



# ‘秦脆’苹果苦痘病发生规律研究

包会英,张 瑞,李露露,郝心茹,姚嘉丽,周会玲

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西杨凌 712100)

**摘 要** 以新品种‘秦脆’为试验试材,田间调研苦痘病发病情况与相关农艺性状,运用皮尔逊相关性分析、主成分分析、回归分析和通径分析的多元分析法,对‘秦脆’树高、主干径粗、营养枝强弱及数量、秋梢枝长短及数量、挂果量多少、果实大小等相关农艺性状和发病情况进行关联分析。结果表明:苦痘病始发于7月末8月初,不同果园、不同树龄苦痘病发病率相差较大;相关性分析表明,发病率与强营养枝(0.54)、长秋梢数(0.43)呈极显著正相关,与挂果量(-0.43)呈极显著负相关;多元回归方程表明,强营养枝、挂果量、长秋梢是决定苦痘病发病率的主要因子,它们决定了发病率的79.1%;通径分析表明,强营养枝数、长秋梢、果实大小是影响苦痘病发病率的直接因素,挂果量、树高、中营养枝、弱营养枝、短秋梢等性状通过影响强营养枝间接调控发病率。

**关键词** ‘秦脆’苹果;苦痘病;发生规律;相关性;多元回归方程

‘秦脆’苹果是西北农林科技大学选育出的晚熟优质抗逆新品种,该品种果实皮薄、质地细脆、汁液丰富、酸甜可口,深受消费者喜爱,有“世界上最好吃的苹果”的美誉<sup>[1]</sup>。但其在生产过程中易发生苦痘病,据调查显示,部分果园的苦痘病发病率高达20%~30%,个别单株病果率达到50%以上<sup>[2]</sup>,带有苦痘斑的果实失去商品价值,严重影响售价,且采后易腐烂<sup>[3]</sup>;苦痘病影响果实的品质和口感,给果农造成较大的经济损失,影响该品种的进一步推广。

苦痘病又称苦陷病,是苹果成熟期及贮藏期常发的一种生理病害,导致苹果苦痘病发生的因素也是复杂多样,有研究表明,苦痘病的发生与砧木类型、品种、树龄、生长势、负载量、营养施肥、果实大小、采收时期和贮藏条件等因素有关<sup>[4-5]</sup>。还有研究认为,果实苦痘病的发生与果实中Ca含量有关。马士进等<sup>[6]</sup>研究发现,‘斗南’苹果苦痘病果肉中的总钙含量低于正常果实;赵丹等<sup>[7]</sup>研究发现,富士苹果果实中钙含量较低时会加重苦痘病的发生;Miqueloto等<sup>[8]</sup>的研究表明,苦痘病的发生与果实钙含量之间没有明显相关性。

目前,对苹果苦痘病的研究大多数集中在对

果实中的钙含量以及与其他矿质营养的关系上,而研究农艺性状对苦痘病发病规律的影响较少。为此,本研究以‘秦脆’苹果为对象,通过田间调研‘秦脆’的相关农艺性状和苦痘病发病情况,明确影响苦痘病发病的直接或间接因素以及相互间的调控关系;确定影响‘秦脆’苹果苦痘病发生的主要影响因子,为‘秦脆’苹果苦痘病的防治提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

试验材料为新品种‘秦脆’,试验于2022年7-10月在陕西省乾县的6个果园进行。果园1位于咸阳绿港农业科技有限公司(34°62′39″N, 108°23′10″E)、果园2位于乾县阳裕镇辛宜村果园(34°62′46″N, 108°23′61″E)、果园3位于乾县梁山路林沟村果园(34°60′91″N, 108°20′19″E)、果园4位于乾县注泔镇果园(34°60′91″N, 108°20′19″E)、果园5位于陕西乾县乾丰合作社果园(34°35′18.652″N, 108°17′8.569″E)、果园6位于陕西乾县峰阳镇果园(34°41′0.720″N, 108°17′27.878″E),均为常规田间管理。

收稿日期:2023-04-14 修回日期:2023-05-05

基金项目:陕西省苹果产业转型升级关键技术研发及产业化示范科技重大专项(2020ZDZX03-05-01)。

第一作者:包会英,女,硕士研究生,研究方向为园艺产品的贮藏与保鲜。E-mail:1492790147@qq.com

通信作者:周会玲,女,副教授,博士生导师,主要从事园艺产品采后生理与贮藏研究。E-mail:zhouhuiling@nwsuaf.edu.cn

### 1.2 方法

采用五点取样法进行田间调研,在果园东、西南、北、中分别选取 10 棵生长状况一致的果树,统计果园发病率。观察果实的发病特征、测定并记录树高、营养枝数量及强弱、秋梢长短与数量、挂果量、果实大小等农艺性状。不同果园发病率根据病果数占调查样本树总果数的百分率来确定。发病率分类标准:0<发病率≤10%(轻)、10%<发病率≤20%(中)、20%<发病率(重);秋梢的分级标准:0 cm<秋梢长度≤50 cm(短)、50 cm<秋梢长度≤100 cm(中)、100 cm<秋梢长度(长);营养枝强弱的分级标准:0 cm<营养枝主干周长≤5 cm(弱)、5 cm<营养枝主干周长≤10 cm(中)、10 cm<营养枝主干周长(强)。

### 1.3 数据分析

用 Excel 2016 对各主要性状原始数据进行处理,以 SPSS 12.0 进行数据统计和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 ‘秦脆’苹果苦痘病的发病特征

‘秦脆’苹果苦痘病于 7 月末 8 月初开始发

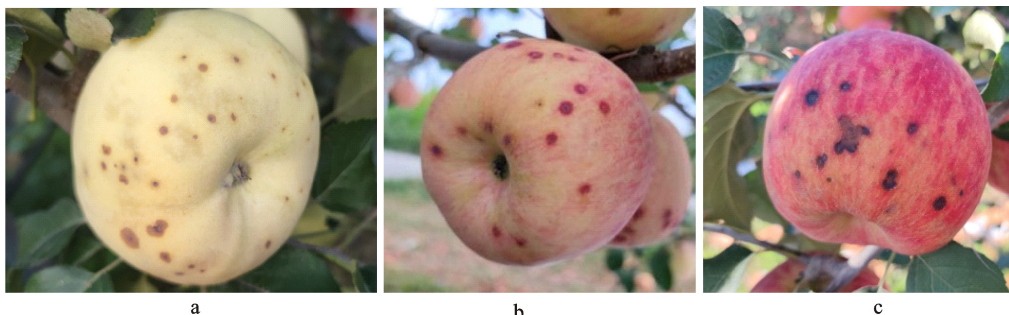
生,发病初期果实表面出现针点状病斑,且病斑多发生在近果顶处,靠果柄一端很少发生。随着时间的延长,病斑呈圆形向周围延伸,果皮坏死,并呈圆锥形向果肉凹陷深达 1~8 mm,有苦味。轻病果上一般有病斑 2~6 个,重的有几十个,甚至遍布整个果面。病斑颜色的变化如图 1 所示,发病前期为灰褐色斑,中期为暗红至紫红色斑,后期为黑褐色斑。

### 2.2 不同果园苦痘病发病情况

调查‘秦脆’苹果果园苦痘病发病情况,结果表明(表 1),6 个果园都有发病,且发病程度不同,发病程度最为严重的是果园 1 和果园 2,发病率分别为 25.54%、24.4%;发病程度为中度的是果园 3 和果园 5,发病率分别为 11.66%、13.49%;果园 4 和果园 6 发病程度为轻度,发病率分别为 5.21%、3.02%,不同果园发病率差异较大。

### 2.3 不同树龄苦痘病发病情况

由于果园 1 面积最大,发病程度最为严重且树龄不一致,采用五点取样法不具有代表性,因此根据树龄将果园 1 分为 8 个不同区域进行调查,结果表明(表 2),发病程度为重度的是树龄为 2 a



a. 发病初期;b. 发病中期;c. 发病后期  
a. Initial stage;b. Middle stage;c. Late stag

图 1 ‘秦脆’苹果苦痘病的发病症状

Fig. 1 Symptoms of the bitter pit of ‘Qinui’ apple

表 1 不同果园‘秦脆’苹果苦痘病发病率

Table 1 Incidence rate of bitter pit on ‘Qinui’ apple of different orchards

调查地点 Site	调查时间 Time	树龄/a Tree-age	调查总果 Total number	病果数 Number of diseased fruit	发病率/% Incidence rate	发病程度 Degree of disease
果园 1 Orchard 1	2023-09-28	2~4	16 912	4 319	25.54	重度 Severity
果园 2 Orchard 2	2023-09-26	3	1 575	337	21.40	重度 Severity
果园 3 Orchard 3	2023-09-27	3	1 295	151	11.66	中度 Moderate
果园 4 Orchard 4	2023-09-26	3	922	48	5.21	轻度 Mild
果园 5 Orchard 5	2023-09-27	3	897	121	13.49	中度 Moderate
果园 6 Orchard 6	2023-09-26	3	829	25	3.02	轻度 Mild

的 B 区、E 区及树龄为 3 a 的 D 区, 发病率分别为 40.15%、35.89%、27.34%, 树龄为 2 a 的 B 区和 E 区发病率高于树龄为 3 a 的 D 区; 发病程度为中度的是树龄为 3 a 的 C 区、G 区及树龄为 4 a 的 H 区, 发病率分别为 17.16%、11.05%、

10.22%, 树龄为 4 a 的 H 区发病率低于树龄为 3 a 的 C 区及 G 区, 树龄为 4 a 的 A 区和 F 区发病程度为轻度, 发病率分别为 4.01%、6.41%。可以看出, 苦痘病发病率与果树生长年限有直接关系, 且树龄小发病率高。

表 2 不同区域‘秦脆’苹果苦痘病发病率

Table 2 Incidence rate of bitter pit on ‘Qincui’ apple of different areas

调查地点 Region	树龄/a Tree-age	调查总果 Total number	病果数 Number of diseased fruit	发病率/% Incidence rate	发病程度 Degree of disease
A 区 Zone A	4	2 072	83	4.01	轻度 Mild
B 区 Zone B	2	2 339	939	40.15	重度 Severity
C 区 Zone C	3	2 034	349	17.16	中度 Moderate
D 区 Zone D	3	2 242	613	27.34	重度 Severity
E 区 Zone E	2	2 101	754	35.89	重度 Severity
F 区 Zone F	4	2 029	130	6.41	轻度 Mild
G 区 Zone G	3	2 108	233	11.05	中度 Moderate
H 区 Zone H	4	1 987	203	10.22	中度 Moderate

## 2.4 ‘秦脆’苹果苦痘病的发病规律

### 2.4.1 苦痘病发病率与农艺性状相关性分析

通过相关性分析, 结果表明(表 3), ‘秦脆’苹果苦痘病发病率与主干径粗、强营养枝、中营养枝、长秋梢、中秋梢、果实大小均呈正相关, 其中, 和强营养枝、长秋梢呈极显著水平, 相关系数分别为

0.54、0.43 ( $P < 0.01$ ); 和中秋梢、果实大小呈显著水平, 相关系数分别为 0.33、0.32 ( $P < 0.05$ )。与树高、弱营养枝、短秋梢、挂果量呈负相关, 其中与挂果量呈极显著负相关, 相关系数为 -0.43 ( $P < 0.01$ ), 与树高和弱营养枝呈显著负相关, 相关系数分别为 -0.29、-0.29 ( $P < 0.05$ )。

表 3 ‘秦脆’苹果相关性状与苦痘病发病率相关性系数

Table 3 Correlation coefficient between correlation traits of ‘Qincui’ apple and incidence rate of bitter pit

农艺性状 Agronomic character	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	Y
$X_1$	1										
$X_2$	0.13	1									
$X_3$	0.09	0.32*	1								
$X_4$	-0.01	0.22	0.23	1							
$X_5$	-0.23	-0.02	-0.41*	0.20	1						
$X_6$	0.28	-0.06	0.30*	-0.03	-0.28	1					
$X_7$	0.11	0.19	0.51**	-0.19	-0.42**	0.33*	1				
$X_8$	0.01	0.33*	0.23	-0.37*	-0.18	-0.09	0.21	1			
$X_9$	0.15	0.62**	0.17	0.45**	0.17	-0.02	-0.01	0.08	1		
$X_{10}$	0.04	-0.47	0.226*	0.19	-0.11	-0.07	-0.18	-0.21	-0.62**	1	
Y	0.10	-0.29*	0.54**	0.10	-0.29*	0.43**	0.33*	-0.04	-0.43**	0.32*	1

注:  $X_1$ . 主干径粗;  $X_2$ . 树高;  $X_3$ . 强营养枝数;  $X_4$ . 中营养枝数;  $X_5$ . 弱营养枝数;  $X_6$ . 长秋梢数;  $X_7$ . 中秋梢数;  $X_8$ . 短秋梢数;  $X_9$ . 挂果量;  $X_{10}$ . 果实大小; Y. 发病率。下表同。\* 为  $P < 0.05$  显著水平标记, \*\*  $P < 0.01$  极显著水平标记。

Note:  $X_1$ . Trunk diameter;  $X_2$ . Tree height;  $X_3$ . Number of strong vegetative branches;  $X_4$ . Number of mesotrophic branches;  $X_5$ . Number of weak vegetative branches;  $X_6$ . Number of long autumn shoots;  $X_7$ . Number of mid autumn shoots;  $X_8$ . Number of short autumn shoots;  $X_9$ . Fruiting quantity;  $X_{10}$ . Fruit size; Y. Incidence rate. The same below. \* is a marker at significant level of  $P < 0.05$ , and \*\* is marker at extremely significant level of  $P < 0.01$ .

2.4.2 苦痘病发病率与农艺性状的主成分分析

为了能更充分反映各性状对‘秦脆’苹果苦痘病发病率的影响,对上述性状进行主成分分析,结果表明(表 4),所有主成分构成中,主成分 1、主成分 2、主成分 3 和主成分 4 对‘秦脆’苹果性状信息的贡献率分别为 24.91%、23.59%、14.22%、9.98%,其累计贡献率达 72.69%,表明这 4 个主成分已覆盖大部分性状的主要信息。主成分 1 特征向量值为 2.74,其中载荷较高且符号为正的性状有强营养枝数(0.79)、中秋梢数(0.67),发病率载荷值为正(0.29),该成分以发病率为控制因子,说明强营养枝数、中秋梢数在一定程度上增加

了‘秦脆’苦痘病的发病率。主成分 2 特征向量值为 2.60,其中载荷较高且符号为负的性状有挂果量(-0.79)、树高(-0.60),发病率载荷值为正(0.76),说明挂果量、树高在一定程度上降低了‘秦脆’苦痘病的发病率。主成分 3 和主成分 4 特征向量值分别为 1.56 和 1.10,说明主成分 3 是以中营养枝数(0.81)为控制因子的成分,该成分发病率载荷值为正(0.36),说明中营养枝对‘秦脆’苹果苦痘病为正效应,主成分 4 以主干径粗(-0.79)为控制因子的成分,该成分发病率载荷值为正(0.243),说明主干径粗对发病率有负效应。

表 4 ‘秦脆’苹果农艺性状的主成分分析

Table 4 Principal component analysis of agronomic traits of ‘Qincui’ apple

指标 Index	成份 Component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
特征值 Eigenvalue	2.74	2.60	1.56	1.10
贡献率/% Contribution rate	24.91	23.59	14.22	9.98
累积贡献率/% Cumulative contribution rate	24.91	48.50	62.71	72.69
X <sub>1</sub>	0.34	0.09	0.10	-0.79
X <sub>2</sub>	0.58	-0.60	-0.12	0.06
X <sub>3</sub>	0.79	0.22	0.20	0.38
X <sub>4</sub>	0.14	-0.39	0.81	0.22
X <sub>5</sub>	-0.54	-0.45	0.21	0.13
X <sub>6</sub>	0.45	0.43	0.29	-0.37
X <sub>7</sub>	0.67	0.34	-0.18	0.10
X <sub>8</sub>	0.38	-0.07	-0.72	0.20
X <sub>9</sub>	0.43	-0.79	0.19	-0.11
X <sub>10</sub>	-0.55	0.57	0.08	0.05
Y	0.29	0.76	0.36	0.24

2.4.3 苦痘病发病率与农艺性状的回归与通径分析

为进一步了解‘秦脆’苹果苦痘病发病率与其他性状之间的关系,以性状因子为自变量(X),以发病率(Y)为因变量进行逐步回归分析,留下对发病率(Y)影响显著的因子有 X<sub>3</sub>(强营养枝)、X<sub>6</sub>(长秋梢)、X<sub>9</sub>(挂果量),其他因子被剔除,得逐步回归方程:Y=29.64+3.58X<sub>3</sub>-0.81X<sub>6</sub>-0.85X<sub>9</sub>(R<sup>2</sup>=0.791,F=30.159,P=0.001)。回归方程表明:X<sub>3</sub>(强营养枝)、X<sub>9</sub>(挂果量)、X<sub>6</sub>(长秋梢)是决定苦痘病发病率的主要因子,它们决定了发病率的 79.1%。

通径分析能更好地反映性状之间的相互调控

关系,结果表明(表 5),农艺性状对‘秦脆’苹果苦痘病发病率的直接贡献大小排序为:0.52(强营养枝数)>挂果量(|-0.42|)>长秋梢(0.25)>树高(|-0.24|)>果实大小(0.19)>中秋梢数(0.11)>弱营养枝数(0.06)。说明与导致发病率升高有直接影响的因素有强营养枝数、长秋梢、果实大小、中秋梢数、弱营养枝数;发病率与挂果量、树高也有较高的相关性,但是它们对发病率的影响是通过其他性状的间接影响。间接通径系数表明,通过强营养枝数的间接通径系数值普遍较大,挂果量、树高、中营养枝、弱营养枝、短秋梢等性状是通过影响强营养枝间接调控发病率。

表 5 ‘秦脆’苹果苦痘病发病率与农艺性状的通径分析

Table 5 Pathway analysis of incidence rate of bitter pit on ‘Qincui’ apple and its agronomic traits

农艺性状 Agronomic character	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient						
			X <sub>2</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
X <sub>2</sub>	-0.29*	-0.24		-0.08	0.00	0.01	-0.05	-0.15	0.11
X <sub>4</sub>	0.54**	0.52	0.17		-0.21	0.16	0.27	0.09	-0.12
X <sub>5</sub>	-0.29*	0.06	0.00	-0.03		-0.02	-0.03	0.01	0.01
X <sub>6</sub>	0.43**	0.25	-0.01	0.07	-0.10		0.08	0.00	-0.02
X <sub>8</sub>	0.33*	0.11	0.02	0.06	-0.05	0.04		0.00	0.00
X <sub>9</sub>	-0.43**	-0.42	-0.26	-0.07	-0.07	0.01	0.00		0.26
X <sub>10</sub>	0.32*	0.19	-0.09	-0.04	0.02	-0.01	-0.03	-0.12	

注: \* 为  $P < 0.05$  显著水平标记, \*\*  $P < 0.01$  极显著水平标记。

Note: \* is marker at significant level of  $P < 0.05$ , and \*\* is marker at extremely significant level of  $P < 0.01$ .

### 3 讨论

多元分析法研究表明,与苦痘病发病率相关系数较大的性状有:强营养枝( $r = 0.54, P < 0.01$ )、长秋梢( $r = 0.43, P < 0.01$ )、挂果量( $r = -0.43, P < 0.01$ );强营养枝、挂果量、长秋梢是决定苦痘病发病率的主要因子,它们决定了发病率的 79.1%。间接通径系数表明,通过强营养枝数的间接通径系数值普遍较大,所以挂果量、树高、中营养枝、弱营养枝、短秋梢等性状是通过影响强营养枝间接调控发病率的。强营养枝多、长秋梢多、挂果量少的果树容易发生苦痘病,而中营养枝多,秋梢短,挂果量多的果树发病率低;长秋梢生长多的果树,由于秋梢的生长与果实竞争养分和矿物质元素,导致果实对钙的吸收不够,加重果实苦痘病的发生。这与秦永凤等<sup>[9]</sup>、赵杰<sup>[10]</sup>等对苦痘病的研究结果相似。李都鸽等<sup>[11]</sup>研究发现生产上过量施用尿素,特别是生长后期偏施氮肥,会导致果树营养生长旺盛,使苦痘病的发病率上升。与李锋<sup>[12]</sup>在苹果苦痘病发病症状及防治中的描述一致。高仁生<sup>[13]</sup>在研究‘寒富’苹果苦痘病发病率的影响中,也发现氮肥过多会使苦痘病的发病率上升。Cutting 等<sup>[14]</sup>研究发现果树新梢旺长时期,新梢顶端生长素产生量较大,新梢与果实  $Ca^{2+}$  竞争增强,因此苦痘病发病率高。

综上所述,在‘秦脆’苦痘病防治过程中不能一味地只追求补钙的数量而进行盲目的补钙,还要注重对果树的相关农艺性状进行调节,如用拉枝开角、使用生长抑制剂等方法取代环剥来控制树势,保持树势中庸,控制秋梢生长,尽量避免

对果树进行严重的疏花疏果,合理负载、生产适宜大小的果实,果树生长后期减少氮肥的施用量,苦痘病发病较晚,应该提前做好管理措施,以降低苦痘病的发生,提高果实的品质。

### 参考文献 Reference:

- [1] 邹养军,马锋旺,符轩畅,等.晚熟苹果新品种‘秦脆’[J].园艺学报,2019,46(5):1011-1012.  
ZOU Y J, MA F W, FU X CH, et al. A new late maturing apple variety ‘Qincui’ [J]. *Journal of Horticulture*, 2019, 46(5):1011-1012.
- [2] 巩峻豪,陈建文,车琴琴,等.‘富士’苹果果实主要矿质元素与苦痘病发生的关系[J].中国农学通报,2020,36(28):137-142.  
GONG J H, CHEN J W, CHE Q Q, et al. The relationship between the main mineral elements in Fuji’ apple fruit and the occurrence of bitter pox [J]. *Chinese Journal of Agronomy*, 2020, 36(28):137-142.
- [3] 李永焘,褚广东,方国红,等.‘秦脆’苹果施钙预防苦痘病试验[J].西北园艺(果树),2021(6):45-47.  
LI Y T, CHU G D, FANG G H, et al. Experiment on calcium application to prevent bitter pox in ‘Qincui’ apples [J]. *Northwest Horticulture (Fruit Tree)*, 2021(6):45-47.
- [4] JEMRI T, FRUK I, FRUK M, et al. Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: A review [J]. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2016, 14(4):1-12.
- [5] 董宇,冯云霄,关军锋,等.‘富士’苹果痘斑病与 Ca 营养、分布和定位[J].中国农业科学,2013,46(18):3834-3841.  
DONG Y, FENG Y X, GUAN J F, et al. Fuji’s apple pox spot disease and Ca nutrition, distribution and localization [J]. *China Agricultural Sciences*, 2013, 46(18):3834-3841.
- [6] 马士进,刘玲玲,程玉豆,等.‘斗南’苹果苦痘病与果实 Ca、Mg、K 含量的关系[J].河北农业大学学报,2015,38(6):65-

- 72.
- MA SH J, LIU L L, CHENG Y D, *et al.* Relationship between Dounan's apple bitter acne disease and fruit Ca, Mg and K content[J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2015, 38(6): 65-72.
- [7] 赵丹, 陈梦华, 苏彦苹, 等. 果实、叶片及土壤主要矿质元素与‘长富2’苹果苦痘病的发生研究[J]. *河北农业学报*, 2015, 38(6): 57-64.
- ZHAO D, CHEN M H, SU Y P, *et al.* Study on the occurrence of main mineral elements of fruit, leaf and soil and apple bitter acne disease of ‘Changfu 2’[J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2015, 38(6): 57-64.
- [8] MIQUELOTO A, DO AMARANTE C V T, STEFFENS C A, *et al.* Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit[J]. *Scientia Horticulturae*, 2014, 165(22): 319-323.
- [9] 秦永凤, 梁俊, 韩明明, 等. ‘瑞阳’苹果苦痘病的发生与主要营养元素含量的关系[J]. *果树学报*, 2020, 37(12): 1907-1913.
- QIN Y F, LIANG J, HAN M M, *et al.* The relationship between the occurrence of bitter spot disease and the content of main nutrient elements in ‘Ruiyang’ apple [J]. *Journal of Fruit Tree Science*, 2020, 37(12): 1907-1913.
- [10] 赵杰, 徐晓厚. 苹果苦痘病成因分析与综合防控[J]. *农业知识*, 2021(23): 20-21.
- ZHAO J, XU X H. Cause analysis and comprehensive prevention and control of apple bitter pox [J]. *Agricultural Knowledge*, 2021(23): 20-21.
- [11] 李都鸽, 赵淑芹, 李洁. 苹果苦痘病防控从秋季施肥开始[J]. *西北园艺(果树)*, 2020(5): 22-23.
- LI D G, ZHAO SH Q, LI J, *et al.* The prevention and control of bitter pox in apple should start from fertilization in autumn [J]. *Northwest Horticulture (Fruit trees)*, 2020(5): 22-23.
- [12] 李锋. 苹果苦痘病发病症状及防治[J]. *现代农村科技*, 2022(1): 36.
- LI F. Symptoms and prevention of apple bitter spot disease [J]. *Modern Rural Science and Technology*, 2022(1): 36.
- [13] 高仁生. 氮素对‘寒富’苹果苦痘病发病率的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- GAO R SH. Effect of nitrogen on incidence rate of ‘Hanfu’ apple bitter pox [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020.
- [14] CUTTING J, BOWER J P. The relationship between basipetal auxin transport and calcium allocation in vegetative and reproductive flush in avocado[J]. *Scientia Horticulturae*, 1989, 41(1-2): 27-34.

## Incidence Regularity and Correlating Agronomic Traits of Bitter Pit Disease on ‘Qincui’ Apple

BAO Huiying, ZHANG Rui, LI Lulu, HAO Xinru, YAO Jiali and ZHOU Huiling

(College of Horticulture of Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract** The incidence of bitter pit disease and related agronomic traits were investigated using the new apple variety ‘Qincui’ as an experimental material. Multiple analysis methods including Pearson correlation analysis, principal component analysis, regression analysis, and path analysis were used to analyze the correlation between the incidence and related agronomic traits such as tree height, trunk diameter, nutrient branch strength and quantity, autumn branch length and quantity, fruit quantity, and fruit size. The results showed that the bitter pit typically emerged between the end of July and the beginning of August. The incidence rate of bitter pit in different orchards and regions varied greatly; the correlation analysis showed that the incidence rate was positively correlated with the number of strong vegetative branches (0.54) and the number of autumn shoots (0.43), while displaying a significantly negative correlation with the number of fruit bearing (-0.43); multivariate regression equation showed that the main factors determining the incidence rate of bitter pit were strong vegetative branches, fruit bearing amount and long autumn shoots, collectively accounting for 79.1% of the incidence rate; path analysis identified the number of strong vegetative branches, long autumn shoots, and fruit size as direct factors affecting the incidence rate of bitter pit disease. The fruit bearing quantity, tree height, medium vegetative branches, weak vegetative branches, and short autumn shoots indirectly regulated the incidence rate by influencing the strong vegetative branches.

**Key words** ‘Qincui’ apple; Bitter pit disease; Occurrence rule; Correlation; Multiple regression equation

**Received** 2023-04-14

**Returned** 2023-05-05

**Foundation item** Major Project for Apple Industry Transformation and Upgrading; Key Technology Research, Development and Industrialization Demonstration Technology of Shaanxi Province (No. 2020ZDZX03-05-01).

**First author** BAO Huiying, female, master student. Research area: storage and preservation of horticultural products. E-mail: 1492790147@qq.com

**Corresponding author** ZHOU Huiling, female, associate professor, doctoral supervisor. Research area: postharvest physiology and storage of horticultural products. E-mail: zhouhuiling@nwsuaf.edu.cn

(责任编辑:郭柏寿 Responsible editor: GUO Baishou)