

# 自然栽培リンゴ園における昆虫の群集構造とキンモンホソガの天敵防除

関谷 涼太・杉山 修一

弘前大学農学生命科学部

(2014年12月12日受付)

## 緒論

青森県弘前市のリンゴ農家、木村秋則氏は無農薬、無肥料でのリンゴ栽培（自然栽培）に成功した。無農薬栽培を始めた当初は、リンゴ園に大量のハマキガ類が発生し、大きな被害を受けたが(1)、その後次第に害虫密度は減少し、現在では、リンゴ園内にハマキガ類を見ることは珍しく、被害も問題にならない程度に抑えられている。

木村氏のリンゴ園でハマキガ類の被害が抑えられている原因は、主に寄生蜂による天敵防除であると言われている(3)。寄生蜂などの天敵による防除の重要性はよく認識されているが、減農薬と組み合わせた総合的害虫管理（IPM）が主流であり、一般栽培農家での薬剤無しに天敵に頼る防除はまれである。

本研究では木村リンゴ園の害虫防除の成立要因を明らかにするために、二つの調査を行った。まず、自然栽培リンゴ園に生息する昆虫の群集構造を慣行栽培リンゴ園と比較することで、自然栽培リンゴ園の寄生蜂をはじめとする昆虫の多様性や個体群密度が慣行栽培リンゴ園と比較してどのように変化しているかを明らかにした。続いて、自然栽培リンゴ園において、リンゴの代表的な害虫であるキンモンホソガ (*Phyllonorycter ringoniella*) とその天敵である寄生蜂類による寄生率を調査し、キンモンホソガに対する寄生蜂の天敵防除が働いているかを検証した。

## 材料および方法

### 1. 調査地

本研究では弘前市岩木山麓にある木村秋則氏自然栽培リンゴ園と近隣の慣行栽培リンゴ園を使用した。木村氏のリンゴ園管理は堆肥を含め肥料は30年間与えていない。また、合成農薬や交信攪乱剤なども一切使用せず、年3～10回程度の160倍に薄めた穀物酢を散布するだけである。園内の下草は5月初旬と9月初めの年2回刈るだけで、その間、下草は1m程度の高さに伸びたまま

ある。また、モモシクイガ防除のために6月末～7月に袋掛けを行っている。調査に用いた慣行栽培リンゴ園は木村リンゴ園から約200m離れたところにあり、管理は弘前市で行われている栽培方法にならない、年10回の農薬散布を行っている。

### 2. 昆虫群集構造の調査

本研究では園地にマレーズトラップ（HOGA社、京都）を設置し、昆虫類をサンプリングした。マレーズトラップは、昆虫が面にぶつかる上に向かって進む習性を利用したもので、長期設置が可能であり、昆虫の回収も簡単であるが、地表1m程度の高さの昆虫しか捕獲できない。マレーズトラップは自然栽培リンゴ園と、慣行栽培リンゴ園に1カ所ずつ、午後2時頃設置し2日後の同時刻に回収した。2010年には9月12～13日の1回、2011年には6月14日～16日、7月20日～22日、8月29～31日、9月26日～28日の計4回設置した。回収、保存液には70%エタノールを使用した。寄生蜂を含む昆虫の同定はシャーレにサンプルを入れ実態顕微鏡（OLYMPUS SZ6045TRCTV）で観察し、科レベルまで同定した。

### 3. キンモンホソガへの寄生蜂の寄生率調査

本研究で調査対象としたキンモンホソガはホソガ科、キンモンホソガ亜科に属する、6～7mm程度の小さな蛾である。幼虫は孵化後直ちにリンゴの葉にもぐりこみ、葉肉組織を食害し、葉には独特の被害痕を残すので、被害の調査が容易に行える。また、羽化するまで葉内部に潜っているため、寄生蜂による寄生調査も行いやすい。キンモンホソガへの寄生蜂の寄生率調査は2011年の自然栽培リンゴ園でのみ行った。キンモンホソガは青森県では年4回発生するが本研究では、その発生が著しかった第3世代について調査した。慣行栽培リンゴ園は農薬の影響でキンモンホソガの被害痕が見られなかったため、調査は行わなかった。

調査では、リンゴ樹のキンモンホソガによる被害率と寄生蜂による寄生率を調査した。被害率は、ランダムに50本の木を選び、木1本当たり5本の枝を選び、各枝10枚の葉についてキンモンホソガの被害痕数を記録した。

合計2500枚の葉を調べ、葉に1つでも被害痕があれば被害葉とした。被害率は木ごとに以下の式で求めた。

$$\text{被害率} = (\text{被害葉の数} / \text{調査葉数}) \times 100$$

寄生蜂の寄生率調査はプラスチック容器（高さ：4cm、底面円の直径：6.5cm）を使用した。調査はランダムに20本の木を選び木1本当たり被害痕のある20枚の葉をサンプリングした。その葉を底に水のしみこませたキッチンペーパーを置いたプラスチック容器に入れ、発生した寄生蜂もしくはキンモンホソガの数を記録した。2週間観察後、ガも寄生蜂も現れなかった被害痕は、葉痕を開き、キンモンホソガの蛹があるものは羽化するまで観察を続け、なにもないものは不在と記録した。また、キンモンホソガの羽化を示す空の蛹や寄生蜂の羽化を示す蛹の穴からも寄生の確認を行った。寄生率は以下の式で求めた。

$$\text{寄生率} = \text{寄生蜂の数} / (\text{感染痕数} - \text{不在数}) \times 100$$

被害率調査と葉の回収は、ともに8月29日に行い、現れた寄生蜂の同定は、白神自然環境研究所動物部門の中村剛之准教授に依頼した。

#### 4. 統計検定

自然栽培園と慣行園の統計的有意差を検定するために

$\chi^2$ 乗検定を行った。しかし、個体数が少ない場合正確な検定が出来ないため、総計が25個以上のデータについてのみ検定を行った(2)。

### 結果及び考察

#### 1. 昆虫密度

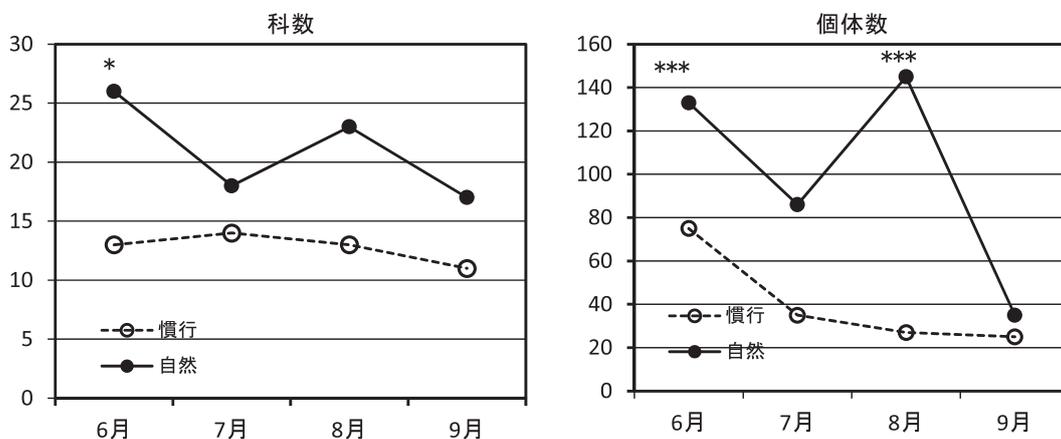
2010年には、個体数のみを調査し、科レベルでの同定は行わなかった。自然栽培りんご園では、9月の2日間で308個体の昆虫が捕獲されたが、慣行栽培区では58個体と5分の1であり、統計的には0.1%水準で有意な差が認められた(第1表)。捕獲された個体の8割以上が、双翅目と膜翅目昆虫であった。ハチ(膜翅目)やハエ(双翅目)のグループが多いのは、地表1m以下の昆虫を主に捕獲するマレーズトラップの特徴のためと思われる。りんご園全体の昆虫相を反映しているわけではない。

2011年の6月から9月までの4回の調査の捕獲した昆虫の個体数と科数の推移を第1図に示した。9月を除き、両園間には個体数で有意な差が見られた。慣行栽培園では6月に個体数が最も多く、その後減少したが、この減少は農薬散布による個体群密度の低下が原因と思わ

第1表 慣行園と自然栽培園で採取された昆虫の個体数と科数。  
2010年は9月1回、2011年は6月から9月まで4回の調査の合計を示す。

	2010		2011			
	個体数		個体数		科数	
	慣行	自然	慣行	自然	慣行	自然
甲虫目	2	0	5	7	2	4
双翅目	22	127	82	181	13	18
膜翅目	29	145	21	59	7	8
鱗翅目	2	3	4	13	2	5
半翅目	1	12	40	22	2	5
その他	2	21	14	117	4	5
総計	58	308	162	399	29	45

太字は二つのりんご園間に統計的な有意差があることを示す



第1図 自然栽培りんご園(●)と慣行栽培りんご園(○)で捕獲された昆虫科数と個体数の季節推移。\*, \*\*, \*\*\*はりんご園間でそれぞれ5%, 1%, 0.1%レベルでの有意差があることを示す。

れる。一方、自然栽培園では、7月にやや減少したが、8月には増加し、9月には大きく減少した。7月の減少は、調査日の7月20日から21日に台風の影響で最大瞬間風速15m/s以上の強風が吹いたため、昆虫が移動しなかったことが原因と考えられる。また9月の大きな減少は、調査日の数日前に自然栽培リンゴ園内の草刈りが行われ、飛翔昆虫の数が少なくなったためと考えられる。8月の自然栽培園（145個体）と慣行栽培園（27個体）には5倍の差があり、2010年と同じ傾向であった。このことから、自然栽培園の昆虫は、慣行栽培園の5倍以上の個体群密度に達していることが推察される。この密度の差は、自然栽培園では農薬を散布しないために農薬による死亡が少ないこと、9月の下草刈り後に捕獲昆虫数が大きく減少したことから示されるように、下草のあることで多様な昆虫の生息環境がつけられていることが関係していると考えられる。

## 2. 昆虫多様度

2011年調査の科数については、自然栽培園では常に多いものの、個体数ほど自然栽培園と慣行栽培園には差は見られなかった（第1図）。2011年の目ごとの個体数は、6月から9月までの4回調査したため、2010年に比べ多様化した。6月は慣行栽培リンゴ園では半翅目のカイガラムシ科が高く、自然栽培リンゴ園ではダニ類が高い個体数を示した。7月は両園ともに双翅目が高い割合を示

した、とくに自然栽培園では、クロキノコバエ科やユスリカ科が多く、またハムシ科の昆虫が慣行栽培園でのみサンプリングされた。8月は両園の昆虫群集構造の違いが最も顕著に現れた。自然栽培園ではアヤトビムシ科やダニ類の割合が高く、膜翅目においても慣行栽培園よりかなり高い割合を示した。9月は両園で顕著な違いが見られなかったが、テントウムシやハネカクシなど甲虫目の昆虫が自然栽培リンゴ園でのみサンプリングされた。科数は有意差ではなかったものの、6、7、8、9月いずれも自然栽培リンゴ園のほうが多かった。

## 3. 寄生蜂類の多様性

自然栽培園の寄生蜂は、2010年では3科121個体、2011年では7科31個体が、慣行栽培園では2010年では3科25個体、2011年では6科12個体が記録された。2010年の9月は、トリコバチ科の寄生蜂だけで8割を占めた。2011年は捕獲された寄生蜂の数は減少したが、種類は増加した。両園に共通してコマユバチ科、ホソハネバチ科の割合が高かった。ヒメコバチ科、トビコバチ科、ハエヤドリクロバチ科は自然栽培園でのみ、ヒメバチ科、ジガバチ科は慣行栽培リンゴ園でのみ捕獲された。（第2表）。科数は2011年の9月以外すべて自然栽培園で高くなった。

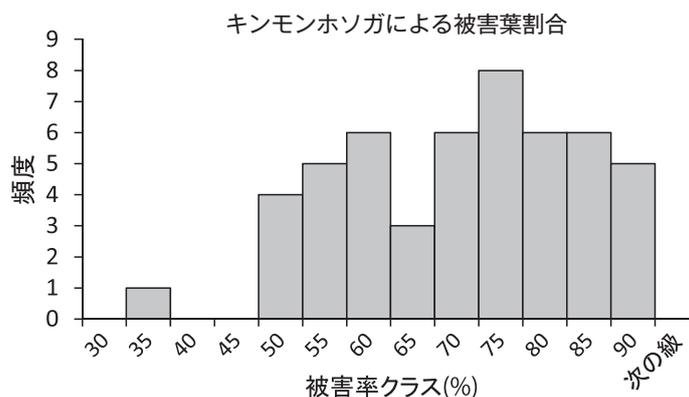
## 4. キンモンホソガによるリンゴの被害率

慣行栽培園では、キンモンホソガの被害痕が見られなかったため、自然栽培園でのみ調査を行った。キンモン

第2表 慣行園と自然栽培園マレーズトラップで採取された寄生蜂の種類と個体数

	2010		2011	
	慣行	自然	慣行	自然
コマユバチ科	3	8	4	11
トビコバチ科	20	110	0	3
ヒメバチ科	2	3	1	0
ヒメコバチ科	0	0	0	4
ジカバチ科	0	0	1	0
カマバチ科	0	0	1	2
シリボソクロバチ科	0	0	1	1
ハエヤドリクロバチ科	0	0	0	2
ホソハネコバチ科	0	0	4	8

太字は二つのリンゴ園間に統計的な有意差があることを示す



第2図 50本のリンゴ木のキンモンホソガによる被害葉の頻度分布

ホソガの被害痕は2500枚中1712枚の葉に存在し、平均すると木1本当たり68.48%の被害率であった。調査した50本の木のキンモンホソガの被害率分布を第2図に示した。被害率の最低は35%であったが、それ以外すべては50%以上であった。また葉1枚当たりの被害痕数は平均で1.22個、最高は5個であった。

### 5. キンモンホソガへの寄生蜂の寄生率

調査した721個の被害痕のうち313個が不在、259個からキンモンホソガ、149個から寄生蜂が出現した。20本の調査木の寄生蜂の出現率は最低が17%、最高が94%で平均は42.21%であった。寄生していた主なハチはヒメコバチ科の*P.katonis*雌雄と未同定のヒメコバチの1種でほぼ独占されていた(第3表)。

第3表 キンモンホソガへの寄生が確認された種と個体数

種名	個体数	(%)
<i>Pinigario katonis</i> (♀)	41	(30.1)
<i>Pinigario katonis</i> (♂)	53	(39.0)
ヒメコバチの1種	33	(24.3)
<i>Quadrastichus</i> sp	4	(2.9)
その他	5	(3.6)
合計	136	

青森県リンゴ試験場の高橋らのデータでは(4)、粗放管理園の第3世代におけるキンモンホソガへの寄生蜂による最高寄生率は68.4%、最低寄生率は0%、平均33.5%であった。このことから、自然栽培園のキンモンホソガ寄生率は青森県での以前の調査に比べ高い値を示し、自然栽培リンゴ園におけるキンモンホソガ個体群への寄生蜂によるトップダウン効果が働いていることがわかる。しかし、今回の調査では不在と記録された第1世代や第2世代のキンモンホソガの感染痕が多く、第4世代を含め季節を通じた寄生蜂による寄生実態を調査する必要がある。

キンモンホソガに寄生が確認された種はヒメコバチ科のハチであったが、今回の調査で被害痕に寄生していた

*P.katonis*はマレーズトラップでは捕獲されなかった。また、ヒメコバチ科以外に2010年には大量のトビコバチ科の寄生蜂がトラップで捕獲されたことから、木村秋則氏の自然栽培リンゴ園では、多種の寄生蜂によるハマキガなどの害虫に対するトップダウン効果が効果的に働いていることが示唆された。

本研究に際してリンゴ園の調査を許可していただいた木村秋則氏と、寄生蜂の同定に協力していただいた弘前大学、白神自然環境研究所動物部門の中村剛之准教授に深く感謝いたします。

### 要約

青森県、弘前市で無肥料・無農薬でリンゴを栽培している木村秋則氏のリンゴ園における害虫防除のメカニズムを探る目的で、マレーズとラップによるリンゴ園の昆虫調査とリンゴの主要害虫であるキンモンホソガの寄生蜂による寄生の実態調査を行った。2010年と2011年の調査で、木村リンゴ園は慣行栽培リンゴ園に比べ、多様な昆虫が棲息し、また個体数も5倍程多いことが分かった。キンモンホソガにより平均68.5%の葉が被害を受けていたが、そのうち42%がコマユバチ科の寄生蜂に寄生されていた。これらの結果は、木村リンゴ園が農薬を利用しなくても、寄生蜂等のトップダウン効果により害虫が防除されていることを示している。

### 引用文献

1. 木村秋則(2009)リンゴが教えてくれたこと, 日経プレミアシリーズ, 東京, 211pp.
2. Sokal, R and Rohlf F. (1981) Biometry Freeman, New York, pp.704-721.
3. 杉山修一(2013)すごい畑のすごい土, 幻冬舎新書, 東京, 190pp.
4. 山田雅輝・関田徳雄・小山信行・川島浩三・白崎将瑛(1986)キンモンホソガの発生動態に関する研究, 青森リンゴ試験所報告: 1-146

## Insect Community and Control of *Phyllonorycter ringoniella* by Parasitoid Wasps in a Natural Apple Orchard

Ryouta SEKIYA and Shuichi SUGIYAMA

Laboratory of Plant Ecology, Faculty of Agriculture and Life Science.

(Received for publication December 12, 2014)

### SUMMARY

In spite of no application of any pesticide and fungicides for more than 30 years, the apple farm of Akinori Kimura (AK farm) have yielded high quality apples as much as 20t ha<sup>-1</sup>. In order to clarify why insect pests are controlled in this apple farm without any pesticides, we compared insect communities between the AK farm and nearby conventional apple farm, and examined parasitic rate of a leaf miner larva (*Phyllonorycter ringoniella*) by parasitoid wasps. The AK farm had more heterogeneous and five-times more abundant insect community than the conventional farm. *P. ringoniella* invaded 68.5% of leaves but 42% of the larva were infected by wasps. These results suggest that top-down effects by natural enemies play important roles in preventing damages by insect pests in the AK farm.

Key words: apple, organic culture, parasitoid wasp,

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. **No.17**: 1-5, 2015