

土着天敵利用からみた果樹園の 下草管理

国立研究開発法人農業・食品産業技術
総合研究機構
果樹茶業研究部門

外山 晶敏

はじめに

果樹園の下草には複数の側面があり、そのいずれを見るかで管理方法に対する考え方も大きく変わる。病害虫防除一つをとっても、時に下草は病気や害虫の発生源として徹底した除草が推奨される。こうした立場や見方の違いを超え一つの解を得るためには、多面的な下草の功罪を整理し、そのそれぞれと管理技術との関係を明らかにした上で、総合的に改良を進めていく必要がある。本稿では、その一助となることを願い、害虫防除における「天敵の保全と利用」という立場から、下草の役割と利用可能性について考えてみたい。

1. 下草で天敵を温存する

本来、農環境には様々な土着の天敵が生息し、害虫の密度抑制に大きく貢献している。農薬散布後にみられる害虫の多発、つまりリサージェンス（誘導多発）は、無節操な農薬使用による、これら土着天敵類の排除に起因する。保全的生物的防除は、こうした攪乱を出来るだけ小さくし天敵類の働きを強化することで、害虫の密度抑制を試みる手法である。

保全的生物的防除では、天敵類の生息環境の維持が農薬による影響の軽減と並んで重要である (Landis *et al.* 2000)。植生管理により、代替餌や寄主、隠れ家や越冬などに適した生息環境を

与え (habitat management)、天敵密度を高く維持することで害虫防除につなげようというアイデアは古くからあり、技術としての導入も様々な作目で試行されてきた (Landis *et al.* 2000; Gurr *et al.* 2004; Fiedler *et al.* 2008)。例えば、ヨーロッパ等で推奨されている園内や周辺へのビートルバンク (beetle bank) と呼ばれる緑地帯の設置は、チョウ目害虫やアブラムシ類などの害虫も餌とする広食性 (ジェネラリスト) 捕食者の徘徊性クモ類やゴミムシ類などに、越冬や生活に適した環境を積極的に与えようという試みである (Landis *et al.*

2000; Gurr *et al.* 2004)。多様な下草植生は、そこにすむ虫の個体数や多様性を増やし、結果的にそれら捕食者の餌環境を豊かにする。

果樹園の下草を対象にした取り組みも少なくない (Bugg & Waddington 1994; Altieri & Wyss 2004; Pfiffner 2004; Simon *et al.* 2010)。下草でクモ類やゴミムシ類などを保全しようという試みの他、アメリカのリンゴなどで草生効果によるハダニの生物的防除に多くの研究がある (表-1)。スペインのクレメンタインでは、オニウシノケグサ (*Festuca arundinacea*) の草生

表-1 海外におけるグランドカバーのハダニ防除効果に関する研究事例

作物	国	グランドカバー	効果*	出典***
リンゴ	アメリカ	自然草生	Positive	Croft (1975)
リンゴ	アメリカ	自然草生	Positive	Alston (1994)
リンゴ	アメリカ	自然草生	Null	Nyrop (1994)
リンゴ	中国	<i>Lagopsis supina</i> (コゴメオドリコソウ)	Positive	Yan <i>et al.</i> (1997)
リンゴ	アメリカ	<i>Dactylis glomerata</i> (カモガヤ)	Null	Stanyard <i>et al.</i> (1997)
リンゴ	アメリカ	自然草生	Positive	Schmidt <i>et al.</i> (2015)
リンゴ	イギリス	花の混植	Null	Fitzgerald & Solomon (2004)
モモ	アメリカ	自然草生	Negative	Meagher & Meyer (1990)
ワイン用ブドウ	アメリカ	<i>Sorghum halepense</i> (セイバンモロコシ)	Positive	Flaherty (1969)
ワイン用ブドウ	スイス	自然草生 (花)	Positive	Boller (1992)
カンキツ	中国	<i>Ageratum conyzoides</i> (カッコウアザミ)	Positive	Liang & Huang (1994)
カンキツ	フランス	自然草生	Positive	Mailloux <i>et al.</i> (2010)
カンキツ	フランス	<i>Neonotonia wightii</i> (マメ科の一種)	Positive	同上
カンキツ	スペイン	<i>Festuca arundinacea</i> (オニウシノケグサ)	Positive	Aguilar-Fenollosa <i>et al.</i> (2011)

* ハダニ防除 (ハダニ抑制あるいは天敵強化) に対する効果

***出典詳細略



図-1 (a) ナミハダニ, (b) ミカンハダニ, (c) カンザワハダニ

で、天敵であるカブリダニ類の働きなどによるナミハダニ (*Tetranychus urticae* 図-1(a)) の抑制が報告されている (Aguilar-Fenollosa *et al.* 2011)。また中国では、カンキツ園に普通種のカッコウアザミ (*Ageratum conyzoides*) を優占させると、カブリダニが増えミカンハダニ (*Panonychus citri* 図-1(b)) の発生を抑えるとの報告もある (Liang 1994)。草の中は気温や湿度が夏でも適度に保たれ、餌となるハダニもほどほどに発生することに加え、カッコウアザミの例に見るように、一部の草花の花粉はカブリダニ類の有効な代替餌となる (McMurtry & Croft 1997)。

花は、寄生蜂やヒラタアブ類、ヒメハナカメムシ類といった昆虫の天敵類にとっても重要な餌資源となる。特に、花粉や花蜜に富み天敵温存効果に優れた植物はインセクタリアンツ (insectary plants) と呼ばれ、園内あるいはその周辺に配置することで天敵類の働きを高める取り組みも進む。例えばヨーロッパやニュージーランドでは、樹列間にインセクタリアンツのフラワーストライプ (flower strips) を作る試みがある。スイスでは、リンゴのアブラムシ防除に在来種で構成された花の混植が試され、捕食性天敵の増加によるアブラムシの密度抑制が報告されている (Wyss 1995)。ニュージーランドのワイン用ブドウでは、主産地のワイパラ地域を

中心にフラワーストライプによる害虫防除で大規模な実験が実施され、ソバ (*Fagopyrum esculentum*) やハゼリソウ (*Phacelia tanacetifolia*)、アリッサム (*Lobularia maritima*) の樹列間への植栽により、ハマキガ (*Epiphyas postvittana*) の生物的防除に成功している (Berndt & Wratten 2005; Fielder *et al.* 2008)。

2. ハダニ防除からみた下草管理—土天プロの成果から—

長らく日本の果樹栽培では、時に海外での研究成果が紹介される以上に、こうしたアプローチにスポットが当てられることは、ほとんどなかった (足立・三代 2012)。むしろ害虫防除の観点からは、発生源の除去を目的とした除草管理に重点が置かれることが多く、特にハダニ防除については、下草で越冬増殖した個体が樹に登るとされ、株周りにおける除草の重要性が強

調されてきた。

ところが、薬剤抵抗性の発達による有効薬剤の不足がいよいよ顕在化してくると、土着天敵の再評価とともに、植生管理にも注目が集まるようになった。農林水産省の委託プロジェクトとして20011～2014年に実施された「土着天敵を有効活用した害虫防除システムの開発 (土天プロ) —果樹における土着天敵利用」も、こうした流れの一環にある。

同プロジェクトでは、まず下草の功罪について実験による検証が行われた。除草剤で樹下を清耕に保つ「下草なし」のナシ樹と、除草を控え下草を繁茂させた「下草あり」の樹で、ハダニ及びカブリダニ類の発生動態が比較された。結果は、非選択性殺虫剤である合成ピレスロイド剤の散布により、「下草なし」の樹ではカンザワハダニ (*Tetranychus kanzawai* 図-1(c)) の多発がみられた (図-2)。つまり、リサーチが生じた。このことは、下草

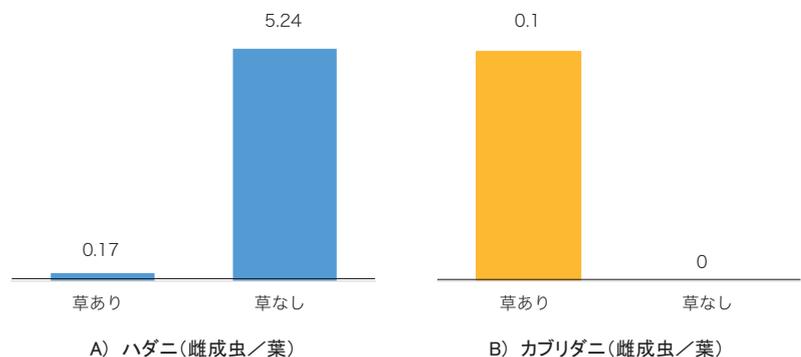


図-2 異なる下草管理間でのハダニ及びカブリダニの発生量比較 (「土着天敵を活用する害虫管理 最新技術集」より改図)



図-3 ハダニを捕食するミヤコカブリダニ
(岸本英成氏撮影)

が発生源と言われる *Tetranychus* 属のハダニでも、樹の周辺の下草を除去しただけでは完全に発生を抑えきれないことを示している（ちなみにミカンハダニなど *Panonychus* 属のハダニはもとから草本には寄生しない）。一方、除草を控えた「下草あり」の樹上では、ミヤコカブリダニ (*Neoseiulus californicus* 図-3) などがいち早く姿を現し、ハダニ密度を低く抑えた（図-2）。このことは、樹上に生息するカブリダニ類が殺虫剤の影響を受けたとしても、下草が供給源になり得ることを示している。

これらの結果は、ハダニ防除の観点からは、「天敵類の保全と働き強化」を下草管理の第一の目標とすべきことを示唆している。除草によるハダニの抑制は管理面積が広いほど効果的であると考えられるが、日本のように小さな圃場で且つ雑草の成長も早い環境にあっては、完全な発生源の除去は労力的にも費用的にも難しい。畑からハダニを閉め出すのではなく、初めから「ハダニは発生するもの」として、許容水準の中でうまく付き合っていくことを目標に防除戦略を考えた方が、現実的であり実際に有効であろう。

では、果樹園にはどのようなカブリダニ類が生息し、どのように働いているのか。保全的生物的防除を図るなら、まず保全対象の実態を把握しておく必要がある。

実は、樹上と下草でカブリダニ類の

種構成は大きく異なる。例えば関東のナシ園では、樹上ではコウズケカブリダニ (*Euseius sojaensis*)、下草ではマクワカブリダニ (*Neoseiulus makuwa*) やミチノクカブリダニ (*Amblyseius tsugawai*) などの優占的発生がみられる。これらは餌としてハダニ以外にも広く利用するジェネラリストのカブリダニ類で、生息環境に強い執着傾向がある。つまり、下草から樹上への供給はあまり望めないが、それぞれの生息環境においては、ハダニ密度が低い時から“ボディガード”としての働きを期待できる。一方、ミヤコカブリダニやケナガカブリダニ (*Neoseiulus womersleyi*) などハダニへの依存度が高いスペシャリストのカブリダニ類は、ハダニ密度に敏感に反応し下草と樹との間を移動していると考えられ、下草からの供給も期待できる。実際に前出の実験では、殺虫剤により樹上のカブリダニ類が除去されたことで下草からの供給が強く働いたと考えられる。

これらを踏まえ、ハダニ防除の観点から下草管理について考えてみると、まず園内の下草でハダニを多発させないことが第一歩となる。そのためには、下草にすむジェネラリストのカブリダニ類に十分に働いてもらう必要がある。それらがうまく機能すれば、下草でのハダニ多発リスクは大きく下がる。具体的には、刈り過ぎに注意したい。ハダニに限らず花粉なども餌として利用する彼らにとって、少なくとも地面が広く露出するような強い除草は

好ましくない。また、ある程度の草丈があれば、葉散の影響緩和も期待できるかもしれない。

一方、農薬の散布は樹上にいるジェネラリストのカブリダニ類に少なからずダメージを与えるため、機動力のあるスペシャリストのカブリダニ類の働きも欠かせない。これらの温存・供給を下草に期待するには、カブリダニ類が下と上を往き来しやすい環境を作る必要がある。前出の実験は除草を控えたかなり極端な状況にあったが、幸いにも、別の実験では定期的な高刈りで除草管理した樹でもハダニ密度の抑制が認められている。ただし、株周りの狭い範囲でも清耕にすると抑制効果はみられない。小さなカブリダニ類にとって、草のない地面は砂漠のような環境なのかもしれない。速やかな樹上への移動を促すためには、幹の近くに至るまで下草を維持しておく必要がある。

実際にこうした下草管理を防除体系に組み込む試みとして、土天プロではリンゴのナミハダニ防除に成果がある。天敵に影響の少ない薬剤体系下で除草を控えることにより実用レベルでの防除が可能であることが、現地試験で実証されている (Funayama et al. 2015)。頻繁に機械除草を行う慣行の管理に対し、下草を積極的に残すことで、ミチノクカブリダニなどの草本に生息するカブリダニ類が温存され下草でのハダニ発生を抑制するとともに、樹上にも移動するケナガカブリダニを温存する効果があると考えられて

いる。また、雑草の繁茂に懸念がある場合には、シロツメクサ (*Trifolium repens*) の播種により、除草回数を減らしグランドカバーを維持する技術も提案されている。

ミカンでは、ミカンハダニの防除に、ナギナタガヤ (*Vulpia myuros*) によるミヤコカブリダニの温存が検証されている。地面を被覆したナギナタガヤが好適な越冬場所になることにより、樹上での同カブリダニの発生を早める効果が期待されている (Katayama et al. 2006)。

なお、本プロジェクトの成果は、「土着天敵を活用する害虫管理 最新技術集」及び「土着天敵を活用する害虫管理技術 事例集」として、農研機構の Web サイト (http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/manuam/069415.html) で公開されている。

3. 研究展望

天敵の保全に加え、樹周辺への定着、それらの樹上への供給促進など、天敵の働きを効率化する、下草のより高度な利用が今後の課題となる。目標のひとつは、殺虫剤などの使用条件を緩めても適用できるよう、ハダニの増殖に遅れる下草からのスペシャリストのカブリダニ類の供給を少しでも早めることである。そのためには、それらの温存により優れ、移動時間を短縮するような環境作りが求められる。また、現

在、果樹でも天敵製剤の利用が検討されているが、課題は放飼効率を上げることであり、ここでも下草への定着性向上が目標の一つとなる。

そこで期待されるのが、有用植物の活用である。すでに前出の土天プロでも複数の種が候補に挙げられており、それらを組み込んだ下草管理技術が検討されている。例えば、野草では、カタバミ (*Oxalis corniculata*)、イヌタデ (*Persicaria longiseta*)、ヤイトバナ (*Paederia scandens*) などカブリダニ類が多くみられ (Wari et al. 2014)、オオバコ (*Plantago asiatica*) の花粉は多くのカブリダニ類にとって好適な餌であることが明らかになっている (Funayama 2014)。また、イネ科の草本では開花期に多くのカブリダニが穂に見られる他、葉に毛じが多いアップルミントなどでも定着が認められる。中国では、カッコウアザミの他、コゴメオドリコソウ (*Lagopsis supina*) のグランドカバーでもカブリダニの温存が報告されている (Yan et al. 1997)。除草頻度や強度を下げるための抑草とグランドカバーの維持という観点からは、価格が安いシロツメクサの他、多年性のダイカンドラ (*Dichondra repens*) なども候補に考えられるだろう。

作業やコストの面からは、樹の周りは除草しないという株元自然草生も選択肢の一つである。再現性など管理のマニュアル化が課題となるが、現状において株元の除草が少なからずほ場管理上の負担となっていることを考えれ

ば、省力を進める上でも検討する価値があるだろう。

一方、下草がハダニの発生源になることもあるという事実に対しては、技術の信頼性を担保する上で、慎重な原因分析と、それに基づく対策の提示が求められる。例えば、春から初夏にかけて春草の類いでハダニ密度の上昇がしばしば見られる。これらの植物には、その後の天敵増加に貢献が期待される一方、ハダニの初期発生源にもなり得ることに留意が必要である。ハダニと天敵類の力関係は常に一定というわけではない。栽培体系や、植生、季節により下草の功罪の天秤も変化する。シーズンを通してリスクを抑え天敵の機能を最大限に活用するためには、何に留意しどこを強化すればよいのか、植生と管理のデザインにメリハリを付けるツボを明らかにしたい。

その他の留意事項には、まず他の病害虫の発生を助長しないことが挙げられる。ハダニ以外、例えばゴマダラカミキリやコウモリガなどの発生が懸念されるような下草管理は避けなければならない。アザミウマやアブラムシも下草で増える可能性がある。非栽培期間におけるナシの黒星病対策 (落葉の処理) やリンゴでの野鼠対策などとの兼ね合いもあるだろう。樹への影響や、他の栽培・防除作業に対する配慮も不可欠である。また管理や経費においては、機械除草による慣行管理との比較で、あまり負担が大きくなるようにすることが導入・普及に際しての必要条件となる。

ハダニ防除に続く展開としては、花粉媒介昆虫の保全・強化や、アブラムシなど対象害虫の拡大も目標になる(足立・三代 2012)。その中では、ハゼリソウなど、有用昆虫類の強化に実績があるインセクタリアープランツの検討とともに、在来種を対象とした有用種の探索も課題となるだろう。外来種の利用制限という側面もあるが、適地適作は、管理の成功、ひいては防除の成功にもつながると考えられ(Fiedler et al. 2008)、今後、日本においても重要な研究テーマになるとと思われる。

おわりに

果樹の下草管理による天敵利用は、日本ではまだ試行錯誤の段にあり、取り組むべき課題も多い。しかし、下草を単なる雑草ではなく、資源として利用しようという試みはチャレンジングで魅力的である。これまでの雑草管理の目的と矛盾しないよう、それぞれと整合を図りつつ、天敵の温存という新たな価値を上乘せする技術の開発を期待したい。

本成果の一部は、農林水産省農林水産技術会議の委託プロジェクト研究「土着天敵を有効活用した害虫防除システムの開発」(平成24年～27年度)によるものです。

参考文献

- 足立礎・三代浩二 2012. 果樹・茶園における土着天敵保全による生物的防除. 植物防疫 66(9), 488.
- Aguilar-Fenollosa, E. et al. 2011. Effect of ground-cover management on spider mites and their phytoseiid natural enemies in clementine mandarin orchards (I): bottom-up regulation mechanisms. *Biological control* 59(2), 158-170.
- Altieri, M.A. 2004. Insect ecology in orchards under cover-crop management. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*, pp.111-123.
- Berndt, L.A. and S.D. Wratten 2005. Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. *Biological Control* 32(1), 65-69.
- Bugg, R.L. and C. Waddington 1994. Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: a review. *Agriculture, ecosystems & environment* 50(1), 11-28.
- Fiedler, A.K. et al. 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biological control* 45(2), 254-271.
- Funayama, K. and S. Sonoda 2014. *Plantago asiatica* groundcover supports *Amblyseius tsugawai* (Acari: Phytoseiidae) populations in apple orchards. *Applied Entomology and Zoology* 49(4), 607-611.
- Funayama, K. et al. 2015. Management of apple orchards to conserve generalist phytoseiid mites suppresses two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 65(1), 43-54.
- Gurr, G.M. et al. 2004. Ecological engineering, habitat manipulation and pest management. *Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for arthropods*, pp.1-12.
- katayama, H. et al. 2006. Density suppression of the citrus red mite *Panonychus citri* (Acari; Tetranychidae) due to the occurrence of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari; Phytoseiidae) on Satsuma mandarin. *Applied Entomology and Zoology* 41(4), 679-684.
- Landis, D.A. et al. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual review of entomology* 45(1), 175-201.
- Liang, W. and M. Huang 1994. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: a review. *Agriculture, ecosystems & environment* 50(1), 29-37.
- McMurtry, J.A. and B.A. Croft 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual review of entomology* 42(1), 291-321.
- Pfiffner, L. and E. Wyss 2004. Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests. *Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods*, pp.165-186.
- Simon, S. et al. 2010. Biodiversity and pest management in orchard systems. *A review. Agronomy for sustainable development*. 30(1), 139-152.
- Yan, Y.H. et al. 1997. Conservation and augmentation of natural enemies in pest management of Chinese apple orchards. *Agriculture, ecosystems & environment*, 62(2), 253-260.
- Wari, D. et al. 2014. Population survey of phytoseiid mites and spider mites on peach leaves and wild plants in Japanese peach orchard. *Experimental and Applied Acarology* 63(3), 313-332.
- Wyss, E. 1995. The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75(1), 43-49.