网络出版时间:2025-07-18 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.01.001

不同辣椒自交系抗疫病能力鉴定与植株功能性状关联分析

杨铠玮[1],周莹莹[1],杜姣[2],蒋攀[2],罗功文[2],欧立军[1,3]

(1 湖南农业大学 园艺学院,湖南 长沙 410128;2 湖南农业大学 资源学院,湖南 长沙 410128;
3 湖南农业大学 蔬菜生物学湖南省重点实验室,湖南 长沙 410128)

[摘 要] 【目的】明确辣椒抗疫病能力与植株农艺性状之间的关联,筛选和选育辣椒抗疫病品种。【方法】采用灌根法对 45 个辣椒不同自交系材料进行辣椒疫病盆栽试验,并测定植株部分农艺性状及生理生化指标。【结果】不同辣椒自交系对疫病的抗性存在较大差异,其中 8 个自交系('RT19-248'、'RC17-555'、'YJ-24'、'NJ-07'、'702'、'298a'、'CF19'和'CF20')的发病率低于 20%,7 个自交系('WangH242-1'、'XJ-19'、'NJ-08'、'CB3'、'CC4'、'CC7'和'CF9')的发病率高于 80%。与对照相比,接种疫霉菌 20 d 后辣椒植株株高、地上部鲜质量及氮含量等存在显著差异;相关性分析认为疫病发病率与植株株高及地上部鲜质量呈显著负相关,与地上部氮含量呈显著正相关。【结论】8 个自交系('RT19-248'、'RC17-555'、'YJ-24'、'NJ-07'、'702'、'298a'、'CF19'和'CF20')可以作为选育高疫病抗性辣椒品种亲本,同时高秆、生长旺盛和耐低氮是高抗疫病辣椒品种的初步鉴定标准。

[关键词] 辣椒;疫病;品种筛选;植物生长特性

[中图分类号] S641.3 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)01-0001-08

Identification of phytophthora blight resistance of different pepper inbred lines and correlation analysis of plant functional traits

YANG Kaiwei[1], ZHOU Yingying[1], DU Jiao[2],
JIANG Pan[2], LUO Gongwen[2], OU Lijun[1,3]

(1 *College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan* 410128, *China*; 2 *College of Resources, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan* 410128, *China*; 3 *Key Labortory for Vegetable Biology of Hunan Province, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan* 410128, *China*)

Abstract: 【Objective】 The study aims to examine the correlation between phytophthora resistance of pepper and plant agronomic traits and to select and breed phytophthora resistance varieties of pepper. 【Method】 The irrigation method was employed to conduct a potted experiment on 45 different inbred lines of pepper. Agronomic traits as well as physiological and biochemical parameters were assessed. 【Result】 The results revealed significant variations in disease resistance among the inbred lines, and the incidence of eight inbred lines, including 'RT19-248', 'RC17-555', 'YJ-24', 'NJ-07', '702', '298a', 'CF19', and 'CF20', was less than 20%. Conversely, seven inbred lines, including 'WangH242-1', 'XJ-19', 'NJ-08', 'CB3', 'CC4', 'CC7', and 'CF9', exhibited an incidence rate exceeding 80%. The plant height, aboveground fresh weight, and nitrogen content exhibited significant differences after 20 days of inoculation compared to the control group. Correlation analysis revealed a negative correlation between disease inci-

[收稿日期] 2024-07-09 [修回日期] 2024-10-16
[基金项目] 国家重点研发计划项目(2023YFD1201502)
[作者简介] 杨铠玮(2000—),男,湖南怀化人,硕士,主要从事辣椒抗病生理研究。E-mail:1194085827@qq.com
[通信作者] 欧立军(1976—),男,湖南宁乡人,教授,主要从事辣椒生理生化及分子生物学研究。E-mail:ou9572@hunau.edu.cn

dence and plant height and fresh weight, while a positive correlation was observed with nitrogen content. 【Conclusion】 Eight inbred lines ('RT19-248', 'RC17-555', 'YJ-24', 'NJ-07', '702', '298a', 'CF19', and 'CF20') possess the potential to serve as parental sources for developing highly blight-resistant pepper varieties. Strong stalks, vigorous growth, and low nitrogen tolerance are the preliminary identification criteria of pepper varieties with high blight-resistance.

Key words: *Capsicum annuum*; epidemic disease; variety selection; plant growth characteristics

辣椒(*Capsicum annuum* L.)是全球最重要的蔬菜作物之一,其栽培历史悠久[1]。中国辣椒种植面积 81.4 万 hm^2,占世界辣椒总种植面积的 40%以上,年产值 700 多亿元,均稳居世界第一,是贵州、湖南和江西等地脱贫攻坚和乡村振兴的支柱产业之一[2]。自 2020 年以来,中国的辣椒每年总产量高达 6 400 万 t[3],占全球总产量的 50%以上[4]。目前,辣椒产业已经成为中国最大的蔬菜产业之一,也是农户实现增收的重要产业支柱[5]。

辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsic* Leonian)宿主广泛,由它引起的辣椒疫病是辣椒生产中最严重的土传病害之一,该病可经由土壤传播,具有无性和有性繁殖等特性,其传播快、发病重、毁灭性强,这使得通过改变栽培方式、使用化学药剂等措施的防效甚微[6],甚至造成辣椒绝收[7]。另外,连作造成土壤理化性质劣变、土壤结构不合理等方面的障碍,导致辣椒疫病发生更加严重。

不同品种对辣椒疫病抗性能力存在差异[8],因此筛选抗性能力较高的亲本是选育抗性好辣椒品种的重要途径之一。植株抗病能力主要通过接种病原菌后的感病机率来判断,而对植株自身农艺性状与抗病能力的相关性尚缺乏系统研究。因此本研究以 45 个辣椒自交系为材料,对外源接种疫霉菌后的植株主要农艺性状和感病率进行分析,筛选出高抗疫病辣椒自交系,初步解析辣椒抗疫病能力与植株农艺性状之间的关联性,为筛选和选育抗疫病辣椒品种提供支持。同时探究不同品种辣椒植株自身抗病能力与植株生长特性的关联性,以期为建立辣椒疫病抗性能力表型性状鉴定体系和选育抗性品种提供依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

根据前期课题组多年研究中自交系在田间的表现,筛选出对疫病抗性存在差异的 45 个代表性辣椒自交系(表 1),其种子由湖南农业大学园艺学院辣椒课题组提供。土培盆栽试验的供试土壤取自湖南农业大学耘园试验基地,其土壤类型为红壤,基础理化性质:pH 为 5.43,有机碳含量 13.96 g/kg,全氮含量 1.13 g/kg,全磷含量 0.32 g/kg,可溶性有机碳含量 14.01 mg/kg,碱解氮含量 75.25 mg/kg,速效磷含量 26.78 mg/kg。病原菌为辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsic* Leonian),由湖南省农业科学院蔬菜研究所提供。

表 1 45 个辣椒自交系名称

Table 1 Names of the 45 pepper inbred lines

代号 Code name	自交系名称 Name of inbred line	代号 Code name	自交系名称 Name of inbred line
ZJX1	RT19-248	ZJX24	YJ-19
ZJX2	RC17-555	ZJX25	21CL10
ZJX3	YJ-24	ZJX26	WangH242-1
ZJX4	NJ-07	ZJX27	XJ-19
ZJX5	702	ZJX28	NJ-08
ZJX6	298a	ZJX29	CB8
ZJX7	19CL296	ZJX30	CB7
ZJX8	XJ-05	ZJX31	CB9
ZJX9	NJ-01	ZJX32	CB3
ZJX10	NJ-11	ZJX33	CC9
ZJX11	NJ-10	ZJX34	CC6
ZJX12	21CL324	ZJX35	CC8
ZJX13	NJ-05	ZJX36	CC3
ZJX14	20CL191	ZJX37	CC5
ZJX15	L C Fu	ZJX38	CC4
ZJX16	XJ-12	ZJX39	CC7
ZJX17	RX12-148	ZJX40	CF19
ZJX18	20CL135	ZJX41	CF20
ZJX19	XJ-09	ZJX42	CF17
ZJX20	YJ-18	ZJX43	CF8
ZJX21	19CL266	ZJX44	CF5
ZJX22	RT13-23	ZJX45	CF9
ZJX23	YJ-27		

1.2 试验设计

土培盆栽试验在土肥资源高效利用国家工程中

心试验基地（湖南农业大学校内）进行。45 个辣椒材料种子用无菌蒸馏水洗涤 3～5 次后浸泡 2 d 使种子膨胀，中途换水 1 次，膨胀种子洗涤 3～5 次后，放在培养箱中培育至出芽（5 d 左右）播种到基质中，六叶一心后移栽，常规水管理。移栽前将采集的土壤提前风干，过孔径 1.70 mm（10 目）筛后混匀，分装 1.5 kg 于花盆中。每个盆中添加 0.70 g 尿素、3.75 g 钙镁磷肥、0.68 g 氯化钾。定植后苗期和花期各追肥 1 次，每次追 0.35 g 尿素和 0.34 g 氯化钾。在疫病感染的敏感期（花期），采用灌根法接种辣椒疫霉菌（菌液稀释倍数约为 1×10^4，每盆灌根 100 mL 菌液），每个材料接种 15 株，以不接种的 3 株为对照。接种第 1 天开始，连续观测 20 d 发病情况；接种后第 20 天测定植株生长指标，并采集植株样本，测定根系活力、植物养分含量等指标。

1.3　辣椒发病状况与发病率计算

辣椒疫霉菌不仅能侵染辣椒植株的根和茎，引起根、茎腐烂，还能危害叶和果实，导致叶和果实枯萎[9]。该病菌侵染引起的根腐主要表现为根系变暗，出现小病斑，并迅速扩展到整个根系和茎部，最终导致整个植株萎蔫、死亡，这是辣椒生产中最具破坏性的病害[10]；茎枯则表现为侵染点出现褐色或棕色病斑，随后蔓延并包围茎导致茎或整株枯萎、死亡[11]；叶枯主要表现为侵染点出现圆形或不规则形状的似“水浸”的病斑，叶色变深，随后病斑开始扩大，并变成干燥、褐色，最终蔓延至茎部，并伴随病叶脱落[10,12]；辣椒果实发病多从果蒂或果尖处开始向另一端蔓延，病斑起初为不规则的水渍状，很快扩展至整个果实[13]，导致果实变褐，果肉软腐，随后果实感染组织失水、干缩变成黄褐色或浅棕色。辣椒发病率＝辣椒发病个数/总个数×100%。

1.4　植株形态指标和根系活力测定

使用游标卡尺测定辣椒植株的茎粗；直尺测定株高、叶长、叶宽、根长；取样前于上午 09:00－11:00 用 SPAD-502 叶绿素仪（美能达，日本大阪）测定叶绿素含量；使用量程为 0～500 g 的天平测定地上部鲜质量和根鲜质量；使用根系活力试剂盒（上海源叶生物科技有限公司）测定根系活力。

1.5　植株氮磷钾含量测定

将烘干的辣椒根、茎、叶和果实粉碎，过孔径 0.25 mm 筛后均采用 H_2SO_4-H_2O_2 法消煮，测定辣椒地上部的氮、磷、钾含量。称取过筛的植株样品 0.2 g 于 150 mL 三角瓶中，加入 5 mL 浓 H_2SO_4，摇匀后再加 5 滴 30% H_2O_2，摇匀，静置 30 min 后放在电热板上缓慢加热。消煮液呈棕黑色时取下三角瓶，冷却后滴加 10 滴 30% H_2O_2，摇匀。重复加热 10～20 min，继续加入 5～10 滴 30% H_2O_2，该过程 2～3 次至消煮液呈清亮色或无色后，继续加热 5～10 min，除去过量 H_2O_2，冷却并定容至 100 mL。全氮含量采用 K1100 全自动凯氏定氮仪测定，全磷含量采用 TU-1900 型分光光度计测定，全钾含量采用火焰光度计测定。

1.6　数据统计与分析

使用 IBM SPSS Statistics 26 和 Origin 2022 软件处理数据并绘图；使用 R 语言软件作图，并分析辣椒植株功能性状与发病率、初始发病时期和发病峰值的关系，以及通过随机森林模型评价植物功能性状与发病率、初始发病时期和发病峰值时期的关系。

2　结果与分析

2.1　接种疫霉菌后不同辣椒自交系的发病规律

通过部分辣椒自交系接种疫霉菌 15 d 后的对比，发现辣椒疫霉病发病表现在根部、茎部以及叶片（图 1）。与此同时，将不同辣椒自交系按发病率从低到高依次排序（表 2），发病率低于 20%的有 8 个自交系，发病率高于 80%的有 7 个自交系。从接种病原菌 20 d 内观察发现，辣椒自交系初始发病时间大多为接种后的第 5 天，部分自交系在第 8～9 天开始发病。但不同自交系辣椒最高发病率出现的时间各不相同，最早在第 7 天达到发病峰值，最晚在第 16 天达到发病峰值（图 2）。

将发病率低于 20%的自交系定义为高抗自交系，分别为‘RT19-248’、‘RC17-555’、‘YJ-24’、‘NJ-07’、‘702’、‘298a’、‘CF19’和‘CF20’；将发病率高于 80% 的自交系定义为低抗自交系，分别为‘WangH242-1’、‘XJ-19’、‘NJ-08’、‘CB3’、‘CC4’、‘CC7’和‘CF9’（图 3）。通过对高抗和低抗自交系发病规律的研究表明，低抗自交系均是从接种病原菌后第 5 天开始发病，且‘CC7’和‘CB3’在发病开始后第 3 天就达到了发病率最高峰（接种病原菌第 7 天），而有些低抗自交系在发病开始后第 12 天才到达最高峰（接种病原菌第 17 天）。高抗自交系‘RC17-555’、‘NJ-07’、‘298a’和‘CF19’均从接种病原菌后第 5 天开始发病，且在发病开始后第 3 天就达到了发病率最高峰，而‘CF20’、‘702’和‘YJ-24’均从接种病原菌后第 9 天左右开始发病，且在接种病原菌第 11 天左右才达到发病率最高峰（图 3）。



XJ-19. 低抗;RT19-248. 高抗。

XJ-19. Low resistance;RT19-248. High resistance.

图 1 部分辣椒自交系接种疫霉菌 15 d 后对比

Fig. 1 Comparison of part of the pepper inbred lines inoculated with *Phytophthora* 15 days after inoculation

2.2 不同辣椒自交系植株功能性状的差异性

辣椒苗种植 45 d 后,未接种病原菌处理条件下,不同辣椒自交系之间植株功能性状的差异性较小;在接种病原菌处理下,不同辣椒自交系之间健康植株功能性状的差异性较大,且相同类型下的自交系之间差异也较大(图 4)。

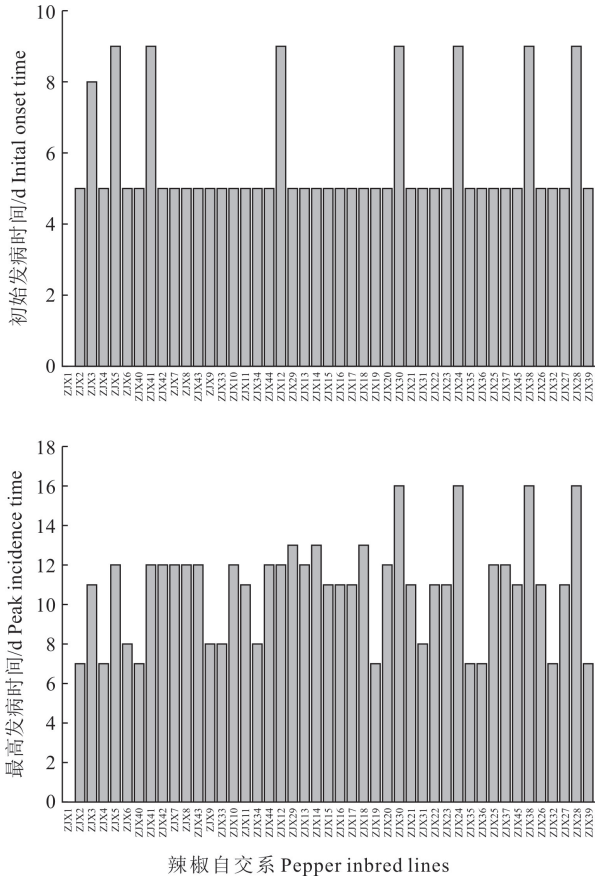


图 2 接种疫霉菌后不同辣椒自交系的初始发病时间和达到发病峰值时间

Fig. 2 Initial onset time and the time to reach the peak onset time of different pepper inbred lines after inoculation with phytophthora

表 2 不同辣椒自交系发病率

Table 2 Incidences of different pepper inbred lines

代号 Code name	发病率/% Incidence rate	代号 Code name	发病率/% Incidence rate	代号 Code name	发病率/% Incidence rate	代号 Code name	发病率/% Incidence rate
ZJX1	0.0	ZJX9	28.6	ZJX17	50.0	ZJX25	76.5
ZJX2	5.6	ZJX33	31.3	ZJX18	50.0	ZJX37	77.8
ZJX3	5.9	ZJX10	33.3	ZJX19	50.0	ZJX45	80.0
ZJX4	6.7	ZJX11	33.3	ZJX20	50.0	ZJX38	81.8
ZJX5	11.1	ZJX34	33.3	ZJX30	52.9	ZJX26	83.3
ZJX6	11.1	ZJX44	35.3	ZJX21	54.5	ZJX32	83.3
ZJX40	11.1	ZJX12	40.0	ZJX31	56.3	ZJX27	88.9
ZJX41	17.6	ZJX29	41.2	ZJX22	58.3	ZJX28	90.9
ZJX42	23.5	ZJX13	41.7	ZJX23	62.5	ZJX39	91.7
ZJX7	25.0	ZJX14	41.7	ZJX24	63.6		
ZJX8	25.0	ZJX15	42.9	ZJX35	72.7		
ZJX43	27.8	ZJX16	42.9	ZJX36	75.0		

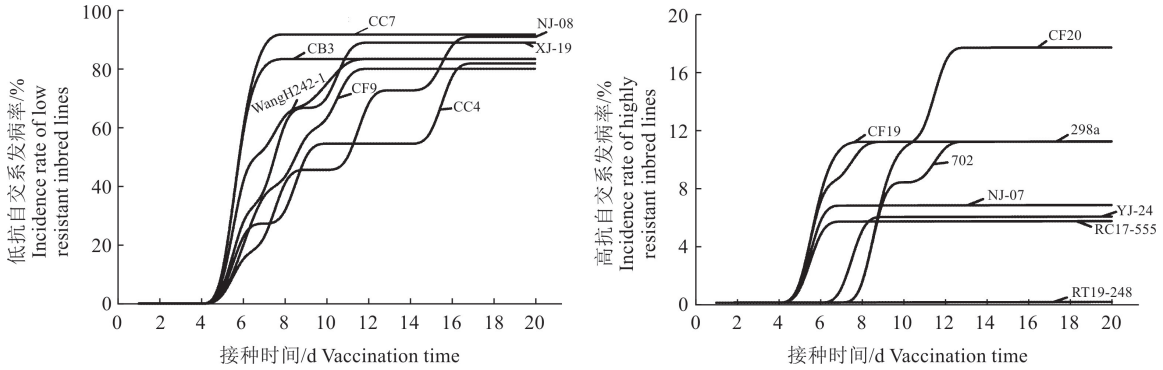
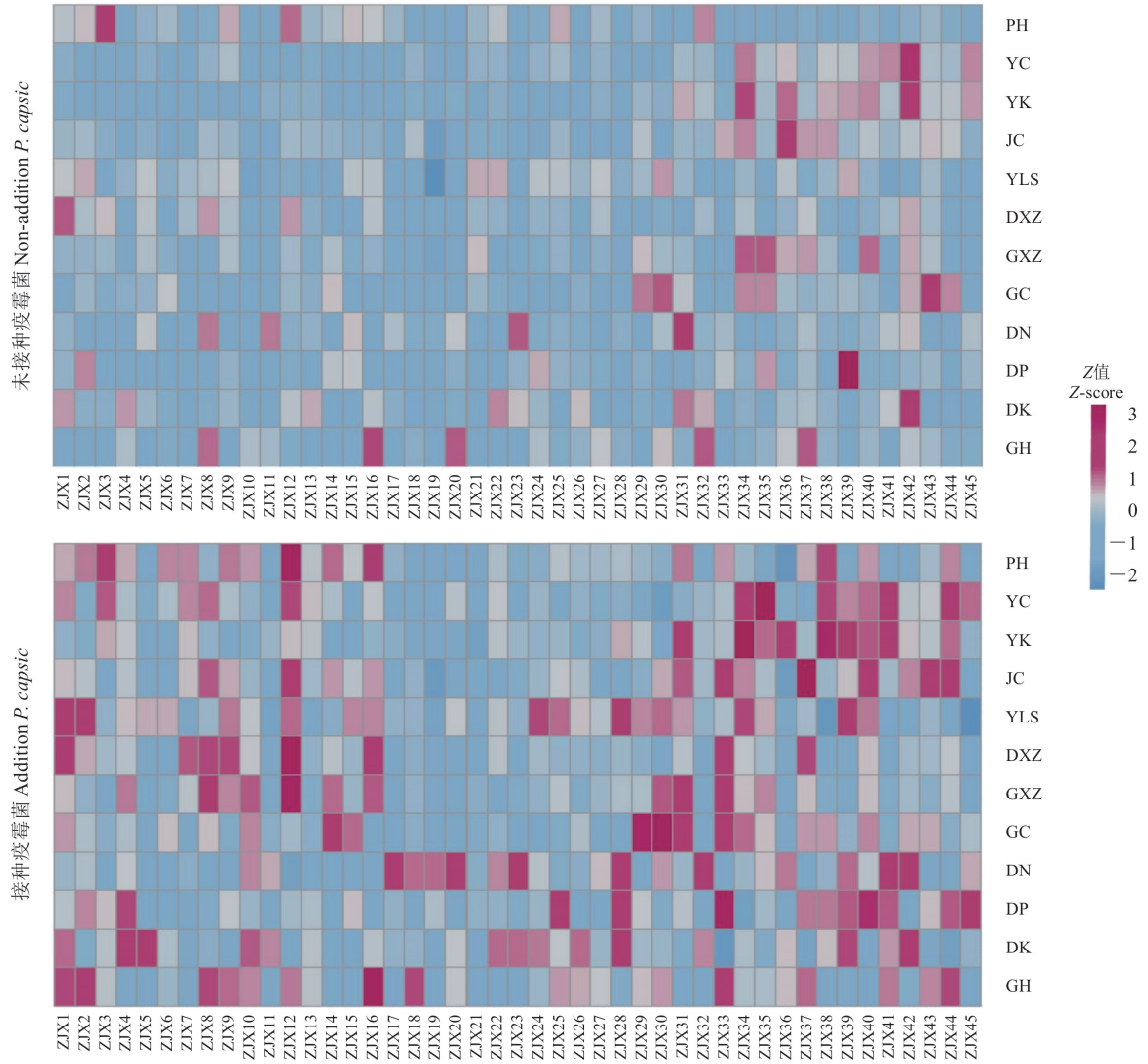


图 3　低抗与高抗辣椒自交系的发病规律

Fig. 3　Incidence of the pepeer inbred lines with low resistance and high resistance



PH. 株高；YC. 叶长；YK. 叶宽；JC. 茎粗；YLS. 叶绿素含量；DXZ. 地上部鲜质量；GXZ. 根鲜质量；GC. 根长；DN. 地上部氮含量；DP. 地上部磷含量；DK. 地上部钾含量；GH. 根系活力。下同。

PH. Plant height; YC. Leaf length; YK. Leaf width; JC. Stem diameter; YLS. Chlorophyll content; DXZ. Above-ground fresh mass; GXZ. Root fresh mass; GC. Root length; DN. Above-ground nitrogen content; DP. Above-ground phosphorus content; DK. Above-ground potassium content; GH. Root activity. The same below.

图 4　接种和不接种病原菌处理下 45 个辣椒自交系植株功能性状的差异性

Fig. 4　Differences in functional traits of the 45 pepper inbred lines treated with or without inoculated pathogens

进一步分析不接种和接种病原菌下植株功能性状的差异性表明,接种病原菌能够显著改变辣椒植株的功能性状($R^2=0.016$,$P<0.01$)(图 5)。在不接种和接种病原菌下不同辣椒自交系的植株功能性均存在显著差异。

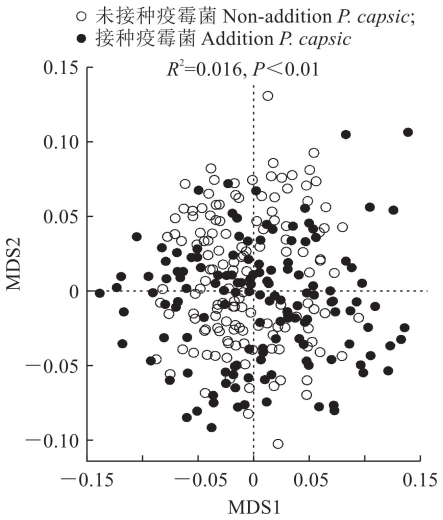


图 5 病原菌接种对植株功能性状的影响

Fig. 5 Effects of pathogen inoculation on plant functional traits

如图 6 所示,冗余分析能够解释不接种和接种病原菌处理下43.89%植物功能性状的改变。在不接种和接种病原菌处理中,植物功能性状的不同主要与株高、地上部鲜质量、地上部氮含量、叶片形态的改变有关。

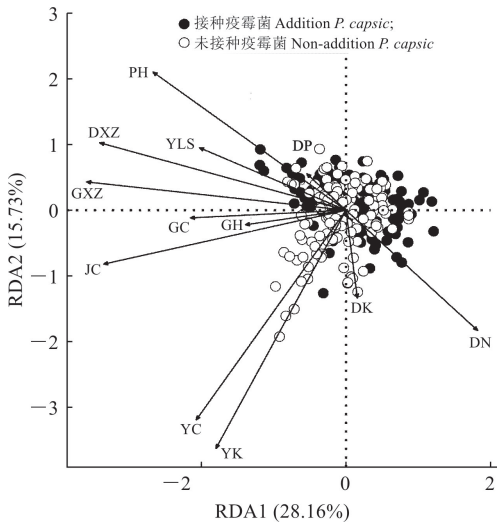
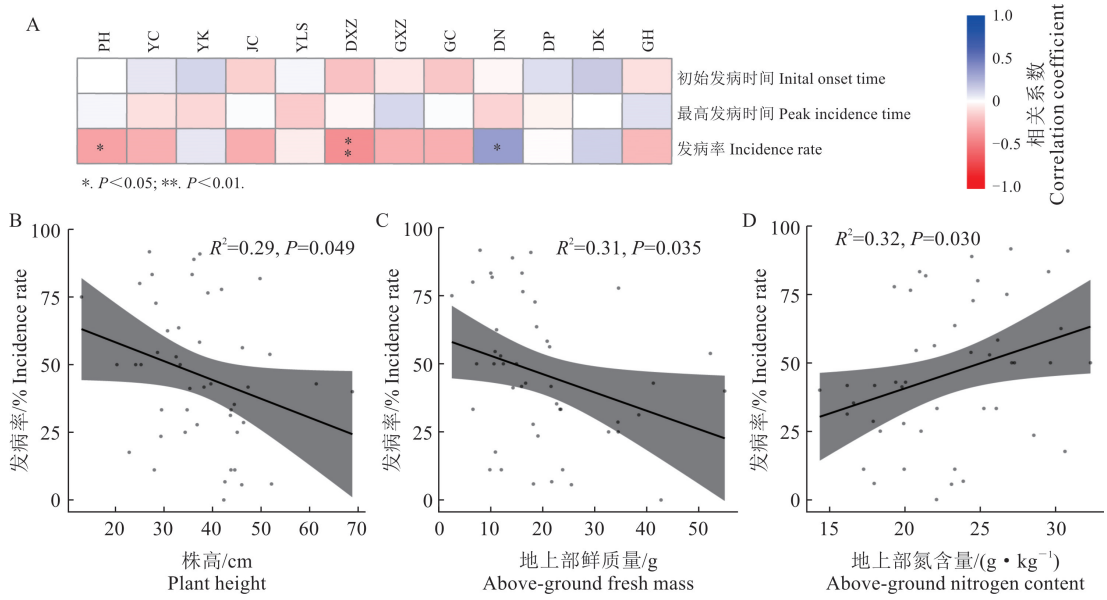


图 6 基于冗余分析揭示响应病原菌接种的主要植株形态及生理生化特征

Fig. 6 Redundancy analysis of the main plant functional characteristics in response to pathogen inoculation

2.3 辣椒疫病发生规律与植株功能性状之间的关联性

如图 7-A—D 的热图分析表明,不同辣椒品种的发病率与植株株高($R^2=0.29$,$P<0.05$)和地上部鲜质量($R^2=0.31$,$P<0.05$)呈显著负相关关系,而与地上部氮含量呈显著正相关关系($R^2=0.32$,$P<0.05$)。



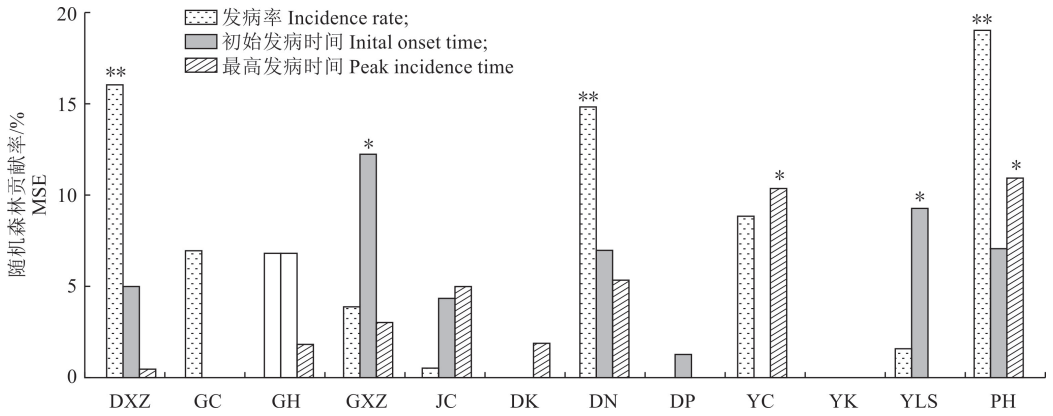
热图中较深的颜色代表较强的斯皮尔曼相关性。

Stronger colors in the heat maps represent stronger Spearman correlations.

图 7 辣椒疫病发病率与植株形态及生理生化特征之间的关联性

Fig. 7 Correlation between phytophthora blight incidence and plant functional traits in pepper

随机森林模型进一步分析表明，植株株高、地上部鲜质量和地上部氮含量的随机森林贡献率(MSE)分别为 19.02%，15.86%和 15.14%，能够显著预测辣椒疫病发生率(图 8)。根鲜质量和叶绿素含量的随机森林贡献率(MSE)分别为 12.36%和 9.84%，能够显著预测辣椒疫病初始发病时间。株高和叶长的随机森林贡献率(MSE)分别为 10.79%和 10.37%，能够显著预测辣椒疫病持续周期。上述结果表明，疫病发病率与株高、地上部鲜质量和地上部氮含量存在显著相关性。进一步分析高抗和低抗辣椒自交系在株高、地上部鲜质量和地上部氮含量的差异性发现，高抗辣椒自交系的株高和地上部鲜质量显著高于低抗辣椒自交系，而地上部氮含量显著低于低抗辣椒自交系(图 9)。



* 表示 $P < 0.05$，** 表示 $P < 0.01$。

* indicates $P < 0.05$. ** indicates $P < 0.01$.

图 8　随机森林模型评估植株功能性状对辣椒疫病发病率的贡献率

Fig. 8　Contribution rate of plant functional traits to the incidence of pepper blight evaluated by random forest model

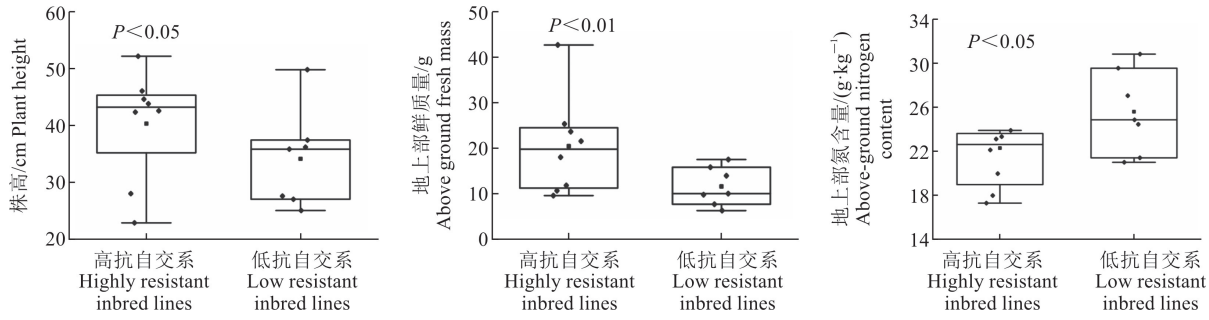


图 9　不同抗性辣椒自交系的株高、地上部鲜质量和地上部氮含量

Fig. 9　Plant height, above-ground fresh weight, and above-ground nitrogen content of different pepper inbred lines

3　讨　论

植株的株高、茎粗等长势情况与生长环境关系密切，尤其是与土壤养分及土壤酶活性有关。陈映彤[14]利用不同药食同源植物间作来调控辣椒疫病，发现调控后的辣椒株高、茎粗均显著高于对照，结果认为辣椒抗病与自身生长状况有关。本研究结果也支持这一结论：在接种疫霉菌后，辣椒株高越高，抗病能力越强；自交系茎粗越粗，地上部鲜质量就越高，抗病能力越强。同时本研究表明，接种疫霉菌后，辣椒自交系地上部氮含量越低，植株对疫病的抗性越强；地上部的其他指标与疫病抗性的关系不如地上部氮含量显著。本研究认为，选择抗疫病辣椒材料时应该偏向于选取接种疫霉菌后株高较高、地上部鲜质量较大和地上部氮含量相对较低的材料。

种质资源是作物遗传改良和相关研究的物质基础[15]。李清超等[16]研究发现，辣椒株高与地上部鲜质量呈正相关，株高越高，地上部鲜质量越大。胡晨曦等[17]研究发现，土壤中适当的氮含量有利于辣椒的生长。本研究表明，接种疫霉菌后，地上部分含氮量较低的材料对疫病的抗性较强，推测正常条件下辣椒用于自身生长的氮具有饱和性，接种疫霉菌后植

株生长受到影响,为增强对病菌的抵抗力,植株会吸收更多的氮来促进自身生长,抗性较强的材料需要吸收的氮相对少于抗性较弱的材料,因而表现出植株地上部分氮含量与植株抗病能力存在正相关。

4 结 论

对45个辣椒不同自交系材料进行疫病抗性鉴定及与部分相关性状的关联分析,结果如下:

1)辣椒疫病发病率与植株株高及地上部鲜质量呈显著负相关,而与地上部氮含量呈显著正相关,植株越高,茎部越粗,地上部鲜质量越大,辣椒抗病能力越强。

2)辣椒地上部氮含量相对较低,其抗病能力也越强。

3)‘RT19-248’、‘RC17-555’、‘YJ-24’、‘NJ-07’、‘702’、‘298a’、‘CF19’和‘CF20’8个自交系可以作为选育高疫病抗性辣椒品种的亲本材料。

[参考文献]

[1] 邹学校,朱凡. 辣椒的起源、进化与栽培历史 [J]. 园艺学报,2022,49(6):1371-1381.
ZOU X X,ZHU F. Origin,evolution and cultivation history of the pepper [J]. Acta Horticulturae Sinica,2022,49(6):1371-1381.

[2] ZHANG Z H,JIN J H,SHENG G L,et al. A small cysteine-rich phytotoxic protein of *Phytophthora capsici* functions as both plant defense elicitor and virulence factor [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions,2021,34(8):891-903.

[3] 邹学校,马艳青,戴雄泽,等. 辣椒在中国的传播与产业发展 [J]. 园艺学报,2020,47(9):1715-1726.
ZOU X X,MA Y Q,DAI X Z,et al. Spread and industry development of pepper in China [J]. Acta Horticulturae Sinica,2020,47(9):1715-1726.

[4] 张林海. 一部反映辣椒前世今生、简明实用的宝典:《蔬菜图说:辣椒的故事》评介 [J]. 科学,2019,71(1):59-61.
ZHANG L H. A historical and practical guide of peppers:impression of the story of pepper [J]. Science,2019,71(1):59-61.

[5] 郑井元,李雪峰,周书栋,等. 2017年度辣椒科学研究进展 [J]. 中国蔬菜,2018(5):9-15.
ZHENG J Y,LI X F,ZHOU S D,et al. Research progress of pepper science in 2017 [J]. China Vegetables,2018(5):9-15.

[6] ALI M,GAI W X,KHATTAK A M,et al. Knockdown of the chitin-binding protein family gene *CaChiIV1* increased sensitivity to *Phytophthora capsici* and drought stress in pepper plants [J]. Molecular Genetics and Genomics,2019,294(5):1311-1326.

[7] 彭玉梅,黄玲芝,裴冬丽,等. 辣椒疫病致病因子及防治研究进展 [J]. 中国瓜菜,2020,33(9):7-11.
PENG Y M,HUANG L Z,PEI D L,et al. Pathogenic factors and integrative control of pepper *Phytophthora* blight [J]. China Cucurbits and Vegetables,2020,33(9):7-11.

[8] 杜公福,申龙斌,秦于玲,等. 海南省主栽辣椒品种疫病抗性及防治药剂筛选 [J]. 湖北农业科学,2019,58(24):113-116.
DU G F,SHEN L B,QIN Y L,et al. Selection of pepper blight resistance and control fungicide of pepper varieties in Hainan Province [J]. Hubei Agricultural Sciences,2019,58(24):113-116.

[9] 王慧颖. 辣椒疫病的诊断与防治 [J]. 农村·农业·农民(B版),2021(12):63-64.
WANG H Y. Diagnosis and control of pepper blight [J]. Countryside·Agriculture·Farmers (B),2021(12):63-64.

[10] 魏玉飞,周贵娇,郭红军. 夏季辣椒疫病综合防治技术 [J]. 农业知识,2019(11):32-33.
WEI Y F,ZHOU G J,GUO H J. Comprehensive control techniques of pepper blight in summer [J]. Agriculture Knowlege,2019(11):32-33.

[11] 魏小红. 大棚辣椒疫病的发生与综合防治技术 [J]. 农村实用技术,2019(7):25.
WEI X H. Occurrence and comprehensive control technology of pepper blight in greenhouse [J]. Rural Practical Technology,2019(7):25

[12] 陈永华. 辣椒疫病的发病原因及防治方法 [J]. 农家参谋,2019(12):97.
CHEN Y H. Causes and control methods of pepper blight [J]. The Farmers Consultant,2019(12):97.

[13] 刘忠强. 抓紧防治辣椒疫病[N]. 河北科技报,2021-08-17(5).
LIU Z Q. Pay close attention to the prevention and control of pepper blight[N]. Hebei Science and Technology News,2021-08-17(005).

[14] 陈映彤. 3种药食同源植物间作对辣椒疫病及其生长的影响 [D]. 哈尔滨:东北农业大学,2021.
CHEN Y D. Effects of intercropping of three homologous plants on phytophthora blight and its growth in capsicum [D]. Harbin:Northeast Agricultural University,2021.

[15] 谢慧芳,王珊珊,谷海涛,等. 113份冬性六倍体小黑麦种质籽粒营养品质评价 [J]. 石河子大学学报(自然科学版),2023,41(1):27-35.
XIE H F,WANG S S,GU H T,et al. Evaluation of grain nutritional quality of 113 winter hexaploid *Triticale germplasm* [J]. Journal of Shihezi University (Natural Science Edition),2023,41(1):27-35.

[16] 李清超,陈小翠,杨珊,等. 辣椒种质资源产量与品质性状的鉴定评价 [J/OL]. 分子植物育种,(2024-06-26) [2024-06-30]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20240625.1619.006.html.
LI Q C,CHEN X C,YANG S,et al. Identification and evaluation of yield and quality traits of *Capsicum* germplasm resources [J/OL]. Molecular Plant Breeding,(2024-06-26) [2024-06-30]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20240625.1619.006.html.

(下转第35页)

LI P C，SU X D，WANG J J，et al. Effects of humic acid fertilizer and biological fertilizer on soil properties and grape yield and quality[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China，2018(1)：121-126.

[26] 全龙萍，王明，周波，等. 草炭和微生物菌剂对‘美乐’葡萄生长发育和果实品质的影响[J]. 植物生理学报，2023，59(12)：2344-2354.
QUAN L P，WANG M，ZHOU B，et al. Effects of peat and microbial agents on the growth and development of ‘Merlot’ grape[J]. Plant Physiology Journal，2023，59(12)：2344-2354.

[27] 张慧珍，张齐，高邦牢，等. 有机无机肥配施菌剂对葡萄园土壤、果实及葡萄酒品质的影响[J]. 中国土壤与肥料，2024(1)：129-140.
ZHANG H Z，ZHANG Q，GAO B L，et al. Effects of microbial agents and organic-inorganic fertilizer application on soil fertility，grape and wine quality in ‘Cabernet Sauvignon’ grape cultivar[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China，2024(1)：129-140.

[28] 郭艳兰，牟德生，张勤德，等. 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对‘黑比诺’葡萄生长、品质及土壤肥力的影响[J]. 江苏农业学报，2023，39(9)：1938-1944.
GUO Y L，MU D S，ZHANG Q D，et al. Effects of chemical fertilizer reduction combined with microbial fertilizer on growth，quality and soil fertility of ‘Pinot Noir’ grape[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences，2023，39(9)：1938-1944.

[29] 集贤，张平，姚云凤，等. 采后不同处理对维多利亚葡萄果实质构性能的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2013(4)：20-23.
JI X，ZHANG P，YAO Y F，et al. Effect of different postharvest treatments on the texture properties of Victoria grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2013(4)：20-23.

[30] 李志文，集贤，闫师杰，等. ‘巨峰’葡萄果实采后质地劣变机理研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2024(5)：38-44.
LI Z W，JI X，YAN S J，et al. Study on mechanism of postharvest texture deterioration of ‘Kyoho’ grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2024(5)：38-44.

[31] 张红梅. 花椒/牛至精油微胶囊的制备及其对葡萄贮藏品质的影响[D]. 呼和浩特：内蒙古农业大学，2022.
ZHANG H M. Preparation of pepper/oregano essential oil microcapsules and their effect on the storage quality of grapes[D]. Hohhot：Inner Mongolia Agricultural University，2022.

[32] ORTEGA-HERAS M，GONZALEZ-SANJOSE M L，BELTRAN S. Aroma composition of wine studied by different extraction methods[J]. Analytica Chimica Acta，2002，458(1)：85-93.

[33] VILANOVA M，GENISHEVA Z，BESCANSA L，et al. Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four *Vitis vinifera* cultivars at the last ripening stages[J]. Phytochemistry，2012，74：196-205.

[34] 商佳胤，李树海，集贤，等. 2 种生物有机肥对葡萄芳香物质组分的影响[J]. 西北植物学报，2012，32(9)：1829-1835.
SHANG J Y，LI S H，JI X，et al. Effects of two bio-organic fertilizer on aroma compounds of Italian Rieslings grape[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica，2012，32(9)：1829-1835.

[35] 于会丽，徐变变，徐国益，等. 海藻提取物与养分配施对葡萄果实品质及养分吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料，2021(5)：232-238.
YU H L，XU B B，XU G Y，et al. Effect of seaweed extract combined with nutrients on the quality and nutrient absorption of grape fruit[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China，2021(5)：232-238.

[36] 谢蜀豫，曹慕明，黄秋凤，等. 有机肥、微生物肥与化肥配施对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质及香气物质的影响[J]. 西南农业学报，2022，35(1)：153-161.
XIE S Y，CAO M M，HUANG Q F，et al. Effect of organic fertilizer，microbial fertilizer combined with chemical fertilizer on fruit quality and aroma components in ‘Shine Muscat’ grape[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，2022，35(1)：153-161.

[37] 谢超，唐会周，谭谊谈，等. 采收成熟度对樱桃果实香气成分及品质的影响[J]. 食品科学，2011，32(10)：295-299.
XIE C，TANG H Z，TAN Y T，et al. Effect of harvest maturity on aroma components and quality parameters of cherry fruits[J]. Food Science，2011，32(10)：295-299.

（责任编辑：屈李纯　裴阿卫）

（上接第 8 页）

[17] 胡晨曦，杨剑婷，翟思龙，等. 水氮一体化模式对设施辣椒产量和土壤理化性质的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版)，2024，45(2)：51-60.
HU C X，YANG J T，ZHAI S L，et al. Effects of integrated water and nitrogen management on facility pepper yield and soil physical and chemical properties[J]. Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)，2024，45(2)：51-60.

（责任编辑：屈李纯　陈婷婷）