

梅下毛瘿螨为害对杏树幼芽结构和生理的影响

张 瑾¹, 徐秉良^{1,*}, 吴步梅²

(¹甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中一美草地畜牧业可持续发展研究中心, 兰州 730070; ²兰州市农业科技研究推广中心, 兰州 730010)

摘 要: 针对梅下毛瘿螨 [*Acalitus phloeocoptes* (Nalepa)] 为害造成的杏芽瘿进行了田间调查和室内研究。用石蜡切片法对受害芽组织形态进行了观察描述, 采用蒽酮比色法、考马斯亮蓝 G-250 法及紫外分光光度法对受害芽可溶性糖、可溶性蛋白质、过氧化氢酶活性等进行了测定。结果表明: 在所调查杏树栽培品种中杏芽瘿普遍发生, 包括意大利杏、双仁杏、金太阳等 10 个品种, 在甘肃省兰州市秦王川地区发生最严重时病情指数为 48。梅下毛瘿螨主要侵染杏树幼芽, 受害芽增生畸变, 形成大小不等的刺状瘿瘤。瘿瘤切片观察结果表明: 受害芽解剖结构发生了明显变化, 芽轴自下而上膨大, 木质化程度由内向外逐渐加剧, 外侧幼叶木质化程度高, 尤其是靠近芽轴的基部已完全木质化并且明显增厚, 叶片外张, 内层幼叶外露; 幼叶表皮细胞大小不一, 表皮显著增厚并且完全木质化, 叶肉细胞排列乱而松弛, 后期解体。受害芽与正常芽相比可溶性糖含量下降, 最大降幅为 49.85%, 受害芽的可溶性蛋白质、游离氨基酸和游离脯氨酸含量均升高, 最高分别上升 9.85%、96.87% 和 69.44%, 过氧化氢酶活性亦增加, 最高增加 106.82%。

关键词: 杏; 杏芽瘿; 梅下毛瘿螨; 组织病理学; 生理指标

中图分类号: S 662.2

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2014) 04-0653-08

Effect of *Acalitus phloeocoptes* Injury on Morphology and Physiology of Apricot Bud

ZHANG Jin¹, XU Bing-liang^{1,*}, and WU Bu-mei²

(¹College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; ²Lanzhou Agricultural Technology Research and Extension Center, Lanzhou 730010, China)

Abstract: Apricot bud gall caused by *Acalitus phloeocoptes* (Nalepa) was investigated and studied in field and indoor. The morphology of injured apricot bud was observed and described by paraffin sections. And the content of soluble sugar, soluble protein and hydrogen peroxidase activity of injured apricot bud was determined by anthrone colorimetry, coomassie brilliant blue G-250 and UV spectrophotometry. The results showed that apricot bud gall has been found from all investigated apricot cultivars, including 10 cultivars such as Italian apricot, Shuangrenxing, Goldsun etc. The highest disease index was 48 in Qinwangchuan District, Lanzhou City. *A. phloeocoptes* mainly injured apricot bud and caused it

收稿日期: 2013-11-16; 修回日期: 2014-03-25

基金项目: 兰州市科技局计划项目 (2010-1-40); 兰州市科技局攻关项目 (07-XH-05, 2008-1-194)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: xubl@gsau.edu.cn)

proliferated and deformed gradually, and formed acanthoid gall tumor structure. The anatomy of injured buds showed obvious changes by tissue sectioning. The injured bud axis inflated obviously from the basal to the upper parts. Degree of lignifications of immature leaves aggravated gradually from inside to outside. External immature leaves lignified seriously, especially the lower part of leaves nearby bud axis, which lignified completely and thickened remarkably, resulting in leaves' stretching outward and internal immature leaves' disclosing completely. The epidermal cells had different sizes, and epidermis of leaves had much thickened and lignified completely. Mesophyll cells arranged loosely and in disorder and disintegrated at last. Compared with healthy apricot buds, the physiology of injured ones had obvious change. The content of soluble sugar decreased, with the largest decrease 49.85%. While the content of soluble protein, free amino acid, and free proline, as well as the activity of hydrogen peroxidase increased, with the highest increase 9.85%, 96.87%, 69.44% and 106.82%, respectively.

Key words: apricot; apricot bud gall; *Acalitus phloeocoptes*; histopathology; physiology

杏芽瘿在杏园内普遍发生, 表现为杏树枝条上长满大大小小的瘿瘤组织, 严重影响了生产。杏芽瘿在全世界各地都有分布, 主要发生在欧洲中部和南部、地中海地区、美国北部和南部以及东亚地区 (Castagnoli & Oldfield, 1996)。杏芽瘿为梅下毛瘿螨 [*Acalitus phloeocoptes* (Nalepa)] 侵染所致。1890 年 Nalepa (1890) 首次对梅下毛瘿螨命名并报道了其侵染欧洲李, 随后陆续有很多学者对该螨进行了报道。在北美和西班牙东南部主要侵染李 (Garman, 1894; Lacasa et al., 1990), 在德国和意大利主要侵染普通杏和桃 (Garman, 1894), 在地中海地区主要侵染仁用杏 (Lindquist & Oldfield, 1996)。在中国最早由匡海源命名该螨为梅下毛瘿螨, 魏勇良等 (1991) 首次报道该螨主要侵染普通杏树, 危害其幼嫩芽并形成永久的不规则的瘿瘤, 这些瘿瘤单生或簇生且逐渐木质化。

各种瘿螨均能够导致寄主的解剖结构和生理生化发生变化, 例如 *Aceria anthocoptes* 对丝路蓟 [*Cirsium arvense* (L.) Scop] 叶片的维管束和韧皮部产生影响, 使得叶片卷曲、变色和矮小 (Dragana et al., 2006); *Aculops lycopersici* (Massee) 侵染使得番茄叶片卷曲、叶绿体缺失 (Stone & Schönrogge, 2003); 梨瘿螨 (*Eriophyes pyri* Pagenstecher) 侵染使梨树发生梨叶肿 (陈应武 等, 2003); 还有 *Aceria schlechtendali* (Nalepa) 为害苹果叶片背面产生锈状斑点 (Kozłowski, 1998; Dragana et al., 2006); 以及 *Aculus cornutus* (Banks) 为害桃芽, 使展开的幼叶上产生黄斑, 后期叶片卷曲畸变 (Andersen & Mizell, 1987)。梅下毛瘿螨 (*A. phloeocoptes*) 侵染使李树幼芽基部产生球形瘿瘤 (Jeppson et al., 1975), 但对杏树解剖结构尚未见相关报道。

梨瘿螨侵染梨树后, 叶片的可溶性糖含量下降了 19.86%, 可溶性蛋白质、游离氨基酸、游离脯氨酸和过氧化氢酶活性分别上升了 29.17%、21.59%、107.03% 和 22.62% (陈应武 等, 2004), 番茄刺皮瘿螨为害可使番茄叶片叶绿素、可溶性糖含量下降, 可溶性蛋白质和游离氨基酸含量增加, 但为害时间过长时两项指标则下降, 游离脯氨酸含量则随着螨量的增大而明显上升 (吴娟 等, 2006)。

近年来甘肃省兰州市杏栽培面积达到 2 000 ~ 2 600 hm², 但杏芽瘿发生日趋严重, 严重影响杏的产量和品质。鉴于此, 本试验中对甘肃省兰州市发生的杏芽瘿为害情况、发生症状以及对寄主组织病理学的影响和生理生化的影响进行了研究, 旨在为明确其发生规律和为害程度以及为综合防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料及其杏芽瘿的田间调查

杏芽瘿的调查在兰州市秦王川地区的史喇口、宗家梁、中川和树屏村内杏树产业示范园区内进行, 10 个杏树品种包括‘意大利杏’(Italian apricot)、‘双仁杏’(Shuangrenxing)、‘金太阳’(Goldsun)、‘兰州大接杏’(Lanzhou Dajixing)、‘安宁 18 号’(Anning 18)、‘骆驼黄’(Luotuhuang)、‘水杏’(Shuixing)、‘串枝红’(Chuanzhihong)、‘曹杏’(Caoxing)和‘白杏’(Baixing)。

2010—2012 年, 在发生杏芽瘿的杏园内按“Z”字型取样调查, 每个杏园共取 5 点, 每点 6 株树, 每个果园共 30 株。每株按东、西、南、北、中 5 个方位各调查 10 个枝条, 按表 1 分级标准进行分级调查, 并计算病情指数。

病情指数 (DI) = Σ (该级别枝条数 \times 受害等级) / (调查总枝数 \times 最重病级) $\times 100$ 。

表 1 杏芽瘿分级标准

Table 1 Grading standard of the apricot bud gall

受害等级 Injured grade	瘿瘤直径/cm Diameter of galls	瘿瘤个数 Number of galls
0	-	0
1	$\geq 1, < 2$	≤ 5
2	$\geq 2, < 2.5$	5 ~ 10
3	$\geq 2.5, < 3$ (或 $\geq 1, < 2$)	6 ~ 10 (或 10 ~ 15)
4	≥ 3 (或 $\geq 1, \leq 2.5$)	> 11 (或 > 15)

1.2 杏芽的组织病理形态观察

田间选取 2、3 年生枝条上直径为 1 ~ 2 cm 的杏芽瘿瘤上的畸变芽及萌发 7 d 的健康芽 (目测观察无其它病虫害危害), 将其完整取下, 用单面刀片将芽纵向切成小块, 及时浸泡在 FAA 固定液中固定, 制作石蜡切片 (Jensen, 1962; 李正理, 1996; Dragana et al., 2006)。

1.3 杏芽的生理指标测定

选择杏果园内受瘿螨为害相对较轻的兰州大接杏和双仁杏及受害较重的安宁 18 号和水杏 4 个主要栽培品种, 分别取受害芽和健康芽测定可溶性糖、可溶性蛋白质、游离氨基酸、游离脯氨酸含量和过氧化氢酶活性。可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法 (邹琦, 2000)。可溶性蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 法 (张龙翔 等, 1997)。游离氨基酸含量的测定采用茚三酮溶液显色法 (张云贵 等, 2005; 徐克章, 2007)。游离脯氨酸含量的测定采用紫外分光光度法 (张殿忠 等, 1990; 李合生, 2000)。过氧化氢酶活性的测定采用紫外分光光度法 (李仕飞 等, 2007)。

2 结果与分析

2.1 杏芽瘿的症状及田间发病调查

通过 2010—2012 年在田间对杏芽瘿的调查发现, 在兰州市秦王川地区杏芽瘿发生严重, 2010 年在史喇口、宗家梁、中川和树屏村 4 个杏树示范园区内, 杏芽瘿病情指数分别为 48、33、45 和 41; 2011 年分别为 48、31、42 和 42; 2012 年分别为 46、31、46 和 41。连续 3 年调查表明杏芽瘿发生严重时病情指数可以达 48。调查的主要栽培杏品种意大利杏、双仁杏、金太阳、兰州大接杏、水杏、安宁 18 号、骆驼黄、串枝红、曹杏和白杏均有杏芽瘿发生。

兰州市杏树产业示范园区内杏芽瘿螨自然种群由甘肃农业大学昆虫系根据形态特征鉴定为梅下毛瘿螨 [*Acalitus phloeocoptes* (Nalepa)]。受其为害杏芽的典型症状为芽畸变形成瘿瘤。受害初期芽畸变增生, 簇生形成芽丛, 后期芽丛逐渐形成大小不等的刺状瘿瘤, 一个瘿瘤内有多个畸变芽,

后期瘿瘤褐化, 瘿瘤处不再萌发, 或偶发弱枝, 弱枝存活时间不长就变褐枯萎, 瘿瘤形成后不易脱落。瘿瘤内的单个芽包被松弛, 鳞片增多且由内向外变成褐色, 外部鳞片不能完全包被内部幼叶且质地脆, 用拨针挑取易碎。调查的兰州大接杏 2、3 年生枝条上着生直径 1 ~ 4 cm 不等瘿瘤, 它们密集绕茎生长 (图 1), 发病严重时一个枝条上瘿瘤可达 20 ~ 30 个, 在一些大枝及主干上, 瘿瘤直径达 5 ~ 8 cm。受害杏树表现为发芽和开花期延迟, 枝叶稀疏, 果实少且品质差, 树势显著衰退, 严重者整株枯死。密集种植较疏松种植的果园的杏芽瘿发生严重, 粗放管理较精细管理的果园发生严重, 且 2 ~ 3 年枝条较多年生枝条发生严重。

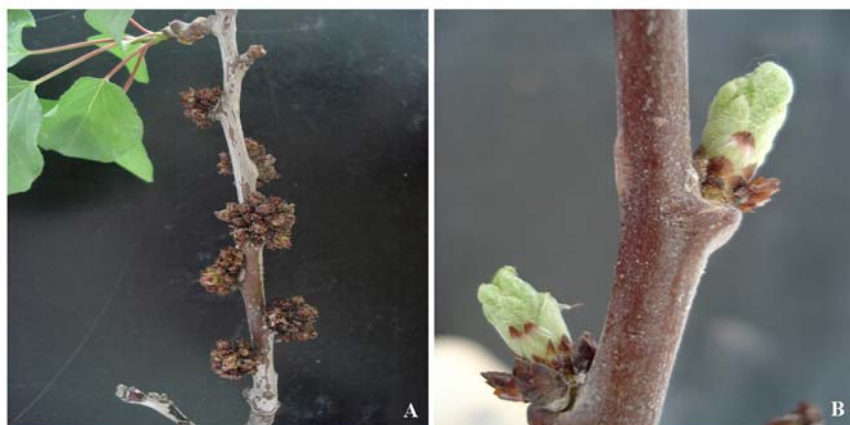


图 1 杏芽瘿侵染的症状

A: 杏芽瘿侵染的枝条; B: 健康芽。

Fig. 1 Apricot bud gall by *A. phloeocoptes*

A: Branches with galls; B: Healthy buds.

2.2 梅下毛瘿螨对杏树幼芽组织结构的影响

2.2.1 受害芽的结构

与健康芽相比, 梅下毛瘿螨为害导致芽解剖结构发生明显变化 (图 2)。受害芽轴自下而上向外膨大, 芽轴上着生的幼叶分为外层幼叶和内层幼叶, 外层幼叶木质化程度较高, 尤其是最外层幼叶

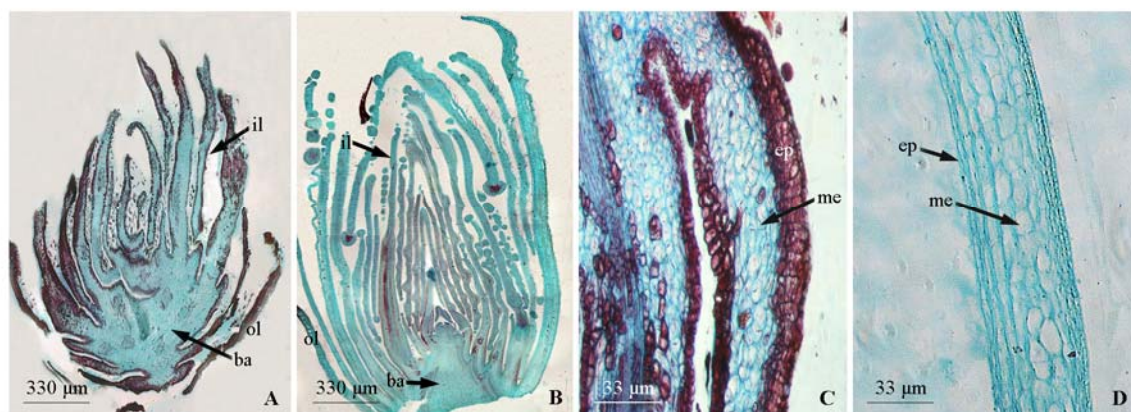


图 2 杏芽纵切结构图

A: 受害芽; B: 健康芽; C: 受害芽木质化幼叶; D: 健康幼叶。il: 内部鳞片; ol: 外部鳞片; ba: 芽轴; ep: 表皮; me: 叶肉。

Fig. 2 Longitudinal structure section of apricot bud

A: The infected apricot bud by *A. phloeocoptes*; B: Healthy apricot bud; C: A single lignified leaf of deformed bud;

D: A single healthy leaf of healthy bud. il: Inner leaf; ol: Outer leaf; ba: Bud axis; ep: Epidermal; me: Mesophyll.

完全木质化, 它们明显小于内部幼叶, 其它外层幼叶虽然未完全木质化, 但在靠近芽轴的部分也完全木质化并且明显增厚, 因此使得叶片外张, 由于外层幼叶减小和外张从而外层幼叶不能包被内侧幼叶; 内层幼叶靠近芽轴一侧到顶端木质化程度逐渐加剧, 即幼叶基部细胞仅表皮细胞木质化, 而顶端细胞全部木质化 (图 2, A)。受害幼叶增厚显著, 尤其是上、下表皮细胞明显增厚, 大小不一且完全木质化, 叶肉细胞排列乱而松弛, 细胞间隙大, 部分内部细胞结构解体 (图 2, C)。

2.2.2 正常芽的结构

健康芽芽轴四周着生着若干幼叶, 幼叶由内到外逐渐增大, 外部幼叶层叠包被内部幼叶, 整个芽内部结构整齐, 未见到木质化 (图 2, B)。正常幼叶上、下表皮细胞大小一致排列紧密, 细胞间隙小, 明显小于叶肉细胞且无增厚和木质化现象, 叶肉细胞大小不规则, 但排列较紧密, 由于尚未发育成熟, 栅栏组织和海绵组织分化不明显 (图 2, D)。

2.3 梅下毛瘿螨对杏树幼芽生理生化的影响

4 个品种受害芽可溶性糖含量明显低于健康芽, 降低幅度 28.88% ~ 49.58% (图 3)。4 个品种的受害芽的可溶性蛋白质含量明显高于健康芽, 升高幅度 4.75% ~ 9.85% (图 4)。

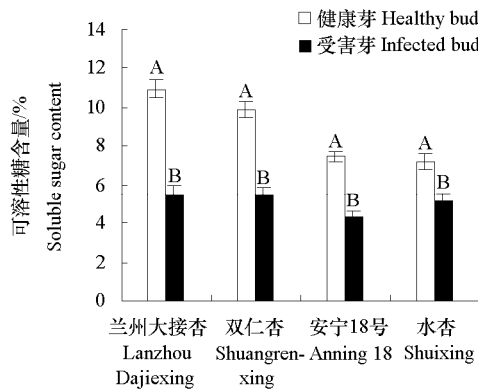


图 3 梅下毛瘿螨为害对杏树幼芽可溶性糖含量的影响

Fig. 3 The influence on soluble sugar content of injured bud by *A. phloeocoptes*
 $P < 0.01$.

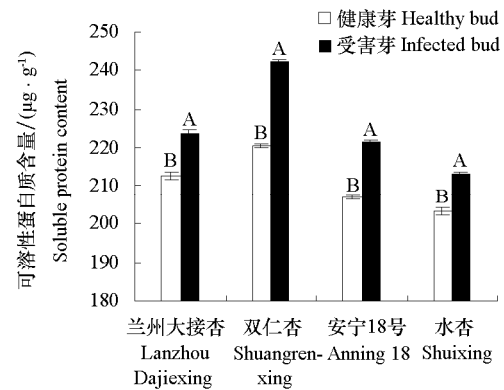


图 4 梅下毛瘿螨为害对杏树幼芽可溶性蛋白质的影响

Fig. 4 The influence on soluble protein content of injured bud by *A. phloeocoptes*
 $P < 0.01$.

游离氨基酸含量的测定结果 (图 5) 表明, 4 个品种受害芽的游离氨基酸含量明显高于健康芽, 升高幅度 55.13% ~ 96.87%。

游离脯氨酸含量的测定结果 (图 6) 表明, 4 个品种受害芽的游离脯氨酸含量明显高于健康芽, 升高幅度 15.00% ~ 69.44%。

过氧化氢酶活性的测定结果 (图 7) 表明, 4 个品种受害芽过氧化氢酶活性明显高于健康芽, 升高幅度 81.82% ~ 106.82%。

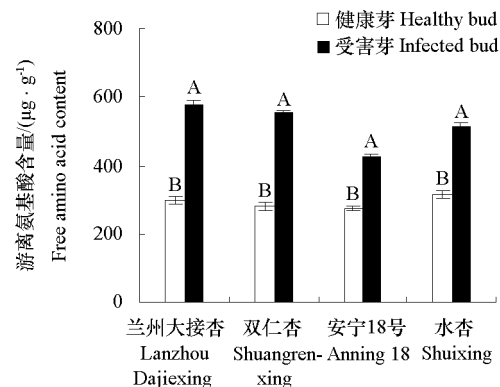


Fig. 5 The influence on free amino acid content of injured bud by *A. phloeocoptes*
 $P < 0.01$.

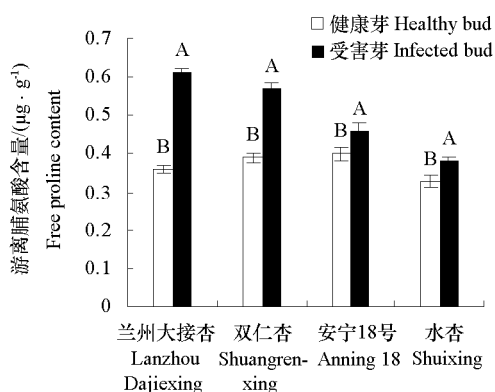


图 6 梅下毛瘿螨为害对杏树幼芽游离脯氨酸含量的影响

Fig. 6 The influence on free proline content of injured bud by *A. phloeocoptes*
 $P < 0.01$.

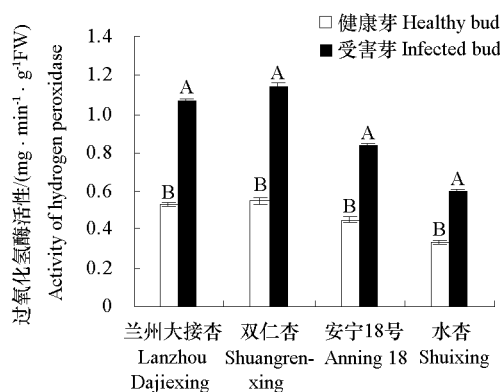


图 7 梅下毛瘿螨为害对杏树幼芽过氧化氢酶活性的影响

Fig. 7 The influence on activity of hydrogen peroxidase of injured bud by *A. phloeocoptes*
 $P < 0.01$.

3 讨论

杏芽瘿侵染杏树多个品种, 已报道兰州大接杏、凯特杏、张公园等 20 多个品种受杏芽瘿为害 (魏勇良 等, 1991; 王成信 等, 2008), 本研究中发现意大利杏、双仁杏、骆驼黄、串枝红和白杏也被梅下毛瘿螨侵染并表现相同症状。

尽管梅下毛瘿螨可以侵染多种植物, 但是不同感病植物表现症状不同。李树受侵染后围绕着芽形成 1.3 ~ 1.8 mm 直径的球形瘿瘤, 这些瘿瘤单生或者簇生芽的基部, 后期瘿瘤逐渐木质化, 并且节间缩短 (Jeppson et al., 1975)。仁用杏被侵染后围绕着芽产生永久的不规则形状的瘿瘤且不能形成花芽, 削弱树势从而使受害情况加剧, 与李树相比仁用杏受害是永久性的伤害 (Castagnoli & Oldfield, 1996)。桃树症状表现在 1 ~ 2 年生嫩枝上小瘿瘤着生在芽的基部, 芽和嫩枝逐渐死亡并造成减产 (Di Stefano, 1971)。梅下毛瘿螨侵染不同寄主表现出不同的症状, 此原因还有待于进一步研究。

梅下毛瘿螨对寄主解剖结构影响结果表明, 尽管受害李树和杏树表现症状不同, 但是解剖结构的变化具有一定相似性, 瘿瘤的表皮细胞都表现为木质化。李树解剖结构变化表现为在球形的瘿瘤内部形成多腔室格局, 这些腔室是由木栓化的薄壁细胞组成, 后期它们逐渐褐化死亡变成木质化细胞 (Jeppson et al., 1975)。杏树解剖结构的变化表现为瘿瘤内有大量畸变芽, 畸变芽木质化程度由内向外逐渐加剧, 芽内幼叶表皮细胞逐渐增厚和木质化, 到后期完全木质化。

梅下毛瘿螨对杏芽的生理影响结果表明瘿螨为害杏芽后可溶性糖含量明显下降, 可溶性蛋白质、游离氨基酸和游离脯氨酸含量明显升高, 过氧化氢酶活性明显升高, 通过方差分析表明受害芽的生理生化指标较正常芽发生了显著变化。这些变化与梨瘿螨 (*E. pyri*) (陈应武 等, 2004) 和番茄刺皮瘿螨 (*A. lycopersici*) (吴娟 等, 2006) 为害对寄主生理生化变化结果一致。

可溶性糖的下降, 一方面是由于瘿螨取食使植物代谢失调糖类消耗加剧, 其次受害组织结构被破坏, 糖的生物合成受阻。另外, 瘿螨的直接取食也可能导致可溶性糖含量的下降。可溶性蛋白质和游离氨基酸是植物必需的营养物质基础 (吴娟 等, 2006)。瘿螨刺激寄主使其氨基酸、蛋白质合成增加, 一方面游离氨基酸是植物激素生物合成前体 (张贤泽 等, 1995; 曾广文和蒋德安, 1998), 当受害寄主异常增生时生长素参与调控并不断增加促进畸变, 因此只有氨基酸不断的增加才能保证

激素的快速合成; 另一方面, 寄主细胞增殖组织畸变需要连续不断的蛋白质的合成, 因此瘿螨为害寄主后不但诱导氨基酸和蛋白质的大量合成, 而且也满足了自身的营养需求。

植物体内游离脯氨酸含量和过氧化氢酶活性可作为抗逆性的生理生化指标 (曾广文和蒋德安, 1998), 一般植物体内游离脯氨酸含量很低, 但当植物遭到胁迫时, 能通过分布在细胞质中的脯氨酸的含量的升高表现出抗胁迫的能力 (Glenn et al., 1999)。过氧化氢酶可以保护寄主, 清除逆境胁迫产生的多余的过氧化氢 (H_2O_2), 从而使细胞免于遭受毒害 (韩晋和田世平, 2006)。因此, 杏芽受到瘿螨为害后, 体内的游离脯氨酸含量和过氧化氢酶活性的升高是一种抗逆反应。

瘿螨和寄主是一种在长期进化过程中形成的寄生与被寄生关系, 在这种互作关系中, 寄主为瘿螨提供栖息场所, 瘿螨通过刺吸取食、分泌唾液等活动使寄主有条不紊的新陈代谢被干扰, 并且朝着有利于瘿螨的方向发生改变, 以便其在寄主内更好地生长、发育、繁殖 (Hong et al., 2001)。

梅下毛瘿螨为害对杏芽形态结构和生理上的变化具有负面影响, 深入了解其对寄主的影响有助于指导杏树生产, 防治其为害。本研究结果对进一步了解瘿瘤形成机制, 瘿螨诱导寄主抗性提供理论基础。

References

- Andersen P C, Mizell R F. 1987. Impact of the peach silver mite, *Aculus-cornutus* (Acari: Eriophyidae), on leaf gas exchange of 'Flordaking' and 'June Gold' peach trees. Entomological Society of America, 16: 660 - 663.
- Castagnoli M, Oldfield G N. 1996. Damage and control of eriophyoid mites in crop: Other fruit trees and nut trees. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 543 - 546.
- Chen Ying-wu, Dou Cai-hong, Zhang Xin-hu. 2003. Morphological change to pear leaves by infecting of pear-leaf blister mite and the morphology of gall. Journal of Gansu Agricultural University, (3): 350 - 353. (in Chinese)
- 陈应武, 窦彩虹, 张新虎. 2003. 梨瘿螨为害梨叶特性及螨瘿组织形态结构. 甘肃农业大学学报, (3): 350 - 353.
- Chen Ying-wu, Dou Cai-hong, Zhang Xin-hu, Li Xin-rong. 2004. Phsyological variation of damaged leaves of pears by *Eriophyes pyri* Pagenstecher. Journal of Lanzhou University: Natural Sciences, 40 (1): 68 - 71. (in Chinese)
- 陈应武, 窦彩虹, 张新虎, 李新荣. 2004. 梨瘿螨的为害对梨叶片几种生理生化指标的影响. 兰州大学学报: 自然科学版, 40 (1): 68 - 71.
- Di Stefano M. 1971. Contributi alla conoscenza degli Acari Eriophyidae: *Phyllocoptes phloeocoptes* (Nalepa) N C. var. n. acar o galligeno del Pesco (*Prunus persica* Stokes) . Marcellia, 37: 59 - 74.
- Dragana R, Branka S, Radmila P, Biljana M, Ivotosevsk, Andre G. 2006. Anatomical injury induced by the eriophyid mite *Aceria anthocoptes* on the leaves of *Cirsium arvense*. Experimental Applied Acarology, 38: 243 - 253.
- Garman H. 1894. A plum twig gall produced by a mite. Kentucky Agricultural Experiment Station: Harvard Universite Press: 1 - 3.
- Glenn E P, Brown J J, Blumwald E. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. Critical Reviews in Plant Science, 18 (2): 227 - 255.
- Han Jin, Tian Shi-ping. 2006. Effects of exogenous methyl jasmonate on chilling injury and physiology and biochemistry in postharvest cucumber. Acta Horticulturae Sinica, 33 (2): 289 - 293. (in Chinese)
- 韩 晋, 田世平. 2006. 外源茉莉酸甲酯对黄瓜采后冷害及生理生化的影响. 园艺学报, 33 (2): 289 - 293.
- Hong X Y, Dong H G, Fu Y G. 2001. Relationships between eriophyoid mites and their host plants, with a case review of *Eriophyoidea fauna* of China. Systematic and Applied Acarology, 6: 119 - 136.
- Jensen W A. 1962. Botanical histochemistry: Principles and practice. San Francisco: Freeman Publisher.
- Jeppson L R, Keifer H H, Baker E W. 1975. Injurious eriophyoid mites. Berkeley: University of California Press: 468 - 469.
- Kozłowski J. 1998. Factors determining susceptibility and response of apple tree cultivars to the apple rust mite: *Aculus schlechtendali* (Nalepa) . Rozprawy Naukowe. IOR Zesz. Poznan: 119.
- Lacasa A, Torres J, Martinez M C. 1990. *Acalitus phloeocoptes* (Nalepa) (Acariña: Eriophidae) plaga del ciruelo en el Sureste español. Boletín de

- Sanidad Vegetal Plagas, 16: 285 – 295.
- Li He-sheng. 2000. Plant physiology and biochemistry experimental principle and technology. Beijing: Higher Education Press. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社.
- Lindquist E E, Oldfield G N. 1996. Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plants. Amsterdam: Elsevier Science Publisher: 277 – 300.
- Li Shi-fei, Liu Shi-tong, Zhou Jian-ping. 2007. Measurement of catalase vigor in plants with spectrophotometry. Anhui Agricultural Science Bulletin, 13 (2): 72 – 73. (in Chinese)
- 李仕飞, 刘世同, 周建平. 2007. 分光光度法测定植物过氧化氢酶活性的研究. 安徽农学通报, 13 (2): 72 – 73.
- Li Zheng-li. 1996. Plant tissue microscope slide. Beijing: Peking University Press. (in Chinese)
- 李正理. 1996. 植物组织制片学. 北京: 北京大学出版社.
- Nalepa A. 1890. Zur systematik der gakkmilben. Sitzungsberichte, 99: 40 – 69.
- Stone G N, Schönrogge K. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. Trends in Ecology and Evolution, 18: 512 – 522.
- Wang Cheng-xin, Guo Mou-zi, Li Zhi-long. 2008. Research on integrated control techniques of bud gall of apricot. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 33 (1): 26 – 29. (in Chinese)
- 王成信, 郭谋子, 李志龙. 2008. 甘肃景泰杏芽瘿发生规律研究初报. 甘肃林业科技, 33 (1): 26 – 29.
- Wei Yong-liang, Chen Xiu-rong, Lin Shu-jie. 1991. Occurrence and control of apricot bud gall. Journal of Gansu Agricultural University, (3): 66 – 74. (in Chinese)
- 魏勇良, 陈秀蓉, 林淑洁. 1991. 杏芽瘿发生规律及防治. 甘肃农业大学学报, (3): 66 – 74.
- Wu Juan, Li Lin-yi, Xu Xiang, Yang Yi-zhong, Wang Dong-sheng. 2006. Physiological variation of damaged leaves of tomato by *Aculops lycopersici*. Acta Horticulturae Sinica, 33 (6): 1215 – 1218. (in Chinese)
- 吴娟, 李琳一, 许翔, 杨益众, 王冬升. 2006. 番茄刺皮瘿螨对番茄叶片生理指标的影响. 园艺学报, 33 (6): 1215 – 1218.
- Xu Ke-zhang. 2007. Plant physiology. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 徐克章. 2007. 植物生理学. 北京: 中国农业出版社.
- Zeng Guang-wen, Jiang De-an. 1998. Plant physiology. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press. (in Chinese)
- 曾广文, 蒋德安. 1998. 植物生理学. 成都: 成都科技大学出版社.
- Zhang Dian-zhong, Wang Pei-hong, Zhao Hui-xian. 1990. Determination of the content of free proline in wheat leaves. Plant Physiology Communications, 26 (4): 62 – 65. (in Chinese)
- 张殿忠, 汪沛洪, 赵会贤. 1990. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法. 植物生理学通讯, 26 (4): 62 – 65.
- Zhang Long-xiang, Zhang Ting-fang, Li Ling-yuan. 1997. Methods and techniques of biochemical experimental. Beijing: Higher Education Press. (in Chinese)
- 张龙翔, 张庭芳, 李令媛. 1997. 生化实验方法和技术. 北京: 高等教育出版社.
- Zhang Xian-ze, Zhang Jing-rong, Gao Ji-guo. 1995. Basic biochemistry. Harbin: Northeast Forestry University Press. (in Chinese)
- 张贤泽, 张敬荣, 高继国. 1995. 基础生物化学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社.
- Zhang Yun-gui, Liu Xiang-yun, Li Tian-jun. 2005. Experimental manual of biochemistry. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press. (in Chinese)
- 张云贵, 刘祥云, 李天俊. 2005. 生物化学实验指导. 天津: 天津科学技术出版社.
- Zou Qi. 2000. Experimental manual of plant physiology. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 邹琦. 2000. 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业出版社.