

苹果园主要害虫生态调控体系的研究

孔 建, 王海燕, 赵白鸽, 任应党, 刘玉霞, 陈汉杰¹⁾, 单林娜²⁾, 王安超³⁾

(河南省农业科学院植物保护研究所, 郑州 450002)

摘要:通过在果园地面种植牧草或花生、油菜等覆盖作物,改善了生态环境,为天敌种群提供了良好的栖息条件和充足猎物,促进天敌群落的早期发展,在 4~6 月份使树上天敌总量增加 60%,地面捕食性天敌增加 20 倍以上,不仅使果树蚜、螨高峰期推迟,并使高峰期分别降低 39% 和 1 倍以上,使前中期害虫得到很好控制。良好的果园生态环境也可促使周围农田生态系中的天敌因季节性变动向果园迁移,并通过不同生态系之间的运动,扩大天敌种群,达到控制中后期害虫的效果。对优势天敌在果园生态系中的作用亦做了研究和评价,认为在天敌-害虫相互作用系统中,天敌群落的综合功能是最重要的,针对不同害虫,小花蝽、草蛉、六点蓟马、赤眼蜂等也具有各自的重要作用。通过天敌的人工操纵和补充释放技术以及选择性药剂的筛选运用,在地面覆草,增强天敌功能的基础上,建立起果园主要害虫的生态调控体系,每年可使苹果园比通常减少用农药 40%~50%,使果园生态系逐步形成良性循环。

关键词:天敌利用;生态调控;苹果园害虫治理

Study on ecological regulation system of the pest control in apple orchard

KONG Jian, WANG Hai-Yan, ZHAO Bai-Ge, REN Ying-Dang, LIU Yu-Xia, CHEN Han-Jie, SHAN Lin-Na, WANG An-Chao (Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Science, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The community of natural enemy could promptly developed in earlier spring with the improvement of physical conditions, with the supplement of good habitat and sufficient preys in apple orchard ecological system by planting herbage or interplanting short crops such as peanut and rape on the ground under apple trees. It was proved that the population of natural enemy on the apple tree increased by 60% and 20 times of pradacious spiders on the ground from April to June so that the time of high peak of mites and aphid population were not only postponed for more than one week but also their amount declined respectively by 39% and more than one times, so the pests were controlled in earlier and middle stage. Good ecological environment in orchard promoted the seasonal migration of natural enemys from surrounding crop fields and enlarged their population through the mutual movement in different ecological systems, which did a favour for pests control in middle and later stage in apple orchard. Study and evaluate for the action of the dominant natural enemys in orchard were conducted and it was believed that integrated function of natural enemy community was the most important in natural enemy-pest inteaction system and *Orius santeri*, *Chrysopa sinica*, *Scolothrips takabashii*, *Trichogramma* spp. and spiders could also play an important role in different pests control. The techniques for man-made operation and supplementary release of natural enemy as well as application of high specialized insecticides were conducted so that the ecological regu-

基金项目:国家“八五”攻关资助项目(85-10-02-05)

1) 中国农科院郑州果树研究所; 2) 河南省南阳地区农业学校; 3) 河南省卢氏县植保植检站

收稿日期: 1999-07-18; 修订日期: 2000-07-31

作者简介: 孔建, 男, 河南郑州市人, 研究员。主要从事生物防治研究。

lating system for pest control was set up on the foundation of cover plants and natural enemy's promoting efficiency.

Key words: application of natural enemy; ecological regulation; pest control in apple orchard

文章编号:1000-0933(2001)05-0789-06 中图分类号:Q968.1,S636.6 文献标识码:A

果园是较为持久的生态系统,不象小麦、玉米等大田作物因季节性收获而使生态系中断,因此为各种害虫和天敌提供了良好的生境连续性,是各种昆虫种群幅幅相对稳定,对害虫最易实行生态调控的地方。10余年来对黄河故道地区苹果园生态系进行了调查和研究,昆虫群落中各种昆虫约400余种,其中害虫210种,害虫天敌100余种,有经济意义的害虫30余种,其中为害严重需防治者6~9种,防治标靶害虫一般3~4种。70年代至今,由于化学农药的滥用,对果园生态系破坏极大,标靶害虫在20a间经过如下演替:

卷叶虫类、食心虫类→食心虫类、叶螨类→叶螨、蚜虫、金纹细蛾

70年代

80年代

90年代

各种害虫种群每年此起彼伏,每每爆发,使果农每年以10余次化学农药的使用频率也穷于应付,而农药的大量使用,使原本丰富的天敌群落十分凋零,优势种小花蝽、肉食蓟马、瓢虫、草蛉、寄生蜂和蜘蛛类在恶劣的栖息环境下,数量大幅减少,对害虫的调控作用甚微,致使主要害虫的数量经常位于经济阈值之上,其结果是果园对农药的过度依赖,化学农药几成调控害虫数量的唯一手段,造成果园生态系的恶性循环,土壤、水流和果实被大量农药污染。

本研究是通过增加果园地面植被的丰富度,改善天敌栖息环境,增强其对主要害虫的控制能力,并辅以及其他天敌操纵和人工调控手段,建立苹果园主要害虫的生态调控体系。

1 材料和方法

1.1 地面植被 在果树行间种植耐荫牧草如三叶草、紫花苜蓿、毛叶苕子,使其连续多年定植形成地面覆盖植被,每年生长季除在特定时间为人工操纵地面天敌而割草外,不采取翻耕破坏地面植被。在幼龄果园或宽行果园也可按季节套种油菜、花生等低秆作物形成地面植被。

1.2 系统调查法 每年4月初对南阳盆地、豫西地区、豫东地区等不同地面植被的果园树上及地面天敌和害虫种类、数量及危害情况进行系统调查,每10d调查1次至采果期结束。树上调查采用定株法,在果园5点取样,每点定3株,从果树外围4个方向及内膛共取125个叶片和果实。地面节肢动物采用棋盘法抽样,以目击数和Pitfall法调查每平方米的种类和数量。同时定期检测浅土层,地表和地上部温、湿度的情况,上述内容以无地面覆盖作物的清耕果园作对照。

1.3 农田与果园间天敌运动调查 对捕食性天敌以定性定量相结合的方法,在农田5点取样,在果园定株定枝分别调查天敌、害虫种类和数量的变化;对寄生蜂类采用挂卵卡法和卵块寄生统计相结合进行调查。

1.4 对天敌作用的分析和评价 根据田间天敌和害虫数量的消长及生态位进行相关性分析和比较,并辅以笼罩法和结扎法进行研究^[3]。

1.5 果园常用农药对天敌的影响 对果园常用的有机磷、菊酯类和生物性农药以主要天敌的卵和3龄幼虫进行室内毒力测定^[4],分析其毒性和安全系数,并结合田间用药后的天敌数量变化进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 地面植被对果园小气候和土壤肥力的影响

经测定,在6~8月份的夏季,环境气温在白日可达30~38℃之间,除阴雨天外,空气湿度较低,对天敌种群的繁衍不利。果园地面种植覆盖作物后,地上15~50cm处气温比清耕果园降低1.9~2.2℃,相对湿度提高9.7%,土表含水量提高1.3%,土表温度降低5.6℃左右,5cm浅土层地温降低5.2℃,这种小气候显然更有利天敌的栖息和活动。目前果园土壤有机质贫乏,牧草在秋后压青是重要的有机肥,据测定紫花苜蓿干草含N₅0.8%、K₂O1.3%,每亩鲜草折干草重后,净增纯N4.9kg、P₁6kg、K₂6kg。由于牧草的大面积覆盖优势,使杂草受到抑制,每年可免除两次中耕,同时作为副业,尤其在丘陵地区利用牧草发

展养殖业,建立立体农业的良性循环,有着明显的经济和社会意义。

2.2 地面植被对天敌增殖和害虫调控作用

地面牧草在 3 月下旬即可达 15cm 的高度,牧草中生存的蜘蛛、蚜虫等由于不能在果树上生活,对果树生长无害,反而可以作为天敌早春的食物,促进天敌群落早期发展,待 4 月份树上蚜、螨开始危害时,这些天敌又可迅速转移到树上,控制前期害虫基数于较低水平,减少化学农药在开春即对果园生态系形成破坏。

根据 1992~1994 年连续 3a 的系统调查,果园中的优势天敌有 30 余种,其中瓢虫类 4 种,食蚜蝇 3 种,捕食蜂类 2 种,肉食蓟马 2 种和几种寄生蜂,这些天敌占据树上天敌数量的 70% 左右,而地面天敌主要为蜘蛛类,有 29 种,占地面天敌总和的 19.3%,步甲类占 11.5%。

由于天敌栖息环境的改善,天敌种群数量增加,根据 1992~1994 年 4~6 月份的 3a 调查,种草果园天敌平均高峰值达 6.9 头/百叶,比清耕园增加 62%(表 1)。其中蜘蛛类天敌繁衍最为昌盛,每平方米地面平均有蜘蛛 1.6~2.9 头,清耕园的裸露地面每平方米仅有蜘蛛 0.02~0.16 头,其中三突花蛛、蟹蛛和园花叶蛛也是果树枝干上的常见种类。天敌数量的大幅增加,使 4~6 月份间的果园前中期害虫得到有效控制,调查显示,3a 间平均百叶害虫数量首次达到 110~210 头的日期,种草园比清耕园分别推迟 3~7d,种草园害虫种群平均高峰值为 175.2 头/百叶,比清耕园的 301.1 头/百叶峰值降低 42%(表 1)。对前中期叶螨的控制作用同样明显,在 6 月中旬种草园叶螨数量达到防治指标的时间比清耕园晚 1 周左右,高峰值亦比其降低 1.7 倍^[3]。地面捕食性天敌的大量增加,使春季上升到地表化蛹的桃小食心虫幼虫被大量歼灭,上树危害形成的卵果率下降,如 1995 年 6 月 29 日~7 月 13 日 3 次调查,种草园卵果率为 0.13%,比清耕园 1.27% 几乎降低 90%。

表 1 地面植被对果园害虫和天敌数量消长的影响

Table 1 Influenc of the ground plants on the pests and natural enemys quantity change in apple orchard

调查日期 Investigation date (月/日) (month/date)	害虫 Pests		天敌 Natural enemys	
	种草园 Grow grass orchard	清耕园 No grow grass orchard	种草园 Grow grass orchard	清耕园 No grow grass orchard
4/15	8.6	37.5	4.4	1.3
22	69.6	160.8	6.0	2.0
25	154.8	298.2	6.9	2.6
29	64.6	118.8	2.1	0.8
5/10	175.2	301.1	4.0	1.5
17	116.8	118.9	6.3	1.3
24	33.3	90.1	6.0	1.4
6/3	31.2	46.2	3.2	2.2
10	9.9	12.8	2.1	0.3
19	8.7	12.3	1.3	0.4
26	6.2	5.5	0.8	0.4
7/2	7.6	4.9	0	0

在果树行间套种低矮作物亦有相同功效,表 2 显示,套种花生的果园在 6 月下旬百叶天敌量远高于对照,在红蜘蛛发生高峰期百叶成螨量相差近 10 倍,蚜虫百叶量也有 1 倍的差距。在各种套种园调查显示,除花生外,油菜、瓜类等亦是较适宜的套种作物,但是这种套种方式一般适于未挂果幼树园,在盛果期果园中套种,可能会因争肥影响产量,而种植耐荫牧草是最合适的。

表 2 套种花生的果园中害虫和天敌

数量(头/百叶)的调查(1995 年)

Table 2 Investigation of pests and natural enemys quantity in apple orchard of interplant peanut

种植方式	叶螨	蚜虫	捕食螨	瓢虫	草蛉	步甲	蜘蛛
Plant way	Spider mite	Aphis spp	Ambly-seius	Lady bird	Green Lace	Carabid	Spider beetle
套种 ^①	17.60	14.0	11.0	1.0	1.0	1.0	3.2
不套种 ^②	160.0	29.0	0.4	0.4	0.3	0.6	0.3

① Interplant peanut; ② No interplant peanut

2.3 农田生境中天敌向果园迁移的规律

果园周围的农田生态系存在着大量的天敌种群,因为季节变化、收割等原因,使得这些天敌在农田和果园中迁移运动,如果在果园中创造了良好的栖息环境,即可吸引大量的天敌向果园中运动,以增强果园生态系中的天敌数量。经 1992~1996 年连续调查,5 月中下旬小麦乳熟期,麦蚜种群因前期瓢虫、草蛉、食蚜蝇的大量繁殖受到压制,而此时气候干燥,气温偏高,食物稀少,麦田已不再适宜天敌的生存,天敌

种群需寻找新的栖息环境。草蛉、小花蝽、异色瓢虫、龟纹瓢虫本是果园与麦田的共有天敌,在麦蚜和黄蚜间无寄主偏食性,从 5 月上中旬开始向果园迁移,5 月 20 日左右是迁移高峰,此时果园地面植被茂密,果树枝叶荫蔽,温、湿度皆较麦田为佳,种群迁入后,很快增强果园中天敌的控制作用,在 5 月底到 6 月初,苹果黄蚜即可得到完全控制,而通常的化学防治果园此时正值果农喷施杀虫剂,打麦收“保险药”的时刻。

赤眼蜂在玉米田和果园间的迁移运动也是很明显的,据 1992~1994 年调查,相距果园较远的玉米田中,赤眼蜂种群主要为玉米螟赤眼蜂,而与果园相近的玉米田中螟黄赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂数量相近。螟黄赤眼蜂于 7 月上中旬寄生苹果园第 3 代梨小食心虫卵后,即迁向玉米田,经在夏玉米的二代玉米螟卵期发展壮大的种群又会向果园运动,一年可来回迁移几次,据挂卵卡和采集寄生卵调查,其运动规律如图 1。

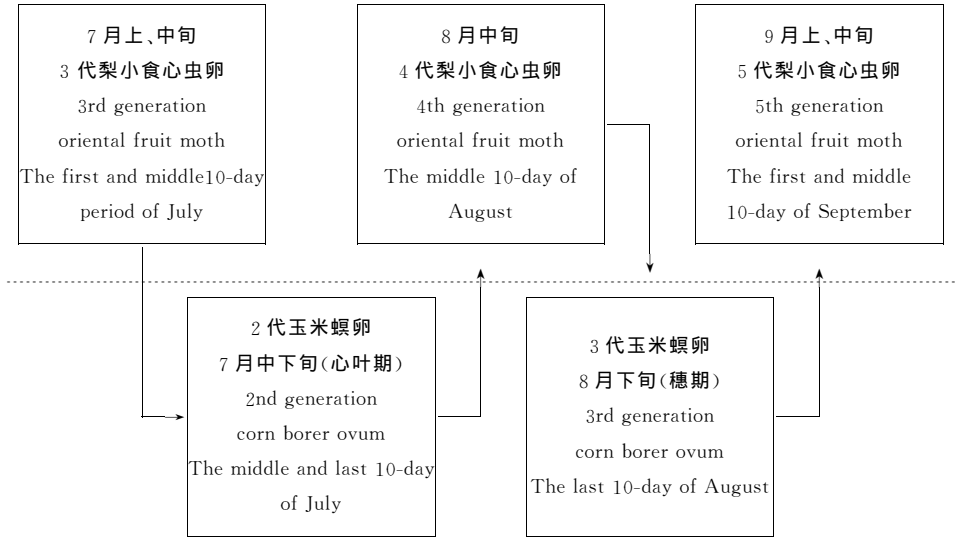


图 1 赤眼蜂在苹果和玉米田间的运动规律

Fig. 1 Moving regularity of *Trichogramma chilonis* spp. in apple and corn field

赤眼蜂在不同生态系中的运动使种群得以扩大,8 月中旬,果园中梨小食心虫卵寄生率即上升为 70%~80%,而第 5 代梨小卵寄生率最高达 90% 以上。因此,前期蚜螨危害在天敌作用下基本得到控制,可不施农药,在大发生年可使用生物农药调控,以为中后期果园中天敌的繁衍创造良好生境,对中后期害虫梨小食心虫、卷叶蛾、金纹细蛾的生态调控奠定基础,中后期害虫的化学调控亦应以选择性药剂为主。

2.4 优势天敌作用评价

在果园的 30 余种优势天敌中,东亚小花蝽(*Orius sauteri*),中华草蛉(*Chrysopa sinica*),塔六点蓟马(*Scolothrips takahashii*),三突花蛛(*Misumena tricuspidata*),园花叶蛛(*Synaema astrigera*)和螟黄赤眼蜂(*Trichogramma chilonis*),松毛虫赤眼蜂(*T. dendrolimi*)等是最重要的种类。

地面用桃小食心虫幼虫结扎观察试验表明,地面捕食活动与蜘蛛密度呈高度正相关(相关系数 0.79, $P_{0.01}=0.61$)种草果园和清耕果园地面天敌的日捕食量为供食总量的 61.2% 和 37.5%,比值为 1.6 倍,与田间实际调查情况相一致。树上笼罩试验表明:全部排除天敌和部分排除天敌的笼罩区叶螨增长量分别是不排除天敌区的 12.4 倍和 7.5 倍。天敌与叶螨相互作用的时间不同,其控制作用的生物学效应也不同,相互作用 30d,不排除天敌的笼罩区比完全排除和部分排除天敌的处理区叶螨数量分别低 3.0 倍和 1.8 倍,该比例高于天敌作用 20d 的控制倍数,更高于作用 10d 的控制倍数。在不同密度下,天敌群落对叶螨的控制倍数曲线呈 S 型,每叶二头叶螨是天敌生物学效应最佳的猎物密度^[3]。

根据树上天敌与叶螨发生量的实测数据做相关分析,东亚小花蝽,中华草蛉,塔六点蓟马与叶螨之间达显著相关(表 66),说明这 3 种天敌的控制作用是累加的,其中也以小花蝽的相关性最高。从生态位宽度和重叠性分析,小花蝽的作用居首位,其次是草蛉和六点蓟马,但天敌群落总和在两种生态位分析

中均高于上述 3 种天敌,说明在叶螨-天敌系统中,天敌群落的整体效应是最主要的。对蚜虫-天敌系统的分析也得出同样结论,不过各种天敌中以草蛉、龟纹瓢虫、蚜茧蜂、肉食蓟马的顺序排列它们各自作用的位置。蜘蛛类活动范围广,食性杂,食量大,虽然各个种在相关分析中难以占据前列,但由于作为一个类群在整个天敌群落中有相当大的数量,其对害虫的控制作用亦是不容忽视的。

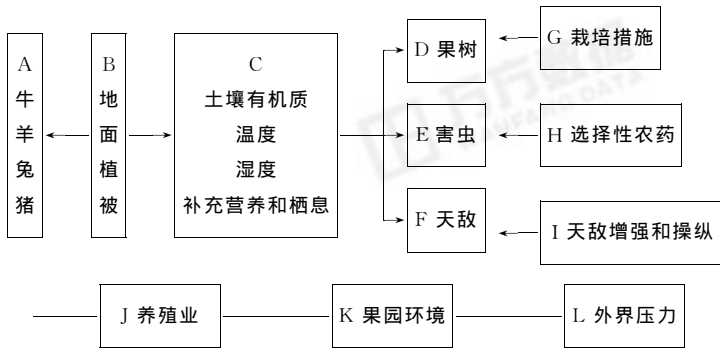
2.5 果园常用农药对天敌的影响

尽管充分发挥天敌群落的控制作用在果树生长期的相当阶段是切实可行的,但在不同年份或不同时间,有些害虫总能突破生态调控的束缚而达到防治界限,因此从果园生态外施加农药进行人工调控是必要的,但必须考虑对生态系中天敌群落的延后影响,对施药品种加以选择。

从常用药剂对瓢虫、草蛉和蚜茧蜂的毒性测定和安全系数试验数据分析,有机磷农药 1605,敌敌畏,水胺硫磷及杀灭菊酯,灭扫利的常用浓度对天敌幼虫的作用都是毁灭性的,且能造成 70%~90%的天敌卵不孵化。另外,当以非致死浓度处理蚜虫后,经 3 龄瓢虫幼虫取食,校正死亡率也高达 60.9%~74.4%。对蚜茧蜂已寄生的僵蚜用上述农药处理,其羽化率仅达 5%~40%,说明这些药剂的间接毒性也不容忽视,其中菊酯类的间接毒性要小于有机磷农药。比较安全的品种是僻蚜雾,其安全系数值达 48.3,尼索朗,浏阳霉素也比上述农药的安全系数高 100 倍左右。生物农药 Bt,灭幼脲,灭蚜菌,阿维菌素等对各种优势天敌的杀伤力更小,这些高选择性农药应作为害虫数量调控的首选药剂。

2.6 果园害虫生态调控体系的建立

通过增加果园地面植被的丰富度,改善了温度、湿度和土壤有机质等物理因素,地面植被中充足的猎物,使天敌群落早期的食物供给有了保证,给天敌的种群繁衍营造了良好的栖息环境,促使天敌群落在前期迅速发展起来,在 4 月下旬至 6 月份,当果树上蚜虫、叶螨为害时,迅速转移到果树上,将害虫数量控制在经济允许的水平之下。一般情况下,在连续 3a 以上地面种植覆盖植物的果园中,6 月份之前对蚜、螨的为害可做到基本不用施农药调节,前中期也可减少农药应用 2~3 次,大大缓解了化学农药对中后期果园生态系的压力。6~8 月份,田间天敌数量大增,增强了对果园害虫的控制能力,当某种标靶害虫数量越过防治指标时,选用生物农药或高选择农药进行人工调节。



A: cattle, sheep, rabbit, pig B: ground herbage and short crop

C: soil organic matter, temperature, humidity, replenish nutrition and perch

D: fruit tree E: pest F: natural enemy G: cultural practices

H: selectivity pesticide I: manipulation of natural enemy

J: culture K: orchard environment L: outside prissure

图 2 苹果园主要害虫生态调控体系示意图

Fig. 2 Ecological regulation system for major pests control in apple orchard

天敌的人工操纵增补释放的技术也是加强天敌作用,调控害虫密度的好方法。比如在预计叶螨形成高蜂前,有计划收割地面牧草,促使天敌转移,据调查,割草后 1 周,树上蟹蛛的数量为割草前的 3~4 倍,花蝽、瓢虫数量增加 2 倍,割草后 1 个月,树上小花蝽的数量增加 10 倍以上,而叶螨的密度下降 60% 左右。对于卷叶虫和梨小食心虫可以在其卵初期大量释放赤眼蜂,在 3 万头/0.67m² 以上,寄生率可达 80%

~90%，也可在春季采取早期低量接种工挂式释放，提前繁殖，扩大种群，达到控制害虫的目的。

通过综合运用果园生态系内外的生物因素和控制手段，降低果园中主要害虫种群的平衡水平，形成较好的生态调控体系(图2)，每年可减少农药40%~50%，使果园生态逐步达到良性循环。

3 讨论

目前，大多数苹果园中害虫的防治是按一种“防治历”在习惯性运作，其主要内容是早春至收果，每一规定时间即喷施化学农药，这是一种不科学的防治策略，其形成的原因是果园长达数十年对农药过度依赖，造成生态系内物种之间的制约作用大为减弱，天敌功能降低，可以说蚜、螨类的猖獗为害是人们无意识间人工加压选择造成的。为抑制蚜、螨，大量的农药又使其他害虫的天敌受到抑制，使食心虫、卷叶虫和潜叶蛾类轮番间歇性暴发，主要害虫演替加快，解决问题必须从果园生态系内部挖掘潜力，逐步恢复天敌和害虫种群间的数量平衡。事实上80年代江苏邳县占城果园坚持10多年地面种草，蚜、螨类很少造成大的为害，这是国内生防界已熟知的范例，严毓华先生等多年前即以大量的试验数据证明了苹果园生态调控的可行性。然而苹果园的生长期长，害虫种类多且关系复杂，而果农对果品的品质和好果率又有很高的要求，因此单一的或简单的几项调控手段，很难兼顾到果园病、虫、草害的复杂问题，必须因地因时全面考虑，建立一个较为周全又可行的生态调控系统，并长期坚持下去，相信会逐步改变目前果园病虫害防治的被动局面。

参考文献

- [1] 严毓华,等. 苹果叶螨的生物防治 I 苹果园种植覆盖作物保护和增殖天敌的初步研究. 华北农学报,1986, 1(2): 98~104.
- [2] 赵白鸽,等. 苹果园地面有益节肢动物群落及其相捕食作用. 果树科学,1993, 10(3):146~149.
- [3] 赵白鸽,等. 苹果园植被多样化对叶螨天敌群落自然控制作用评价. 河南农业大学学报,1993, 27(4):389~394.
- [4] 陈年春,等. 农药生物测定技术. 北京:北京农业大学出版社,1991.