每株取东南西北4个方向枝条下部的20张成熟叶片,共60张。根据每张叶上病斑个数分级,记录各级病叶数,并计算病情指数,确定抗性级别。

梨斑点炭疽病病情分级标准参照黄新忠等^[4]的标准分为6级:0级(无病斑)、1级(1~20个病斑)、2级(21~40个病斑)、3级(41~60个病斑)、4级(61~80个病斑)、5级(80个以上病斑)。

病情指数 = $\sum(\text{各级病叶数} \times \text{病级值}) / (\text{调查总叶数} \times 5) \times 100$

梨斑点炭疽病的抗性级别分为:1级,高抗(HR),病情指数<10.0;3级,抗病(R),10.0≤病情指数<25.0;5级,中抗(MR),25.0≤病情指数<40.0;7级,感病(S),40.0≤病情指数<65.0;9级,高感(HS),病情指数≥65.0。

1.3 叶片解剖结构观察

2022年7月下旬,采集各品种树体中部成熟叶片用于试验。取主脉中段与其叶缘中间5mm×7mm组织,采用福尔马林-乙酸-乙醇混合液(FAA)固定液固定后制作石蜡切片,用于显微结构观察及叶片、上表皮、下表皮、栅栏组织和海绵组织厚度测量。叶片结构紧密度和疏松度参考简令成等^[25]的方法计算。

结构紧密度 = 栅栏组织厚度 / 叶片厚度 × 100%

结构疏松度 = 海绵组织厚度 / 叶片厚度 × 100%

1.4 气孔密度观察

参照冯丽贞等^[17]的方法计算气孔密度,以1个视野为检测单位,每个品种检测50个视野。

1.5 蜡质含量

蜡质含量测定参照田丽波等^[20]的方法进行,以单位鲜叶重计算蜡质含量(mg/g),每个品种10次重复,取平均值。

1.6 比叶重

参照曹素芳等^[26]的方法计算单位面积干叶重

量(mg/cm^2),每个品种 50 次重复,取平均值。

1.7 数据统计与分析

试验数据采用 Excel2016 整理,并使用 SPSS24.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同梨品种的抗性表现

如表 1 所示,供试梨品种中翠冠、新玉和长汀砣梨的病情指数在 80 以上,发病最重的是翠冠和新玉,病情指数为 90,表现为高感;其次为新翠和翠玉,病情指数分别为 63 和 55,表现为感病;武平梗米梨、连城八月白、云霄鸟梨和浙梨 6 号病情指数 < 10,其中武平梗米梨、连城八月白和云霄鸟梨病情指数为 0,表现为高抗。品种之间抗病性差异明显。

2.2 不同梨品种叶片气孔密度、比叶重及蜡质含量比较

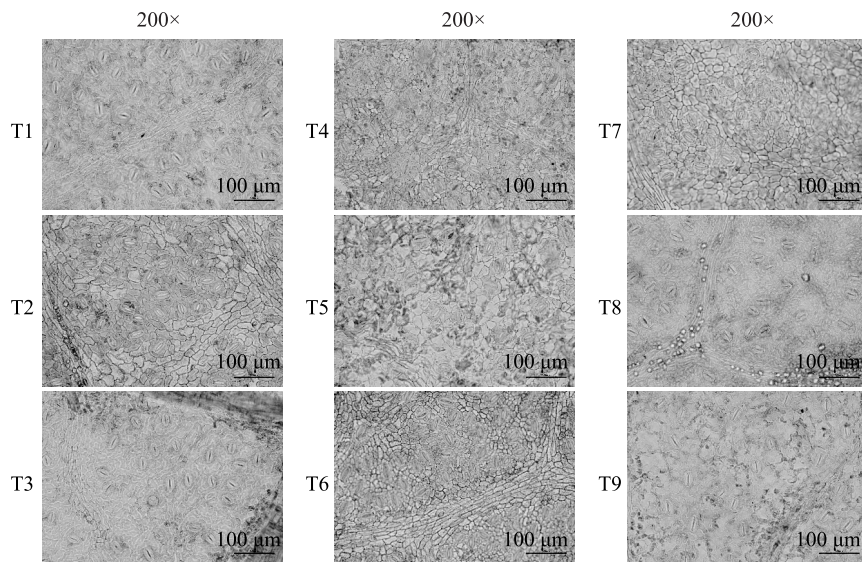
观察发现,供试梨品种叶片气孔以卵圆形或长卵圆形为主,主要分散于下表皮(图 1)。在大小相同的视野里,抗病品种武平梗米梨和连城八月白的

叶背气孔密度显著高于感病品种翠冠、长汀砣梨、翠玉、新翠(表 2)。叶面积和比叶重测定结果表明,供试品种叶面积为 $39.78 \sim 62.77 \text{ cm}^2$,比叶重为 $9.41 \sim 14.60 \text{ mg}/\text{cm}^2$,不同品种间叶面积和比叶重存在差异。

表 1 供试梨品种及其病情指数

Table 1 Tested pear cultivars and their disease index

| 编号 | 品种名称 | 来源 | 病情指数 | 抗感类型 |
|----|--------|------|------|--------|
| T1 | 武平梗米梨 | 地方品种 | 0 | 高抗(HR) |
| T2 | 连城八月白 | 地方品种 | 0 | 高抗(HR) |
| T3 | 长汀砣梨 | 地方品种 | 82 | 高感(HS) |
| T4 | 云霄鸟梨 | 地方品种 | 0 | 高抗(HR) |
| T5 | 翠玉 | 栽培品种 | 55 | 感病(S) |
| T6 | 新玉 | 栽培品种 | 90 | 高感(HS) |
| T7 | 新翠 | 栽培品种 | 63 | 感病(S) |
| T8 | 浙梨 6 号 | 栽培品种 | 6 | 高抗(HR) |
| T9 | 翠冠 | 栽培品种 | 90 | 高感(HS) |



T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9 见表 1。

图 1 不同梨品种叶片气孔的显微图像

Fig.1 Microscopic images of stomata in leaves of different pear cultivars

不同抗/感斑点炭疽病品种叶片蜡质含量存在显著差异,其中蜡质含量最高的品种为长汀砣梨和武平梗米梨,分别为 $7.41 \text{ mg}/\text{g}$ 和 $7.28 \text{ mg}/\text{g}$,其次为翠玉和新玉,分别为 $6.63 \text{ mg}/\text{g}$ 和 $6.92 \text{ mg}/\text{g}$,蜡质含量最低品种为新翠和云霄鸟梨叶片,分别

为 $3.40 \text{ mg}/\text{g}$ 和 $3.80 \text{ mg}/\text{g}$,不同抗/感品种间叶片蜡质含量无明显规律性。

扫描电镜观察结果如图 2 所示,蜡质含量高的品种,如武平梗米梨,其叶片蜡质层致密均匀,角质层细胞排列紧密,细胞间隙被填满;蜡质含量低的品

种,如翠冠,叶片蜡质层疏散不均匀,角质层细胞排列疏松。

表 2 不同梨品种叶片气孔密度、比叶重和蜡质含量差异

Table 2 Differences in leaf stomatal density, weight ratio and wax content of different pear cultivars

| 编号 | 叶背气孔密度 | 叶面积 (cm ²) | 比叶重 (mg/cm ²) | 蜡质含量 (mg/g) |
|----|--------------|------------------------|---------------------------|-------------|
| T1 | 45.00±3.21a | 39.78±5.61e | 13.63±2.22ab | 7.28±0.46a |
| T2 | 41.67±2.32ab | 51.21±9.54cd | 13.45±1.77b | 5.51±0.44b |
| T3 | 26.17±2.70cd | 47.97±8.12d | 12.31±1.38c | 7.41±0.13a |
| T4 | 25.00±6.60cd | 46.99±7.92d | 14.31±0.93ab | 3.80±0.36c |
| T5 | 27.00±4.20cd | 51.14±6.27cd | 9.58±1.25d | 6.63±0.25a |
| T6 | 32.50±3.62bc | 60.48±6.98ab | 9.88±1.05d | 6.92±0.21a |
| T7 | 28.67±2.25cd | 55.69±8.50bc | 14.60±1.25a | 3.40±0.26c |
| T8 | 27.33±7.03cd | 62.77±8.40a | 9.41±1.49d | 4.37±0.34b |
| T9 | 22.17±3.83d | 61.08±6.05ab | 11.63±1.71c | 4.19±0.17b |

T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9 见表 1。同一列数据后不同小写字母表示品种间差异显著 ($P < 0.05$)。

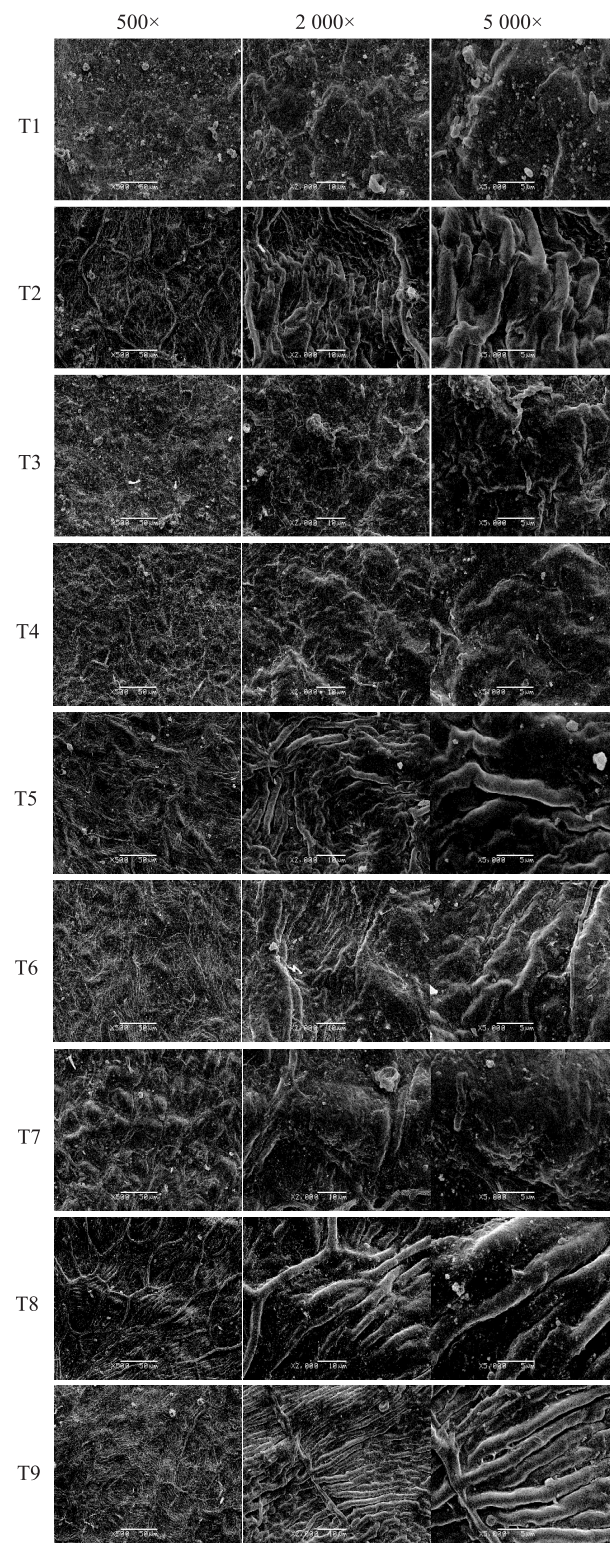
2.3 不同梨品种叶片厚度和上/下表皮厚度

不同梨品种叶片厚度及上/下表皮厚度值如表 3 所示。其中叶片最厚的是武平粳米梨,叶片厚度为 270.05 μm ,其次是连城八月白和新翠,叶片厚度分别为 252.34 μm 和 251.44 μm ,2 个品种间无显著差异;叶片最薄的是浙梨 6 号,叶片厚度为 213.79 μm ,其他品种间差异不显著,规律性不强。除新玉外,不同抗/感品种上表皮厚度均高于下表皮厚度,其中上表皮最厚的是云霄鸟梨,上表皮厚度为 31.33 μm ,最薄的是新玉,上表皮厚度为 14.34 μm ;各品种间叶片下表皮厚度值差异较大,其中下表皮最厚的为新玉和武平粳米梨,下表皮厚度分别为 21.34 μm 和 21.13 μm ,其次为连城八月白和浙梨 6 号,下表皮厚度分别为 18.01 μm 和 18.12 μm ;下表皮最薄的为云霄鸟梨,下表皮厚度为 15.01 μm 。

2.4 不同梨品种叶片栅栏组织和海绵组织

对不同梨品种叶片形态结构的比较(表 3、图 3)发现,斑点炭疽病不同抗/感品种的栅栏组织和海绵组织厚度、结构紧密度和疏松度存在差异。其中,栅栏组织和海绵组织最厚的分别是武平粳米梨和新翠,为 116.02 μm 和 120.40 μm ,最薄的是新玉,为 69.70 μm 和 92.01 μm 。抗病品种和感病品种叶片结构紧密度均值分别为 37.08% 和 34.10%,抗病品种叶片结构整体上更紧凑;抗病品种和感病品种的结构疏松度均值分别为 42.10% 和 46.44%,

即感病品种叶片结构整体上更疏松。



T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9 见表 1。

图 2 不同梨品种叶片表皮蜡质的显微图像

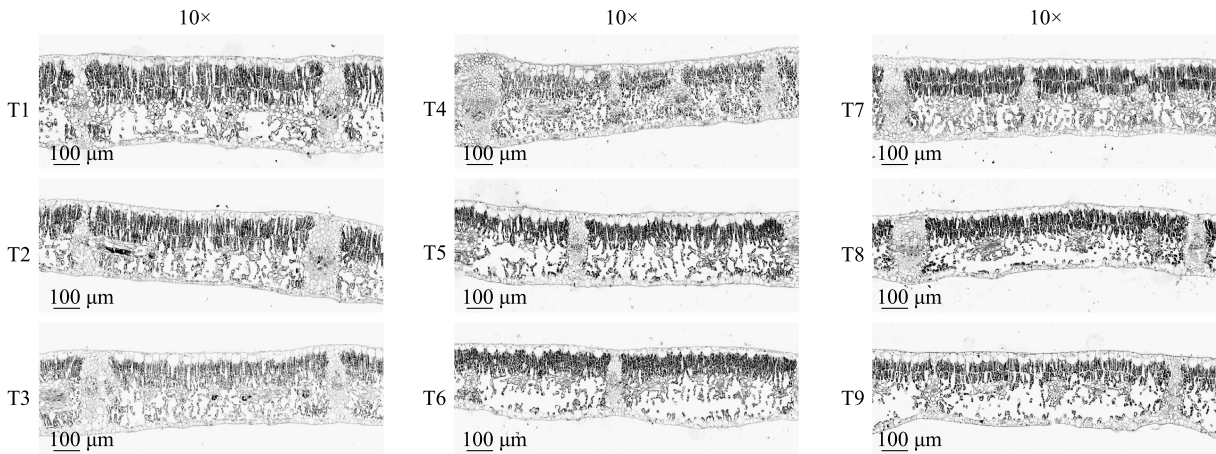
Fig.2 Microscopic images of epidermal waxes of leaves in different pear cultivars

表 3 不同梨品种叶片厚度与叶肉结构的比较

Table 3 Comparison of leaf thickness and mesophyll structure among different pear cultivars

| 编号 | 叶片厚度 (μm) | 上表皮厚度 (μm) | 下表皮厚度 (μm) | 栅栏组织厚度 (μm) | 海绵组织厚度 (μm) | 结构紧密度 (%) | 结构疏松度 (%) |
|----|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| T1 | 270.05 \pm 23.51a | 21.35 \pm 8.60b | 21.13 \pm 2.03ab | 116.02 \pm 20.07a | 111.67 \pm 29.16ab | 43.46 \pm 9.70a | 41.35 \pm 8.20c |
| T2 | 252.34 \pm 33.01ab | 22.04 \pm 4.03b | 18.01 \pm 4.01abc | 88.98 \pm 8.98b | 119.15 \pm 16.00ab | 34.91 \pm 1.45bc | 32.82 \pm 0.14c |
| T3 | 224.72 \pm 9.75bcd | 25.08 \pm 4.36ab | 15.67 \pm 0.58bc | 88.02 \pm 3.63b | 96.03 \pm 3.04b | 39.18 \pm 0.80ab | 42.76 \pm 0.78c |
| T4 | 226.40 \pm 22.22bcd | 31.33 \pm 2.08a | 15.01 \pm 1.74c | 77.04 \pm 4.05b | 93.02 \pm 23.62b | 35.24 \pm 3.47bc | 45.50 \pm 8.85bc |
| T5 | 220.73 \pm 3.03bcd | 28.68 \pm 4.04ab | 17.67 \pm 2.90abc | 76.68 \pm 12.66b | 97.70 \pm 12.54b | 33.25 \pm 3.84bc | 46.26 \pm 5.75b |
| T6 | 216.05 \pm 8.74cd | 14.34 \pm 4.96b | 21.34 \pm 4.52a | 69.70 \pm 4.70b | 92.01 \pm 8.88b | 30.93 \pm 3.64c | 47.22 \pm 0.57b |
| T7 | 251.44 \pm 26.64ab | 23.38 \pm 8.00ab | 16.69 \pm 4.62abc | 88.35 \pm 22.52b | 120.40 \pm 5.24a | 32.36 \pm 3.56bc | 47.88 \pm 3.30b |
| T8 | 213.79 \pm 15.21d | 26.08 \pm 4.00ab | 18.12 \pm 3.11abc | 70.06 \pm 1.97b | 94.14 \pm 6.11b | 34.72 \pm 5.49bc | 48.71 \pm 5.87a |
| T9 | 218.45 \pm 9.76bcd | 23.67 \pm 4.16ab | 16.01 \pm 3.62abc | 76.34 \pm 5.14b | 92.43 \pm 30.87b | 34.80 \pm 5.53bc | 48.09 \pm 2.89b |

T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9 见表 1。同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。



T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9 见表 1。放大倍数:10 \times 。

图 3 不同梨品种叶片横切面结构的显微图像

Fig.3 Microscopic images of crosscutting structures of leaves in different pear cultivars

2.5 叶片结构与抗病性的相关性分析

相关性分析结果(表 4)表明,不同梨品种叶片栅栏组织厚度与斑点炭疽病病情指数的相关系数为-0.690,呈显著负相关;叶片结构疏松度与斑点炭疽病病情指数的相关系数为 0.640,呈显著正相关;其余叶片形态结构指标与斑点炭疽病病情指数相关性不显著。表明各品种叶片的栅栏组织厚度和结构疏松度与斑点炭疽病抗性相关性较大,叶片结构疏松度越大越容易感病。因此,叶片栅栏组织厚度和结构疏松度可作为梨斑点炭疽病抗性鉴定的辅助参考指标。

3 讨论

植物的表型结构与抗病性密切相关。梨斑点炭疽病是危害南方梨产区梨树叶片的重要病害,研究

梨树叶片的形态结构与梨斑点炭疽病的抗性关系,对筛选抗病梨种质资源及选育抗病新品种具有重要的意义。植物主要通过结构特征和生化反应防御病原菌,形态结构起到物理屏障的作用,是植物抑制病原菌入侵的固有防御场所^[27]。其中叶片表面蜡质层是抵御病菌侵入的首道结构屏障^[28],叶片厚度和叶肉组织细胞排列的整齐度与紧密度则是抵御侵入和扩散的第二道屏障^[29]。

研究结果表明,叶片的蜡质含量与其抗病性呈显著相关,梨树抗白粉病品种叶片蜡质含量显著高于感病品种,与病情指数呈显著负相关^[26]。桉树叶片蜡质含量越高,对焦枯病的抗性越强,是抵御病菌入侵的最外层防线^[17]。苦瓜抗白粉病品种叶片蜡质含量显著高于感病品种,同样表明叶片蜡质层是

表4 不同梨品种叶片结构与病情指数的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between leaf structure and disease index in different pear cultivars

| 指标 | 病情指数 | 蜡质含量 | 比叶重 | 气孔密度 | 叶片厚度 | 上表皮厚度 | 下表皮厚度 | 栅栏组织厚度 | 海绵组织厚度 | 结构紧密度 | 结构疏松度 |
|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|
| 病情指数 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| 蜡质含量 | -0.155 | 1.000 | | | | | | | | | |
| 比叶重 | -0.565 | -0.030 | 1.000 | | | | | | | | |
| 气孔密度 | -0.503 | 0.515 | 0.370 | 1.000 | | | | | | | |
| 叶片厚度 | -0.499 | -0.024 | 0.511 | 0.432 | 1.000 | | | | | | |
| 上表皮厚度 | -0.155 | -0.370 | -0.176 | -0.673* | -0.316 | 1.000 | | | | | |
| 下表皮厚度 | -0.118 | 0.401 | -0.188 | 0.790** | 0.027 | -0.626 | 1.000 | | | | |
| 栅栏组织厚度 | -0.690* | 0.261 | 0.770** | 0.503 | 0.742* | -0.212 | -0.055 | 1.000 | | | |
| 海绵组织厚度 | -0.180 | -0.661* | 0.212 | 0.115 | 0.590 | -0.164 | 0.091 | 0.188 | 1.000 | | |
| 结构紧密度 | -0.628 | 0.527 | 0.576 | 0.248 | 0.280 | -0.006 | -0.170 | 0.709* | -0.273 | 1.000 | |
| 结构疏松度 | 0.640* | -0.636* | -0.503 | -0.576 | -0.547 | 0.285 | -0.091 | -0.758* | 0.236 | -0.733* | 1.000 |

*表示显著相关($P<0.05$);**表示极显著相关($P<0.01$)。

抵御白粉病入侵的屏障^[20]。Yang等^[30]发现核桃对疫病的抗性与叶片气孔宽度和密度无关,而与气孔长度和面积呈负相关。本研究中梨对斑点炭疽病的抗性与叶片蜡质含量和气孔密度之间无明显规律性,这可能与梨斑点炭疽病原菌感染叶片的过程有关,其可能通过微伤口直接侵入^[1]。

植物叶片厚度与其抗病性相关。张戈壁等^[31]发现脐橙叶片厚度和海绵组织厚度与对溃疡病的抗性密切相关,但与栅栏组织厚度和细胞层数无关。李森等^[32]认为猕猴桃叶片表皮和海绵组织厚度与对溃疡病的抗性存在关联。王贝贝等^[33]的研究结果表明不同抗/感品种梨种质的叶片厚度、上/下表皮厚度、栅栏组织厚度和海绵组织厚度存在显著差异,且均与病情指数呈正相关。刘艳涛等^[34]发现芽变鸭梨树叶片厚度和组织结构紧密度较大是其抗黑星病的重要原因。本研究中梨树叶片比叶重、叶片厚度、海绵组织厚度与对斑点炭疽病的抗性无显著相关性,与郑伟等^[16]、曹素芳等^[26]的研究结果一致。而栅栏组织厚度与斑点炭疽病病情指数呈负相关,叶片结构疏松度与斑点炭疽病病情指数呈显著正相关,栅栏组织越薄,叶片结构越疏松,抗病性越差,反之则抗病性越强,这一结果与陈夕军等^[11]、李海英等^[13]、李森等^[32]、王文峰等^[35]的研究结果一致。因此,叶片栅栏组织厚度和结构疏松度可用作对梨斑点炭疽病的抗性评价指标。

4 结论

通过对9个梨品种进行斑点炭疽病抗性评价,发现其抗病性与叶片结构特征差异相关。叶片栅栏组织厚度与病情指数呈显著负相关,结构疏松度与病情指数呈显著正相关,这2个指标可作为梨树叶片斑点炭疽病抗性鉴定的主要参考指标,筛选出的抗病品种可作为亲本材料选育梨抗病新品种。

参考文献:

- [1] 黄新忠,陈义挺,雷 龔,等. 福建梨早期大量落叶诱因与防控策略[J]. 中国农学通报,2010,26(2):91-95.
- [2] 唐晓华,欧 毅,王玉霞,等. 南方早熟梨早期落叶及秋花调查初报[J]. 西南园艺,2004,32(3):42.
- [3] 范 净,陈启亮,杨晓平,等. 沙梨种质资源早期落叶返青分析及对次年开花量的影响[J]. 中国南方果树,2018,47(增刊1):82-85.
- [4] 黄新忠,张长和,曾少敏,等. 梨叶部病害与梨叶早衰脱落相关性分析[J]. 植物保护,2015,41(4):160-164,183.
- [5] 黄新忠,张长和,曾少敏,等. 梨斑点病田间病情发生规律及其影响因素分析[J]. 福建农业学报,2014,29(11):1122-1126.
- [6] TATEDA C, OBARA K, ABE Y, et al. The host stomatal density determines resistance to *Septoria gentianae* in Japanese gentian [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions,2019,32(4):428-436.
- [7] 邝瑞彬,李春雨,杨 静,等. 抗感枯萎病香蕉的细胞结构抗性研究[J]. 分子植物育种,2013,11(2):193-198.
- [8] 何小三,周文才,邱凤英,等. 不同油茶品种对干旱胁迫的响应及其抗旱性综合评价[J]. 中南林业科技大学学报,2023,43(9):1-14.

- [9] 沈阔程,陈倩文,齐梅,等. 杨树叶片结构与抗锈菌侵染的相关性[J]. 林业科学,2020,56(12):75-82.
- [10] 位杰,张琦,林彩霞,等. 不同梨品种(系)叶片解剖结构及其与抗寒性的关系[J]. 河南农业科学,2021,50(8):103-112.
- [11] 陈夕军,朱键鑫,陈羽,等. 抗白粉病黄瓜品种的叶片组织结构及其生理生化[J]. 江苏农业学报,2015,31(1):55-61.
- [12] 康立功,齐凤坤,许向阳,等. 番茄叶片蜡质和角质层与芝麻斑病菌侵染的关系[J]. 中国蔬菜,2010(18):47-50.
- [13] 李海英,刘亚光,杨庆凯. 大豆叶片结构与灰斑病抗性的研究 II. 大豆叶片组织结构与灰斑病抗性的关系[J]. 中国油料作物学报,2002,24(2):58-60,66.
- [14] 陈志谊,王玉环,殷尚智. 水稻纹枯病抗性机制的研究[J]. 中国农业科学,1992,25(4):41-46.
- [15] 鲍文武,陈健男,刘占德. 不同猕猴桃叶片形态、解剖结构及其抗旱性评价[J]. 西北农业学报,2024,33(7):1329-1336.
- [16] 郑伟,吴亚维,王彬,等. 苹果叶片结构与白粉病抗性的相关性初步研究[J]. 西南农业学报,2017,30(9):2108-2112.
- [17] 冯丽贞,黄榕辉,郭文硕. 桉树叶片的的气孔特征与其对焦枯病抗性的关系[J]. 福建林学院学报,2009,29(4):293-296.
- [18] GIRALDO M C, VALENT B. Filamentous plant pathogen effectors in action[J]. Nature Reviews Microbiology, 2013, 11(11):800-814.
- [19] WANG Y, FU X Z, LIU J H, et al. Differential structure and physiological response to canker challenge between ‘Meiwa’ kumquat and ‘Newhall’ navel orange with contrasting resistance[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 128(2):115-123.
- [20] 田丽波,商桑,杨衍,等. 苦瓜叶片结构与白粉病抗性的关系[J]. 西北植物学报,2013,33(10):2010-2015.
- [21] 杨永升. 不同白粉病抗性籽用美洲南瓜叶片结构差异分析与籽用美洲南瓜自交系配合力评价[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2021.
- [22] 殷晓敏,连子豪,刘永霞,等. 不同基因型的香蕉叶片结构与褐缘灰斑病发生的相关性研究[J]. 热带农业科学,2022,42(11):27-32.
- [23] ZHANG P F, ZHAI L F, ZHANG X K, et al. Characterization of *Colletotrichum fructicola*, a new causal agent of leaf black spot disease of sandy pear (*Pyrus pyrifolia*) [J]. European Journal of Plant Pathology, 2015, 143(4):651-662.
- [24] 陈传聪,林居宁,张长和,等. 梨斑点病田间防治药剂筛选试验[J]. 中国果树,2017(4):47-50.
- [25] 简令成,孙德兰,施国雄,等. 不同柑桔种类叶片组织的细胞结构与抗寒性的关系[J]. 园艺学报,1986,13(3):163-168.
- [26] 曹素芳,王玮,赵明新,等. 梨树对白粉病抗性与叶片结构的关系[J]. 果树学报,2021,38(12):2148-2155.
- [27] 张小桐. 猕猴桃对溃疡病抗性评价指标的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2007.
- [28] 邢会琴,李敏权,徐秉良,等. 气孔与苜蓿品种对白粉病抗性的关系[J]. 草原与草坪,2003,23(3):42-45.
- [29] ADASKAVEG J, FÖRSTER H, THOMPSON D, et al. Epidemiology and management of walnut blight [J]. Agricultural and Food Sciences, Environmental Science, 2008:195-213.
- [30] YANG H B, HAN S, HE D, et al. Resistance evaluation of walnut (*Juglans* spp.) against *Xanthomonas arboricola* and the correlation between leaf structure and resistance [J]. Forest Pathology, 2021, 51(1):e12659.
- [31] 张戈壁,张素英. 脐橙品种溃疡病抗性与叶片生理结构的相关性[J]. 中国南方果树,2015,44(2):57-59.
- [32] 李森,檀根甲,李瑶,等. 猕猴桃品种叶片组织结构与抗溃疡病的关系[J]. 安徽农业科学,2002,30(5):740-742.
- [33] 王贝贝,田嘉. 不同梨种质叶片结构及防御酶活性与火疫病抗性的关联分析[J]. 中国果树,2024(10):113-123.
- [34] 刘艳涛,冯晓洁,席国成,等. 抗黑星病芽变鸭梨组织结构、生理生化与抗病性关系研究[J]. 植物保护,2012,38(5):31-34,45.
- [35] 王文峰,乔新派,胡孝明,等. 油茶叶片形态结构及内含物与炭疽病抗性的相关性[J]. 经济林研究,2024,42(2):103-111,121.

(责任编辑:陈海霞)