黄曲条跳甲危害对不同寄主植物可溶性蛋白质含量的影响*

金银利 侯有明** 王军志 王元涛 王伟立

(农业部亚热带农业生物灾害与治理重点开放实验室
福建农林大学植物保护学院 福州 350002)

摘 要 采用考马斯亮蓝 G-250 染色法对 6 种十字花科蔬菜不同危害程度叶片的可溶性蛋白质含量进行了测定。结果表明黄曲条跳甲 *Phyllotreta striolata*(F.)对 6 种十字花科蔬菜叶片的可溶性蛋白质含量存在不同程度的影响。萝卜(*Raphanus sativus*(L.))、白菜(*Brassica chinensis*(L.))和菜心(*B. parachinensis* Bailey)叶片在黄曲条跳甲危害胁迫 8、10 d 时,甘蓝(*B. oleracea*(L.))在胁迫 10、12 d 时,芥菜(*B. juncea*(L.))和芥蓝(*B. alboglabra* Bailey)在胁迫 12 d 时,可溶性蛋白质含量显著高于对照($P<0.05$)。芥菜在黄曲条跳甲危害 2 d 时,可溶性蛋白质含量与对照没有显著差异($P>0.05$),可能是因为其承受黄曲条跳甲危害的抗虫性能力较强。随着叶片危害程度的加重,叶片可溶性蛋白质含量下降。这可能是寄主植物本身的保护行为,也是对害虫为害胁迫的一种响应。

关键词 黄曲条跳甲,寄主植物,可溶性蛋白质

Variation in soluble protein in leaves of different host plants damaged by *Phyllotreta striolata*

JIN Yin-Li HOU You-Ming** WANG Jun-Zhi WANG Yuan-Tao WANG Wei-Li

(Key Laboratory of Subtropical Agrobiological Disasters and Management Ministry of Agriculture,
College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract The soluble protein content of damaged leaves of six kinds of cruciferous vegetables was measured by staining with Coomassie brilliant blue G-250. The results show that there were different influences on the soluble protein content of leaves damaged by *Phyllotreta striolata*(F.). The soluble protein content of leaves of *Raphanus sativus*, *Brassica chinensis* and *B. parachinensis* was significantly higher than that of the control ($P<0.05$) after having been fed on by *P. striolata* for 8 d and 10 d. Similar changes in soluble protein were detected in *B. oleracea* after 10 d and 12 d and in *B. juncea* and *B. alboglabra* after 12 d. There was, however, no significant difference ($P>0.05$) in the soluble protein content of *B. juncea* leaves that had been fed on by *P. striolata* for 2 d, probably because of this species' greater insect resistance. The soluble protein content of cruciferous vegetable leaves decreased after they had been fed on by *P. striolata* for 2 – 12 days. This may be a plant defense mechanism or a response to insect attack.

Key words *Phyllotreta striolata*, host plants, soluble protein

黄曲条跳甲(striped flea beetle, SFB)*Phyllotreta striolata*(F.)属鞘翅目(Coleoptera)叶甲科(Chrysomelidae)(彩万志等,2001),是一种世界性害虫,可以为害很多种植物(陈世骧和龚韵清,1955;Feeny *et al.*,1970),尤其喜食十字花科植物(Tahvaanainen, 1983; Amano, 1984)。据研究认为,黄曲条跳甲对十字花科蔬菜的嗜好程度依次为:芥菜、白菜 > 菜心 > 萝卜 > 甘蓝 > 芥蓝(张茂新等,2000;吴伟坚,2002)。在菜田生态系统,同一生长季节内种植有多种蔬菜,黄曲条跳甲就可

* 资助项目:国家自然科学基金项目(30671370,30471151)。

** 通讯作者,E-mail:ymhou@fjau.edu.cn.

收稿日期:2011-06-10,接受日期:2011-10-09

以在多种寄主上辗转为害而维持种群(高泽正等,2000)。

据报道,寄主植物体内一般都含有昆虫营养所需的成分,但在质和量方面却有明显差异,其幅度足以影响昆虫的生长发育和生殖(钦俊德,1987),植物以本身的理化特性影响昆虫的取食行为,其中营养成分的质和量起着决定性作用(钦俊德和王琛柱,2001)。有研究认为植物中可溶性蛋白质含量高,害虫的存活率、生长发育速度和生殖力相对提高(Mattson, 1980)。植物体内的可溶性蛋白质大多数是参与各种代谢的酶类,测其含量是了解植物体总代谢的一个重要指标(奥岩松和李式军,1997;郝建军等,2007),而且,对逆境下植物理化指标的测定,可以看出逆境条件对植物体的影响程度(汤德良等,1997;吴青君等,2007)。因此,本实验拟通过测定受黄曲条跳甲为害的6种十字花科蔬菜的可溶性蛋白质含量,分析黄曲条跳甲为害对不同寄主植物可溶性蛋白质含量的影响及其变化规律,为进一步探讨寄主胁迫下黄曲条跳甲再猖獗的机理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试寄主植物 选择福州蔬菜田生产中种植面积较大的6种十字花科蔬菜,包括芸薹属(*Brassica*)的菜心(*B. parachinensis* Bailey)、白菜[*B. chinensis* (L.)]、芥菜[*B. juncea* (L.)]、芥蓝(*B. alboglabra* Bailey)、甘蓝[*B. oleracea* (L.)]和萝卜属(*Raphanus*)的萝卜[*R. sativus* (L.)]。将这6种十字花科蔬菜分别种植于铝合金制作的水泥台网室(1 m×1 m×1 m)内,采用相同的土壤栽培和相同的肥水管理措施进行培育。

1.1.2 供试虫源 试验所用黄曲条跳甲成虫为福建农林大学植物保护学院水泥台网室内用6种寄主植物饲养的种群。

1.1.3 主要仪器 UV-2000型紫外可见分光光度计(龙尼柯(上海)仪器有限公司),电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司),飞鸽牌台式离心机TDL80-2B(上海安亭科学仪器厂制造),电热恒温鼓风干燥箱(上海新苗医疗器械制造有限公司)。

1.1.4 供试药剂 牛血清白蛋白,考马斯亮蓝G-250,90%乙醇,85%磷酸(W/V),石英砂。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 待培育蔬菜幼苗长到4片真叶时移栽至花盆(直径=22 cm,高=16 cm),每盆3棵幼苗,置水泥台网室内,采用相同的肥水管理措施进行培育。待幼苗返青生长至6叶期,每供试寄主分别取12盆长势一致的置于6个网室内(每个网室12盆),各接入黄曲条跳甲成虫200头。每供试寄主分别取6盆置于另外3个网室内,不接入黄曲条跳甲作为相应对照(CK)。每处理设置3个重复网室小区。分别于接虫2、4、6、8、10、12 d时采集叶位接近、大小较为一致、无其它病虫害的叶片(目测),带回室内立即检测分级(透明坐标纸)。参考陈应武等(2004,2006)的方法,按受害严重度不同将十字花科蔬菜叶片分为健叶(虽受到黄曲条跳甲的为害干扰,但无取食受害面积)、轻度受害叶(受害面积占叶片面积的5%~15%)、中度受害叶(受害面积占叶片面积的15%~25%)、重度受害叶(受害面积占叶片面积的25%~35%)4个级别。测定黄曲条跳甲为害下6种十字花科蔬菜叶片的可溶性蛋白质含量,并与对照叶片(无黄曲条跳甲为害干扰,且无受害面积)可溶性蛋白质含量作比较。

1.2.2 测定方法 参考郝建军等主编(2007)植物生理学实验技术中的方法。取各处理叶片剪碎混匀,称取0.5 g放入研钵中,加2 mL蒸馏水和少许石英砂,磨成匀浆后用6 mL蒸馏水分次洗涤研钵,洗涤液收集在同一离心管中,4 000 r/min离心10 min,弃去沉淀,上清液转入容量瓶,以蒸馏水定容至10 mL,摇匀后待测。吸取样品提取液0.1 mL,放入具塞刻度试管(各样品设2个重复管,取平均值以减少加样操作误差)中,加入5 mL考马斯亮蓝G-250试剂,充分混合,放置2 min后,在595 nm下比色,测定吸光度。每处理设3个重复。

1.2.3 数据分析 采用Microsoft office Excel 2003和DPS V8.01数据处理软件,对测定的不同接虫时间处理的6种十字花科蔬菜叶片可溶性蛋白质含量进行方差分析,并采用Duncan新复极差测验法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 黄曲条跳甲对萝卜不同受害程度叶片可溶性蛋白质的影响

萝卜在黄曲条跳甲危害2 d时,健叶和轻度危

害叶的可溶性蛋白质含量显著升高($P<0.01$),而重度危害叶的下降率达 48.51%。危害 4 d 时,萝卜不同受害级别的叶片可溶性蛋白质含量增减率有一定差异,但是与对照差异不显著($P>0.05$)。在黄曲条跳甲危害胁迫的第 6 天、第 8 天和第 10 天,虽然重度危害叶可溶性蛋白质含量低于健叶,但不同受害级别叶片可溶性蛋白质含量均高于对照,而且第 6 天时的含量与对照差异极显著($P<0.01$)(表 1)。说明萝卜叶片随着受黄曲条跳甲危害胁迫时间的延长(6、8、10 d),可溶性蛋白质含量升高比较显著,但危害程度较重叶片表现出明显的先下降后升高再下降的趋势。

表 1　萝卜不同受害程度叶片可溶性蛋白质含量比较(mg·g^{-1}鲜重)

Table 1　Comparison of soluble protein to differently injured leaves of *Raphanus sativus* (mg·g^{-1}FW)

处理 Treatment	危害天数 Damaged days(d)					
	2	4	6	8	10	12
CK	10.04±0.51cB	9.14±0.27aA	6.41±0.20dC	4.82±0.23dD	8.63±0.17dC	8.94±0.29bcAB
H	12.34±0.32bA	9.01±0.55aA	8.71±0.31bA	7.36±0.14bB	11.75±0.26aA	8.65±0.18bcB
L	13.38±0.20aA	9.36±0.42aA	7.46±0.20cB	8.43±0.19aA	10.74±0.19bB	10.53±0.34aA
M	9.62±0.66cB	9.23±0.42aA	9.37±0.53aA	6.60±0.29cC	8.97±0.27dC	8.50±1.23cB
S	5.17±0.18dC	8.83±0.40aA	7.24±0.11cB	5.08±0.35dD	10.22±0.31cB	9.74±0.31abAB
	增减率 Changes rate (%)					
H	+22.91	−1.42	+35.88	+52.7	+36.15	−3.24
L	+33.27	+2.41	+16.38	+74.9	+24.45	+17.79
M	−4.18	+0.98	+46.18	+36.93	+3.94	−4.92
S	−48.51	−3.39	+12.95	+5.39	+18.42	+8.95

注:CK—对照;H—健叶;L—轻度为害叶;M—中度为害叶;S—重度为害叶。表中数据为平均值±标准差,同列数据后标有不同大小写字母分别表示差异极显著或显著($P_{0.01}$或$P_{0.05}$)。与对照相比,“+”表示增加,“−”表示降低。下表同。

FW − fresh weight; CK − control; H − normal leaves; L − mild damaged leaves; M − moderate damaged leaves; S − severe damaged leaves. Data in the table are mean ± SE, and followed by different uppercase or lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.01 or 0.05 level by Duncan's multiple range test. Compared with the control, "+" indicates increased, "−" indicates reduced. The same below.

2.2　黄曲条跳甲对白菜不同受害程度叶片可溶性蛋白质的影响

白菜(表 2)在黄曲条跳甲危害胁迫 2 d 时,不同危害级别叶片可溶性蛋白质含量显示了较高的上升率,且与对照差异极显著($P<0.01$),其中重度危害叶高达 56.69%。到危害 4 d 时,重度危害叶显著下降,下降率为 27.95%。危害 8、10 d 时,可溶性蛋白质含量均显著高于对照,而且 10 d 时可溶性蛋白质含量升高率依次为:重度危害叶(73.20%)>中度危害叶(45.06%)>轻度危害叶(29.94%)>健叶(17.66%)。而到 12 d 时可溶性蛋白质含量表现出不同程度的下降。说明白菜叶片在胁迫危害的初期(2 d),可溶性蛋白质含量升高显著,而随着胁迫时间的延长(12 d),呈现出下降的趋势。

2.3　黄曲条跳甲对甘蓝不同受害程度叶片可溶性蛋白质的影响

黄曲条跳甲危害胁迫 2 d 时,甘蓝叶片轻度危害叶、中度危害叶和重度危害叶可溶性蛋白质含量均显著下降,下降率分别为 9.11%、28.57% 和 54.68%。危害 4、6 d 时,可溶性蛋白质含量有不同程度的升高,重度危害叶与对照差异极显著($P<0.01$)。而到了 10 和 12 d 时,各个危害级别叶片的可溶性蛋白质含量表现出不同程度的升高率,均高于对照(表 3)。

表 2 白菜不同受害程度叶片可溶性蛋白质含量比较(mg·g^{-1}鲜重)

Table 2 Comparison of soluble protein to differently injured leaves of *Brassica chinensis* (mg·g^{-1}FW)

处理 Treatment	危害天数 Damaged days(d)					
	2	4	6	8	10	12
CK	5.98±0.11eE	6.94±0.09cC	7.12±0.20bB	5.36±0.14dD	6.68±0.17eE	7.26±0.06aA
H	7.54±0.09cC	8.55±0.21aA	5.75±0.16dC	7.85±0.12aA	7.86±0.08dD	5.98±0.22cC
L	8.78±0.14bB	7.17±0.06cC	7.98±0.17aA	6.12±0.11cC	8.68±0.05cC	6.74±0.10bB
M	6.79±0.06dD	7.66±0.18bB	6.68±0.17cB	6.17±0.06cC	9.69±0.20bB	7.33±0.12aA
S	9.37±0.21aA	5.00±0.06dD	6.75±0.17cB	7.05±0.09bB	11.5±0.21aA	6.20±0.08cC
	增减率 Changes rate (%)					
H	+26.09	+23.2	−19.24	+46.46	+17.66	−17.63
L	+46.82	+3.31	+12.08	+14.18	+29.94	−7.16
M	+13.54	+10.37	−6.17	+15.11	+45.06	+0.96
S	+56.69	−27.95	−5.20	+31.53	+73.20	−14.60

表 3 甘蓝不同受害程度叶片可溶性蛋白质含量比较(mg·g^{-1}鲜重)

Table 3 Comparison of soluble protein to differently injured leaves of *Brassica oleracea* (mg·g^{-1}FW)

处理 Treatment	危害天数 Damaged days(d)					
	2	4	6	8	10	12
CK	8.12±0.18aA	5.10±0.25cB	5.03±0.20cB	6.57±0.11bBC	5.48±0.23cB	5.98±0.26cD
H	8.39±0.03aA	5.37±0.22bcB	5.34±0.20abcAB	8.27±0.34aA	6.25±0.08abA	6.64±0.17bB
L	7.38±0.15bB	4.47±0.03dC	5.60±0.09abAB	5.90±0.26cC	6.40±0.12aA	6.22±0.06cCD
M	5.80±0.20cC	5.50±0.15bB	5.12±0.54bcAB	6.94±0.37bB	6.44±0.09aA	6.60±0.09bBC
S	3.68±0.31dD	6.15±0.13aA	5.86±0.15aA	3.77±0.09dD	6.08±0.13bA	7.41±0.05aA
	增减率 Changes rate (%)					
H	+3.32	+5.29	+6.16	+25.87	+14.05	+11.04
L	−9.11	−12.35	+11.33	−10.19	+16.79	+4.01
M	−28.57	+7.84	+1.79	+5.63	+17.52	+10.37
S	−54.68	+20.59	+16.5	−42.62	+10.95	+23.91

2.4 黄曲条跳甲对芥蓝不同受害程度叶片可溶性蛋白质的影响

芥蓝(表 4)在黄曲条跳甲危害 2 d 时,可溶性蛋白质含量表现出不同程度的下降,均显著低于对照,健叶下降率为 35.89%,高于危害较重叶片。中度危害叶和重度危害叶可溶性蛋白质含量在跳甲胁迫 2、4、6、8 d 时,均表现出大幅度的下降率。而在危害 12 d 时,芥蓝叶片可溶性蛋白质含量均高于对照,与对照差异极显著($P<0.01$),升高率次序为:重度危害叶(26.64%) > 中度危害叶(24.60%) > 轻度危害叶(19.07%) > 健叶(13.39%)。

2.5 黄曲条跳甲对芥菜不同受害程度叶片可溶性蛋白质的影响

芥菜叶片可溶性蛋白质含量在危害胁迫 2 d 时,与对照无显著差异($P>0.05$)。而在危害 6 和 10 d 时,表现出不同程度的下降,与对照差异极显著($P<0.01$)。12 d 时,各个危害级别叶片可溶性蛋白质含量显著高于对照($P<0.01$)(表 5)。

表 4　芥蓝不同受害程度叶片可溶性蛋白质含量比较(mg·g^{-1}鲜重)

Table 4　Comparison of soluble protein to differently injured leaves of *Brassica alboglabra* (mg·g^{-1}FW)

处理 Treatment	危害天数 Damaged days(d)					
	2	4	6	8	10	12
CK	9.25±0.47aA	4.93±0.30bcBC	8.34±0.37bB	7.63±0.20bB	6.52±0.24cC	6.87±0.10dD
H	5.93±0.53cC	5.26±0.27bB	7.41±0.24cC	8.72±0.18aA	8.61±0.27aA	7.79±0.16cC
L	8.57±0.86aAB	7.19±0.16aA	11.62±0.23aA	5.99±0.27cC	7.85±0.12bB	8.18±0.0.23bBC
M	7.44±0.33bB	4.57±0.23cCD	6.65±0.46dCD	5.65±0.31cdC	6.36±0.23cC	8.56±0.17aAB
S	8.45±0.33aAB	4.13±0.20dD	5.87±0.14eD	5.33±0.25dC	7.53±0.12bB	8.70±0.17aA
增减率 Changes rate (%)						
H	-35.89	+6.69	-11.15	+14.29	+32.05	+13.39
L	-7.35	+45.84	+39.33	-21.49	+20.39	+19.07
M	-19.57	-7.30	-20.26	-25.95	-2.45	+24.60
S	-8.65	-16.22	-29.62	-30.14	+15.49	+26.64

表 5　芥菜不同受害程度叶片可溶性蛋白质含量比较(mg·g^{-1}鲜重)

Table 5　Comparison of soluble protein to differently injured leaves of *Brassica juncea* (mg·g^{-1}FW)

处理 Treatment	危害天数 Damaged days(d)					
	2	4	6	8	10	12
CK	7.66±0.06abA	8.92±0.06aA	9.59±0.09aA	7.86±0.20cC	9.90±0.10aA	7.55±0.21dD
H	7.42±0.14bA	8.58±0.06bB	6.56±0.21dD	7.04±0.08dD	7.17±0.06cC	8.05±0.09cC
L	8.05±0.10aA	8.94±0.05aA	8.70±0.03bB	8.58±0.08bB	9.04±0.24bB	8.98±0.03aA
M	7.50±0.63abA	7.79±0.08dD	6.54±0.11dD	7.16±0.05dD	7.39±0.13cC	8.60±0.06bB
S	7.82±0.09abA	8.05±0.12cC	8.38±0.08cC	8.92±0.11aA	9.27±0.11bB	8.90±0.13aAB
增减率 Changes rate (%)						
H	-3.13	-3.81	-31.59	-10.43	-27.58	+6.62
L	+5.09	+0.22	-9.28	+9.16	-8.69	+18.94
M	-2.09	-12.67	-31.8	-8.91	-25.35	+13.91
S	+2.09	-9.75	-12.62	+13.49	-6.36	+17.88

2.6　黄曲条跳甲对菜心不同受害程度叶片可溶性蛋白质的影响

菜心可溶性蛋白质含量在黄曲条跳甲危害胁迫 2 d 时,表现出不同程度的下降,且与对照差异极显著($P<0.01$)。其中,中度危害叶和重度危害叶在 2 和 4 d 时,可溶性蛋白质含量均低于对照,而且中度危害叶下降率高于重度危害叶。在危害 6、8、10、12 d 时,各个受害级别叶片的可溶性蛋白质含量均高于对照(表 6)。

3 讨论

黄曲条跳甲属于咀嚼式口器,对十字花科蔬菜的胁迫危害往往很容易损坏叶片,扰乱叶片正常的营养代谢。由于昆虫为害的影响,植物往往能产生有利于自身而不利于害虫的变化,从而避免或减轻虫害(汤德良等,1997;戈峰等,2011)。在研究中我们发现,萝卜、白菜和菜心叶片在黄曲条跳甲危害胁迫 8、10 d 时,甘蓝在胁迫 10、12 d 时,可溶性蛋白质含量显著高于对照,而芥菜和芥蓝只有在第 12 天时才高于对照。6 种十字花科蔬菜可溶性蛋白质含量的变化,可能是植株本身的保护行为,也是对害虫胁迫的一种响应,可能与黄曲条跳甲对蔬菜的嗜好程度也有一定的关系。

表 6 菜心不同受害程度叶片可溶性蛋白质含量比较(mg·g^{-1}鲜重)

Table 6 Comparison of soluble protein to differently injured leaves of *Brassica parachinensis* (mg·g^{-1}FW)

处理 Treatment	危害天数 Damaged days(d)					
	2	4	6	8	10	12
CK	9.20±0.25aA	5.75±0.12cC	6.20±0.18dC	6.25±0.34dC	6.49±0.27cC	6.63±0.09dC
H	8.26±0.17bB	6.23±0.09bB	6.71±0.14cB	9.31±0.19aA	7.74±0.14bB	7.64±0.06cB
L	6.27±0.21dD	6.79±0.14aA	7.00±0.08bAB	7.81±0.09cB	8.60±0.24aA	10.27±0.08aA
M	7.22±0.14cC	5.06±0.20dD	7.33±0.06aA	8.41±0.37bB	6.64±0.11cC	7.72±0.08bcB
S	8.20±0.11bB	5.21±0.09dD	6.60±0.23cB	8.06±0.08bcB	6.51±0.12bcC	7.90±0.26bB
	增减率(%) Changes rate (%)					
H	-10.22	+8.35	+8.23	+48.96	+19.26	+15.23
L	-31.85	+18.09	+12.90	+24.96	+32.51	+54.90
M	-21.52	-12.00	+18.22	+34.56	+2.31	+16.44
S	-10.87	-9.39	+6.45	+28.96	+0.31	+19.15

芥菜是黄曲条跳甲最喜欢的十字花科蔬菜(张茂新等,2000),可溶性蛋白质含量在 2 d 时与对照无显著差异,说明其承受黄曲条跳甲危害的抗虫性能力较强,诱导芥菜叶片可溶性蛋白质含量自然下降,随着胁迫时间的延长(12 d)可溶性蛋白质含量升高。萝卜、白菜和菜心是黄曲条跳甲比较喜欢的蔬菜,在危害诱导的中期(8、10 d),可溶性蛋白质含量升高,而随着危害程度的加重,叶片可溶性蛋白质含量下降。黄曲条跳甲对芥蓝、甘蓝叶片的短期取食效果不佳,所以在其承受的范围内可溶性蛋白质含量自然下降,但由于黄曲条跳甲有在甘蓝、芥蓝叶片边缘危害和喜欢聚集在被害过的叶片取食的习性(刘芸和尤民生,2007),随着危害时间的延长,黄曲条跳甲对芥蓝和甘蓝的胁迫程度增强,叶片可溶性蛋白质含量升高。以上这些变化,可能是植物的补偿效应或自我保护能力在起作用,即当植物受到外在因素侵扰时,在一定范围内,植物自身能够补充失去的物质,甚至会生成比受害前更多的营养物质,但当危害程度超过植物自身所承受的范围时,其生理机制就会遭到破坏,营养物质含量就会下降(杨德松等,2005;吴娟等,2006)。

在植物的生长发育过程中,黄曲条跳甲对寄主植物的取食选择性会有变化,有些植物的抗虫性会增强,另一些会减弱。这可能与植物本身特性有关,随着寄主植株的生长发育,叶片的物理性状(如厚度、表皮绒毛、叶表蜡质等)、所含营养物质及挥发性次生物质等化学成份都会发生改变(刘芸和尤民生,2007)。黄曲条跳甲危害诱导的不同十字花科蔬菜叶片可溶性蛋白质含量变化的原因比较复杂。因此,在本研究的基础上,还要对其它理化性质的影响程度进行研究,为探讨寄主胁迫下黄曲条跳甲再猖獗的机理提供全面的科学依据。

参考文献(References)

Amano K, 1984. Host preference of the yellow striped flea beetles, *Phyllotreta striolata* F. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Ann. Rep. Soc. Plant Prot. North. Jap.*, 35:132—135.

Feeny P, Paauwk KL, Demonyn J, 1970. Flea beetles and mustard oils: Host plant specificity of *Phyllotreta cruciferae* and *P. striotata* adults (Coleoptera: chrysomelidae). *Annu. Entomol. Soc. Am.*, 63(3):841—847.

Mattson WJ, 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 102:391—403.

Tahvaanainen J, 1983. The relationship between leaf beetle and their cruciferous host plants: the role of plant and habitat characteristics. *Oikos*, 40(3):433—437.

奥岩松, 李式军, 1997. 大白菜发育过程中可溶性蛋白质的变化. 中国蔬菜,(2):19—21.

彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦, 2001. 普通昆虫学. 北京:中国农业大学出版社. 1—503.

陈世骧, 龚韵清, 1955. 中国黄曲条跳甲记述. 昆虫学报, 5(3):317—326.

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.

陈应武，窦彩虹，张新虎，李新荣，2006. 苹果梨叶片几种生理生化指标对梨上瘿螨为害的响应. 中国科学院研究生院学报,23(4):509—513.

高泽正，吴伟坚，崔志新，2000. 关于黄曲条跳甲的寄主范围. 生态科学,19(2):70—72.

戈峰，吴孔明，陈学新，2011. 植物—害虫—天敌互作机制研究前沿. 应用昆虫学报，48(1):1—6.

郝建军，康宗利，于洋，2007. 植物生理学实验技术. 化学工业出版社.1—351.

刘芸，尤民生，2007. 黄曲条跳甲对十字花科蔬菜的选择性. 福建农林大学学报(自然科学版)，36(4):365—368.

钦俊德，王琛柱，2001. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系. 昆虫学报，44(3):360—365.

钦俊德，1987. 昆虫与植物的关系——论昆虫与植物的相互作用及其演化. 北京:北京出版社. 1—227.

汤德良,王武刚,谭维嘉,郭予元,1997. 棉铃虫为害诱导棉花内物质含量变化. 昆虫学报,40(3):332—333.

吴娟,李琳一,许翔,杨益众,王冬生，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.

吴青君，龚佑辉，徐宝云，2007. 西花蓟马主要寄主植物可溶性糖和蛋白质含量测定. 中国蔬菜,(10):20—22.

吴伟坚，2002. 黄曲条跳甲食性的研究. 生态学杂志,21(1):32—34.

杨德松,贺福德,张利,龚双军,姬华，2005. 土耳其斯坦叶螨危害对棉花叶片叶绿素、可溶性蛋白质、可溶性糖影响的研究. 新疆农业科学,42(2):107—110.

张茂新,凌冰,梁广文，2000. 十字花科蔬菜上黄曲条跳甲种群动态调查与分析. 植物保护,26(4):1—3.