

原著論文

果樹園における地表徘徊性天敵等有用種の
ピットフォールトラップ捕獲数に対する各種要因の影響

外山晶敏*

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

305-8605 茨城県つくば市藤本

Pitfall-trap Captures Variation of Ground-dwelling Invertebrate Indicator
Organisms for Environment-preserving Agriculture in Japanese Orchards

Masatoshi TOYAMA*

Institute of Fruit Tree and Tea Science,

National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

Tsukuba, Ibaraki 305-8605, Japan

Summary

Pitfall trapping has been proposed as a method for assessing ground-dwelling invertebrate organisms including predators, such as carabid beetles and spiders, in the arable lands of Japan. My goal is to correct the influences of sampling programs and other conditions on pitfall trapping results. To this end, I analyzed the daily catches of carabid beetles, spiders, and striped earwigs in relation to various factors during a study conducted in orchards from May 21 to June 3 and from June 11 to June 18, 2010. Trapping on successive days had little influence on the daily catches in all groups. On the other hand, for some species there were large differences in catches between the two trapping periods, which were separated by only eight days. There were significant effects of weather factors (temperature and precipitation) on the catches of most species. In addition, the comparisons between fields with different undergrowth conditions and between different trapping locations within the same field suggested that ground vegetation could largely influence the density and distribution of predators in a field. Based on these results, I concluded that it is necessary to design multiple surveys and to set traps throughout fields. Furthermore, post-survey evaluations of inherent or unavoidable biases will be necessary for the accurate interpretation of trapping results.

Key words: Pitfall trap; Epigeal invertebrate predators; Carabidae; Araneae; Functional biodiversity indicator

緒 言

果樹栽培における環境保全型農業の推進において、多様な種群から構成される土着天敵相の保全と、その活用は最も重要な課題の一つである (Jonsson et al., 2008)。

ゴミムシ類やクモ類を始めとする地表徘徊性捕食者も、こうした土着天敵相の一画を成す。これらは、害虫や雑草の抑制 (Kromp, 1999; Marc et al., 1999; Sunderland, 2002; Mathews, 2004)、高次捕食者の餌 (Holland and Luff, 2000; Smeding and Snoo, 2003) としてなど、農業に有用な生態的機能を多面的に有すほか、農法や各種管理技術に対する感受性の高さから環境指標としての側面も持つ (Kromp, 1999; Marc et al., 1999; Sunderland, 2002)。

ピットフォールトラップ (以下、トラップは同義) は、地表を徘徊する節足動物について最も一般的に用いられる調査手法である (Uetz and Unzicker, 1976; Spence and Niemelä, 1994)。本手法は、安価で設置が容易、特別な訓練を要しない、設置場所を選ばない、捕獲能力が高い、対象種の範囲が広いなど、調査の実行性に優れる (Spence and Niemelä, 1994)。

日本においても病虫害防除体系やIPMへの取り組みを、環境負荷の観点から評価する試みとして、土着天敵類などを指標とする手法が提案されている (Tanaka and Ihara, 2012)。各種作目において、防除所職員や技術指導者、さらには生産者などを対象に、調査や評価手法が「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル (農林水産省技術会議事務局・農業環境技術研究所・農業生物資源研究所, 2012)」としてまとめられ、IPM推進事業の一環としての活用が進む。そのなかでは、地表徘徊性捕食者であるゴミムシ類やコモリグモ類なども果樹での重要な調査対象に挙げられており、モニタリングにはピットフォールトラップの使用が推奨されている。

本試みの課題は、農業生産現場で広く実施されることを目標とするため、調査や評価の方法に容易さが求められる点にある。また、実行にあたっては、設置数や設置日数など計画に多くの現場レベルでの制約が想定され、調査条件にある程度の融通性を認めざるを得ない。

一方、ピットフォールトラップの捕獲結果については、必ずしも対象の生息密度や群集構造を反映しないとする指摘も多い (Luff, 1975; Lang, 2000)。対象の栄養状態 (Greenslade, 1964; Uetz and Unzicker, 1976; Raworth and Choi, 2001)、気温などの気象要因 (Honěk, 1997; Raworth and Choi, 2001)、時間 (前原, 2004)、トラップの形状 (Luff, 1975) やサイズ (Luff, 1975; Work et al., 2002)、屋根の有無や色 (Barrs, 1979)、設置環境 (Greenslade, 1964; Melbourne, 1999)、

殺虫や保存の目的で入れる液体の有無や種類 (Schmidt et al., 2006)、設置日数やトラップ間の間隔など調査の設計条件 (Ward et al., 2001; Schirmel et al., 2010)、さらにはトラップに対する反応の種間差 (Lang, 2000) まで、影響を指摘されている要因は多岐に渡る。

さらに、種構成や生息密度そのものについても、影響が考えられる要因は評価の目的とする病虫害防除圧や方法 (e.g. Epstein et al., 2000) に限らない (Kromp, 1999; Holland and Luff, 2000; Cole, et al., 2005; Miñarro, 2009)。故に、評価精度という観点からは、調査の設計から結果の評価まで、それらに対する配慮が少なからず必要となる。

しかしながら、こうした制約や課題はもとより、ピットフォールトラップについて、農業生産現場で実施することを前提に、調査手法としての特性を調べた研究は日本では例を見ない。前出のマニュアル作成にあたり候補種に対して実施された調査についても、生息密度に対する分析を含め十分な評価が行われたとは言い難い。

そこで本研究では、農薬散布が少なく病虫害防除の影響が小さいと考えられるクリ園において、ピットフォールトラップの捕獲数に対する影響を、調査設計の重要項目である、①調査の実施時期 (以下、調査時期)、②1回の調査におけるトラップの設置日数 (以下、設置日数)、③気象要因、④設置環境について、生産現場での実施を想定した調査規模で調べた。また、⑤同一の管理下にある圃場間でトラップ捕獲数を比較することにより、天敵類の生息密度が防除体系以外の要因により変動する可能性について調べた。これらの結果を基に、生産現場でピットフォールトラップ調査を計画する上で留意すべき点を整理するとともに、捕獲結果に基づく評価の限界について考察した。

謝 辞

本研究は、農林水産省交付金プロジェクト「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発 (平成20年度~24年度)」の一環として実施された。

材料および方法

1. 実験圃場

調査は、農研機構果樹研究所 (現果樹茶業研究部門、茨城県つくば市: 北緯 36° 02', 東経 140° 05') 内のクリ成木を栽培する3圃場 (以下、圃場 I~III; 約 20 a, 約 25 a, 約 40 a) で実施した。

いずれも列状植栽で、樹下幅 2 m は除草剤により裸地に維持され、列間は不定期な機械除草で全調査期間を通じて各種雑草に覆われていた。ただし、圃場 III の一部

は果樹の植栽がない空地 (17.5 a) で、メシバ等イネ科を中心とした雑草で密に覆われていた (以下、圃場Ⅲ草地区画)。いずれの調査圃場も、除草については調査を開始する1週間以上前から、また殺虫剤と殺菌剤の散布については2ヶ月以上前から、全調査が終了するまで行われなかった。

2. ピットフォールトラップ

トラップ容器には飲食用として一般に市販されている口径7.5 cm高さ9.5 cmの透明ポリプロピレン製コップを使用し、雨除けとして直径15 cmのプラスチック鉢皿を容器の上約10 cmに設置した。容器内には殺虫目的でポリプロピレングリコール20%水溶液を30~50 ccほど入れ、捕獲された昆虫類とクモ類 (以下、捕獲虫) を毎日午前8:00前後に回収した。

3. 調査

調査時期や設置日数、気象要因と捕獲数との関係を調べるため、2010年5月21日から6月3日までの13日間 (前期)、および6月11日から6月18日までの7日間 (後期)、圃場Ⅰと圃場Ⅱにトラップを10個ずつ設置した。トラップは、生産現場においての使用を想定し、作業上支障とならない樹下 (幹から約50 cmの位置) に互いを5 m以上離し5×2列の格子状に配置した。

また、圃場Ⅰ及び圃場Ⅱとの比較を目的に、2010年6月13日から6月18日までの5日間に10個のトラップを圃場Ⅲの樹下に5×2列の格子状に設置した (以下、圃場Ⅲ植栽区)。さらに2010年6月16日から6月18日までの3日間、10個のトラップを圃場Ⅲ草地区中心部に、互いに5 m以上の間隔をもって5×2列の格子状に設置し、同期間の圃場Ⅲ植栽区のトラップと捕獲結果を比較した。

いずれについても、トラップの設置に際しては周囲10 cm幅を目安に除草した。

4. 解析

捕獲結果の解析にあたっては、ゴキムシ類 (オサムシ科 *Carabidae*)、ハサミムシ類 (ハサミムシ科 *Anisolabididae*)、オオハサミムシ科 *Labiduridae*)、コモリグモ類 (コモリグモ科 *Lycosidae*) については全個体を種同定の対象とした。サラグモ類 (サラグモ科 *Linyphiidae*) については種による区別は行わなかった。

これらの結果と前出のマニュアルでの指標としての扱い (農林水産省技術会議事務局ら、2012) をもとに、各分類群で適当な階層でまとめることとし、マルガタゴミムシ (*Amara chalcites* Dejean)、ホシボシゴミムシ (*Anisodactylus punctatipennis* Morawitz)、ゴモクムシ類 (*Harpalus* spp.)、セアカヒラタゴミムシ (*Dolichus*

halensis (Schaller))、オオハサミムシ (*Labidura riparia japonica* (de Haan))、コモリグモ類 (*Lycosidae* spp.)、サラグモ類 (*Linyphiidae* spp.) について統計解析を行った。なお、マルガタゴミムシ、ゴモクムシ類は種子食性の種であるが、前述のマニュアルにおいて、防除に対する感度が高い指標とされていることから解析の対象とした。

捕獲数に対する設置日数と気象要因の影響解析においては、捕獲数が少なかったゴモクムシ類を除き、対象ごとに、調査時期 (1 = 前期, 2 = 後期)、初設置日からの日数、日中の1時間当たり平均降水量 (日中平均降水量)、夜間の1時間当たり平均降水量 (夜間平均降水量)、日中の1時間当たり平均気温 (日中平均気温)、夜間の1時間当たり平均気温 (夜間平均気温) を主効果とし、トラップID (1トラップ1日を単位とする) をランダム効果とした一般化線形混合モデル (GLMM) により、各要因の捕獲数に対する効果をWald検定により評価した。誤差構造にはポアソン分布を仮定し、リンク関数には対数変換を用いた。気象要因については、回収時間にあわせて便宜的に8:00~20:00までを日中、20:00~8:00までを夜間として扱うこととし、それぞれの時間帯の1時間当たり平均を、気象庁が提供するつくば市 (北緯36°03′, 東経140°08′) の観測値より得た。

圃場間における捕獲数の違いについては、捕獲数に対する圃場の影響を、各日をランダム効果とした一般化線形混合モデルにおいて尤度比検定により評価した後、有意差が認められた場合には、Tukeyの方法により各圃場間について多重比較を行った。

同圃場内における設置場所の違いが捕獲数に与える影響は、各日をランダム効果とした一般化線形混合モデルにおいて尤度比検定を用いて評価した。

全ての統計解析には、R 2.14.1 (R Development Core Team 2011) を用いた。

結 果

圃場Ⅰ及び圃場Ⅱの合計捕獲結果 (Fig. 1) を基に解析した。各分類群の日捕獲数に対する調査時期や設置日数、気象要因の影響をTable 1に示した。マルガタゴミムシの捕獲数については、日中平均気温に有意な正の効果 ($p = 0.0100$) が認められた。ホシボシゴミムシでは、日中平均降水量に負の効果 ($p = 0.0213$)、夜間平均気温に正の効果 ($p = 0.0036$) が検出された。また、調査時期については前期 (5/21~6/3) で捕獲数が有意に多かった ($p = 0.0035$)。セアカヒラタゴミムシでは調査時期の影響として後期 (6/11~6/18) に捕獲数の増加がみられ ($p = 0.0156$)、夜間平均気温には正の効果 ($p = 0.0110$) が認められた。オオハサミムシについては、

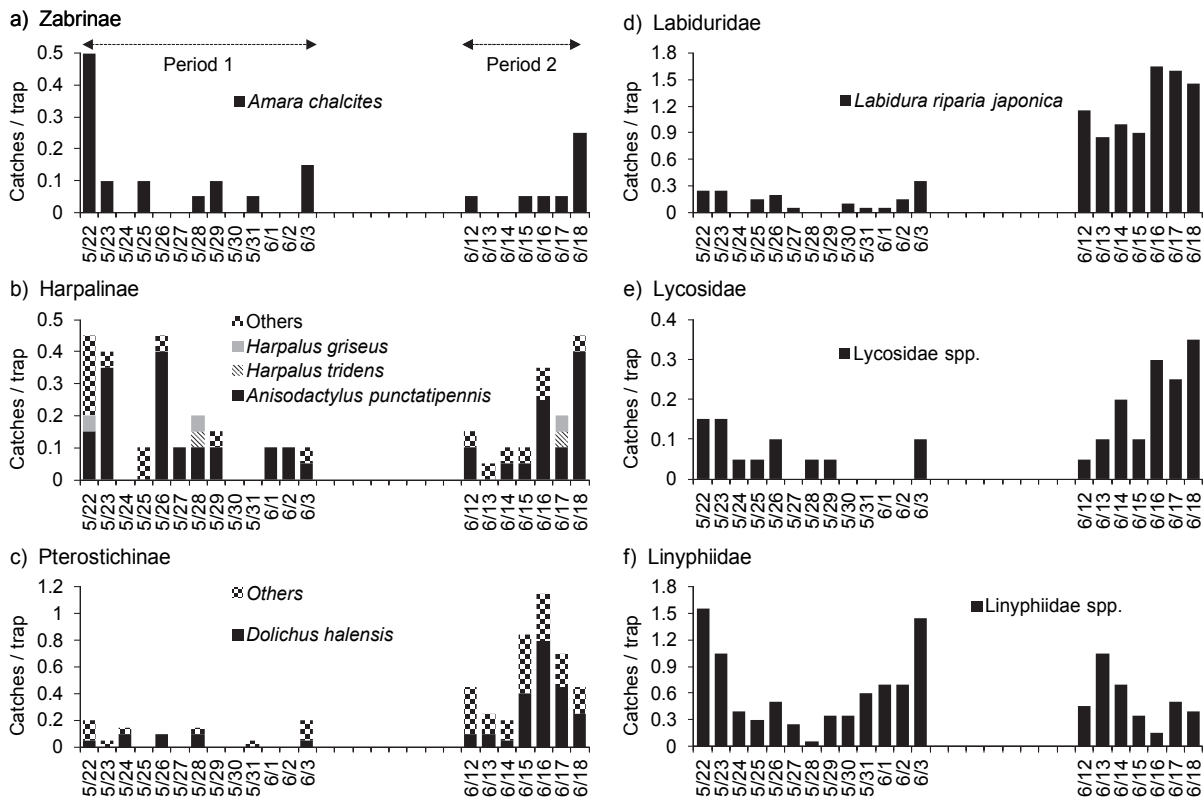


Fig. 1 Mean daily catches of each taxon in pitfall traps (the total number of fields I and II). The families Lycosidae and Linyphiidae are shown without differentiating between species, because of the small number of catches and the difficulty in species identification, respectively.

後期での捕獲増加 ($p < 0.0001$) が認められたが、気象要因に有意な効果は認められなかった。コモリグモ類では、いずれの要因についても捕獲数に対する有意な効果は検出されなかった。サラグモ類については、日中平均降水量 ($p = 0.0055$)、日中平均気温が正に影響 ($p < 0.0001$) していたが、夜間降水量 ($p = 0.0110$) と夜間平均気温は負に影響 ($p < 0.0001$) していた。いずれの対象種あるいは分類群についても、捕獲数に対する設置日数の効果は認められなかった。

Fig. 2 に 3 圃場における 6/13 から 6/18 までの捕獲数の比較結果を示した。ホシボシゴミムシ (deviance = 4.22, df = 2, $p = 0.1212$) を除く全ての対象で、圃場間に有意な差が検出された (マルガタゴミムシ: deviance = 90.04, df = 2, $p < 0.0001$; ゴモクムシ類: deviance = 60.28, df = 2, $p < 0.0001$; セアカヒラタゴミムシ: deviance = 12.46, df = 2, $p = 0.0020$; オオハサミムシ: deviance = 13.76, df = 2, $p = 0.0010$; コモリグモ類: deviance = 7.00, df = 2, $p = 0.0303$; サラグモ類: deviance = 29.36, df = 2, $p < 0.0001$)。本結果を受け、圃場間で多重比較 (有意水準 $p < 0.05$) を行ったところ、マルガタゴミムシとゴモクムシ類は圃場Ⅲで多く捕獲され、圃場Ⅰ及びⅡとの間に有意な差が検出された。

コモリグモ類も圃場Ⅲで多く捕獲され、圃場Ⅰとの間に有意な差がみられた。セアカヒラタゴミムシとサラグモ類は圃場Ⅱで多く捕獲され、前者は圃場Ⅲとの間、後者は圃場Ⅰ及びⅢとの間に有意差が検出された。オオハサミムシは圃場Ⅰで最も多く、圃場Ⅲとの間に有意差がみられた。

Fig. 3 に示した圃場Ⅲ内でのトラップ周囲環境の異なる区画間による比較では、マルガタゴミムシ (deviance = 13.28, df = 1, $p = 0.0003$) は草地区で有意に多かったのに対し、ゴモクムシ類 (deviance = 8.06, df = 1, $p = 0.0045$)、オオハサミムシ (deviance = 6.63, df = 1, $p = 0.0101$) は植栽区で有意に多かった。

捕獲されたゴモクムシ類 (*Harpalus* spp) は、主にコゴモクムシ (*Harpalus tridens* Morawitz) とケウスゴモクムシ (*Harpalus griseus* (Panzer)) で、両種で全体 (圃場Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ全調査期間合計) の 65% を占めた。また、コモリグモ類ではハラクロコモリグモ (*Lycosa coelestis* L. Koch), ヒノマルコモリグモ (*Arctosa japonica* (Simon)), ウヅキコモリグモ (*Pardosa astrigera* L. Koch), ハリゲコモリグモ (*Pardosa laura* Karsch), カイゾクコモリグモ属 (*Pirata* spp.) が多く見られた。

Table 1. Summary of the results of the generalized linear mixed models for the variation in daily catch in a pitfall trap

Taxon	Variable	Estimate \pm SE	Z	p
Carabidae	Collection date	-0.043 \pm 0.173	-0.246	0.81
	Days after installation	0.014 \pm 0.023	0.617	0.54
	Rainfall in daytime	-0.200 \pm 0.139	-1.440	0.15
	Rainfall in night	0.154 \pm 0.137	1.129	0.26
	Mean Temp. in daytime /h	-0.023 \pm 0.038	-0.593	0.55
	Mean Temp. in night /h	0.216 \pm 0.045	4.812	<0.001
<i>Amara chalcites</i>	Collection date	-1.123 \pm 0.602	-1.865	0.06
	Days after installation	0.024 \pm 0.070	0.346	0.73
	Rainfall in daytime	0.450 \pm 0.621	0.725	0.47
	Rainfall in night	-0.970 \pm 0.862	-1.126	0.26
	Mean Temp. in daytime /h	0.308 \pm 0.119	2.578	<0.01
	Mean Temp. in night /h	-0.075 \pm 0.136	-0.554	0.58
<i>Anisodactylus punctatipennis</i>	Collection date	-1.303 \pm 0.447	-2.917	<0.01
	Days after installation	0.060 \pm 0.058	1.030	0.30
	Rainfall in daytime	-1.859 \pm 0.807	-2.303	0.02
	Rainfall in night	-0.212 \pm 0.515	-0.412	0.68
	Mean Temp. in daytime /h	-0.056 \pm 0.112	-0.496	0.62
	Mean Temp. in night /h	0.342 \pm 0.118	2.909	<0.01
<i>Dolichus halensis</i>	Collection date	1.503 \pm 0.621	2.419	0.02
	Days after installation	0.126 \pm 0.081	1.549	0.12
	Rainfall in daytime	0.367 \pm 0.313	1.172	0.24
	Rainfall in night	0.520 \pm 0.294	1.766	0.08
	Mean Temp. in daytime /h	-0.154 \pm 0.095	-1.623	0.11
	Mean Temp. in night /h	0.345 \pm 0.136	2.544	0.01
<i>Labidura riparia japonica</i>	Collection date	1.790 \pm 0.303	5.902	<0.001
	Days after installation	0.034 \pm 0.030	1.141	0.25
	Rainfall in daytime	-0.114 \pm 0.230	-0.495	0.62
	Rainfall in night	-0.110 \pm 0.201	-0.547	0.59
	Mean Temp. in daytime /h	0.002 \pm 0.055	0.041	0.97
	Mean Temp. in night /h	0.100 \pm 0.071	1.399	0.16
Lycosidae	Collection date	-0.050 \pm 0.504	-0.099	0.92
	Days after installation	0.045 \pm 0.062	0.716	0.47
	Rainfall in daytime	0.152 \pm 0.372	0.410	0.68
	Rainfall in night	0.283 \pm 0.388	0.730	0.47
	Mean Temp. in daytime /h	0.154 \pm 0.112	1.373	0.17
	Mean Temp. in night /h	0.119 \pm 0.126	0.945	0.35
Linyphiidae	Collection date	0.146 \pm 0.222	0.656	0.51
	Days after installation	-0.034 \pm 0.024	-1.397	0.16
	Rainfall in daytime	0.562 \pm 0.202	2.780	<0.01
	Rainfall in night	-0.684 \pm 0.269	-2.541	0.01
	Mean Temp. in daytime /h	0.289 \pm 0.040	7.291	<0.001
	Mean Temp. in night /h	-0.322 \pm 0.057	-5.655	<0.001

Trap ID was included as a random factor in the models.

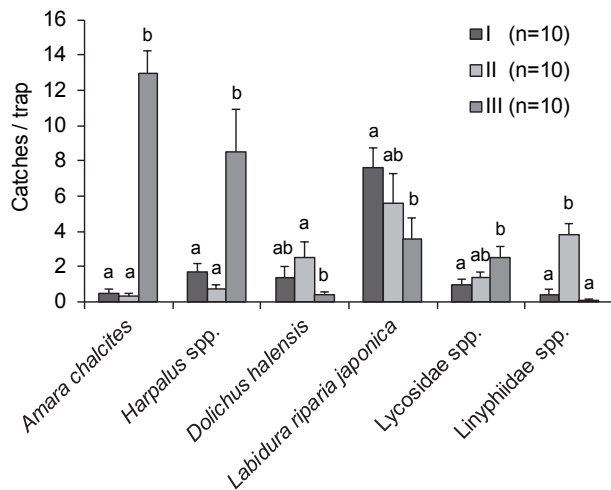


Fig. 2 Comparisons of the mean daily catches (\pm SE) in pitfall traps between fields I, and II, and III for each taxon. Different lowercase letters denote significant differences (estimated using the Tukey's multiple-range test at $P < 0.05$, after the LR test in GLMM).

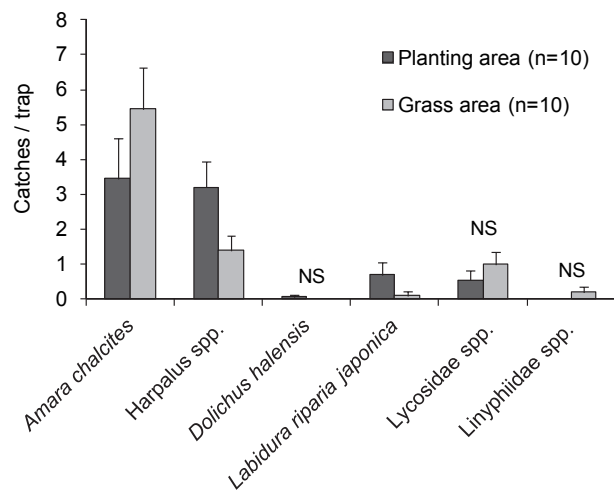


Fig. 3 Comparisons of the mean daily catches in pitfall traps between locations with different ground cover conditions in field E. NS denotes no-significant differences (estimated using the LR test in GLMM at $P < 0.05$, after the likelihood ratio test).

考 察

今回の調査では、圃場により各種の生息密度に大きな違いが見られた。前出の「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」は、環境指標として捕獲数の絶対評価を提案する。しかし、天敵類を含む地表徘徊性無脊椎動物の生息密度については、病害虫防除体系以前に圃場間に大きな違いが存在する可能性がある。とりわけ、地表環境の影響については留意が必要だろう。今回は、下草管理や環境の違いに注目した圃場の反復がないため、これらの捕獲数や生息密度への影響について評価を進めることは出来ない。しかし、圃場ⅠやⅡに比べ圃場Ⅲでより雑草が繁茂していたことを考えれば、過去の報告 (e.g. Cole et al., 2005; Cotes et al., 2009) にもあるように、こうした下層植生の様相の違いが各種の発生量に影響した可能性は高い。マルガタゴミムシやゴモクムシ類は圃場Ⅲで突出して多く捕獲されたが、それはこれらが草本の種子を餌とすることと無関係ではないだろう (Kromp, 1999; Ikeda et al., 2010)。反対に、圃場Ⅰや圃場Ⅱで捕獲数が多い傾向にあったセアカヒラタゴミムシやオオハサミムシは、砂地や清耕管理下の裸地など植生に乏しく乾燥した土壌を好むのかもしれない。種により好適な生息や繁殖環境が異なることを考えれば、地表環境の状態に応じた指標種の選定や調査結果の評価における配慮など、生態情報に基づく指標選択基準の検討が今後の課題になるだろう。

環境はトラップ周辺の局所であっても捕獲数に強く影響する可能性がある。圃場Ⅲでは、マルガタゴミムシは

草地で多く捕獲されたのに対し、ゴモクムシ類では逆の傾向がみられた。捕獲結果は、それぞれの生息環境に対する選好性や行動特性との関係を含むかもしれない。また、トラップ間の捕獲数には、こうした明確な設置環境の違いだけでは説明できない変動も少なからず見られた (Table 2)。生産現場での実施にあたっては、トラップの設置数にも節約が期待されるが、こうした不可避なサンプリングの誤差を考えれば、出来るだけ多くのトラップを設置したい。

また、ピットフォールトラップは、実行が容易な反面、攪乱も受けやすい (Schirmel et al., 2010)。雨などに加え、モグラやカラスなどの動物による妨害も少なからず見られる。保険としても、ある程度の設置数を準備するべきだろう。

調査日の設定配慮が必要である。今回の結果は、実施日がわずかに違うだけでも捕獲結果に大きく影響する可能性があることを示している。2回の調査に間隔は8日しかなかったが、ゴモクムシ類、セアカヒラタゴミムシ、オオハサミムシ、サラグモ類の捕獲数に大きな違いがみられた。各種の発生活長については本稿の対象とするところではないが、いずれの種も調査を実施した5~6月は成虫の発生期にあたる。生産現場での調査では、他の作業との兼ね合いなどから短期間での実施が望まれるが、今回の結果は対象を数種に絞ったとしても調査期間の短縮が難しいことを示唆している。それぞれの発生活長には、年次や地域間での変動も少なからずある (e.g. Funayama, 2011)。対象の発生盛期を必ず含むよう、十分な長さをもった調査期間の設定が必要である。

さらに、捕獲数には大きな日間変動もみられた。主因

Table 2. Total numbers of individuals captured at each trap position (Trap ID) in fields I (ID: 1~10) and II (ID: 11~20) throughout the study period (5/21~6/3, and 6/11~6/18).

Taxon	Trap ID																				Mean ± SD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Coleoptera																					
<i>A. chalcites</i>	0	3	3	1	0	1	2	0	1	0	1	1	2	4	2	3	0	1	5	0	1.5 ± 1.5
<i>A. punctatipennis</i>	1	0	1	0	0	3	0	1	2	2	1	5	7	2	5	1	3	5	6	3	2.4 ± 2.2
<i>D. halensis</i>	5	6	9	1	2	4	0	2	3	1	2	0	0	1	0	2	7	2	4	0	2.6 ± 2.6
Dermaptera																					
<i>L. riparia japonica</i>	3	8	6	2	1	15	11	8	22	4	10	10	16	14	15	11	14	12	8	14	10.2 ± 5.3
Araneae																					
Lycosidae	7	1	3	2	1	4	5	0	1	1	2	1	1	3	3	0	1	0	2	3	2.1 ± 1.8
Linyphiidae	18	19	13	27	10	26	16	15	6	6	7	5	8	6	6	15	4	10	10	10	11.9 ± 6.7

には気象条件の影響が考えられ、多くの種で高い気温と少ない降水量による捕獲数の増加がみられた。同様な傾向は過去にも報告されており、背景に活動量の変化が指摘されている (Honěk, 1997; Raworth and Choi, 2001)。活動が活発になるほどトラップとの遭遇頻度が増え、捕獲数も増加すると考えられる。なるべく長い期間トラップを設置し、必要であれば、事後に降雨量の多い日や気温が低い日は調査日数から差し引くなど、日間変動の緩和に対策が求められる。

一方、日を迫るにつれ捕獲数が減少するなど、設置日数が延びることへの影響も指摘されている (Schirmel et al., 2010)。しかし、今回の調査では、トラップの設置日数に捕獲数への有意な影響は検出されなかった。今回のような小さな容器を使用した小規模な調査であれば、同じ箇所連続的に設置したとしても問題はないと考えられる。

地表徘徊性天敵類の生息密度やトラップ捕獲効率に影響が指摘されている要因は多岐に渡る。例えば天敵類の生息密度には、景観構造の強い影響が指摘されている (Holland and Luff, 2000; Schmidt et al., 2005; Hummel et al., 2012)。下草については、被覆効果による薬剤散布の影響緩和といった間接的効果も考えられる。除草は急激かつ大きく生息環境を変えるほか、短期的に活動量を増加させる直接的な影響もある (Cotes et al., 2009)。

ピットフォールトラップの大きな長所はその実施の容易さにあるが、モニタリング精度を考えれば調査には相応の負担も必要である。一方で、生産現場では実践性が優先され、負担を増やすことには限界もある。今後、実際に調査を実施しながら、対象の絞込みや分類の簡易化等による調査の効率化を検討するとともに、割ける負担の中で実現できる精度の限界に見極めが必要となる。ま

た、得られた調査結果をどのように評価し利用していくのかについても、さらに議論が必要だろう。生息密度を正確に推定できたとしても、その生息密度には、防除圧以外にも様々な要因が関与している可能性が高い。地表徘徊性無脊椎動物は、同一圃場で推移や変化を見る指標としては有効かもしれないが、密度そのものを対象とする絶対評価では慎重な対応が求められる。地表環境などの要因の評価への反映は今後の課題となるが、いずれにしても、本質的に誤差が大きいことを認識した上での利用が最低限望まれる。

摘 要

ピットフォールトラップは地表徘徊性節足動物の最も一般的な調査手法であり、日本でも農業生産の現場において土着天敵相を評価する方法の一つとして提案されている。そこで本研究では、地表徘徊性天敵類のトラップ捕獲数に対する調査条件の影響を検討するため、2010年5/21~6/3と6/11~6/18にクリ園で実施したトラップ調査を対象に、各種天敵類について各日のトラップ捕獲数に対する調査の実施時期やトラップ設置日数、気象要因の影響を線形モデルにより解析した。結果、マルガタゴミムシ、ホシボシゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、サラグモ類の日捕獲数に平均気温や降水量との関係が検出された。2つの調査時期の間では、ホシボシゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、オオハサミムシで捕獲数に有意な違いがみられた。トラップを設置してからの日数との関係はいずれの捕獲数についても有意性は検出されなかった。生息密度に対する調査環境の影響については、同じ病害虫防除管理体系下にある圃場間でトラップの捕獲数を比較したところ、マルガタゴミムシ、セアカ

ヒラタゴミムシ, オオハサミムシ, コモリグモ類, サラグモ類で捕獲数に有意な違いがみられた。また同一圃場内でも下草環境が異なる設置場所間で捕獲数の違いがみられた。以上の結果より, ピットフォールトラップの捕獲数には, 短期間であれば連日の設置による捕獲数の減少など設置日数による大きな影響はみられないものの, 対象によってはわずかな調査の実施時期の違いが捕獲数に大きく影響する可能性があること, 捕獲数には大きな日間変動がみられ, 多くの種で気象要因に強く影響されることが示された。また, 圃場間での捕獲数の比較により, 防除圧以外の要因として, 下草環境など圃場内の環境が生息密度や分布に強く影響する可能性が示された。

引用文献

- Barrs, M. A. 1979 . Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia* 41: 25-46.
- Cole, L. J., D. I. McCracken, I. S. Downie, P. Dennis, G. N. Foster, T. Waterhouse, K. J. Murphy, A. L. Griffin and M. P. Kennedy. 2005. Comparing the effects of farming practices on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) assemblages of Scottish farmland. *Biodivers. Conserv.* 14: 441-460.
- Cotes, B., J. Castro, M. Cardenas, M. Campos. 2009 . Responses of epigeal beetles to the removal of weed cover crops in organic olive orchards. *B. Insectol.* 62 : 47-52.
- Epstein, D. L., R. S. Zack, J. F. Brunner, L. Gut, J. J. Brown. 2000. Effects of broad-spectrum insecticides on epigeal arthropod biodiversity in Pacific Northwest apple orchards. *Environ. Entomol.* 29: 340-348.
- Funayama, K. 2011 . Influence of pest control pressure on occurrence of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in apple orchards. *Apple. Entomol. Zool.* 46: 103-110.
- Greenslade, P. J. M. 1964 . Pitfall trapping as a method for studying populations of carabidae (Coleoptera). *J. Anim. Ecol.* 33: 301-310.
- Holland, J. M. and M. L. Luff. 2000. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated pest management reviews* 5: 109-129.
- Honěk, A. 1997 . The effect of temperature on the activity of Carabidae (Coleoptera) in a fallow field. *Eur. J. Entomol.* 94: 97-104.
- Hummel, J. D., L. M. Dossall, G. W. Clayton, K. N. Harker and J. T. O' Donovan. 2012. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity, activity density, and community structure in a diversified agroecosystem. *Environ. Entomol.* 41: 72-80.
- Ikeda, H., K. Kubota, A. Kagawa and T. Sota. 2010. Diverse diet compositions among harpline ground beetle species revealed by mixing model analyses of stable isotope ratios. *Ecol. Entomol.* 35: 307-316.
- Jonsson, M., S. D. Wratten and D. A. Landis, G. M. Gurr. 2008. Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biol. Control* 45: 172-175.
- Kromp, B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74: 187-228.
- Lang, A. 2000. The pitfalls of pitfalls: a comparison of pitfall trap catches and absolute density estimates of epigeal invertebrate predators in arable land. *J. Pest Sci.* 73: 99-106.
- Luff, M. L. 1975. Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia* 19: 345-357.
- 前原 忠. 2004. 個体群密度制御下でのアオオサムシの密度および活動性とピットフォールトラップの捕獲率. 応動昆 48: 115-121. [Maehara, T. 2004. The efficiency of pitfall traps in relation to density and activity of the carabid beetle, *Carabus insulicola insulicola* Chaudoir (Coleoptera: Carabidae), under controlled population density. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 48: 115-121.]
- Marc, P., A. Canard and F. Ysnel. 1999 . Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74: 229-273.
- Mathews, C. R., D. G. Bottrell, M. W. Brown. 2004. Habitat manipulation of the apple orchard floor to increase ground-dwelling predators and predation of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Biol. Control* 30: 265-273.
- Melbourne, B. A. 1999. Bias in the effect of habitat structure on pitfall traps: an experimental evaluation. *Aust. J. Ecol.* 24: 228-239.
- Miñarro, M., X. Espadaler, V. X. Melero, V. Suárez-Álvarez. 2009 . Organic versus conventional management in an apple orchard: effects of fertilization and tree-row management on ground-dwelling predaceous arthropods. *Agr. Forest Entomol.* 11: 133-142.
- 農林水産省技術会議事務局・農業環境技術研究所・農業生物資源研究所. 2012. 農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル. <http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/shihyo/index.html#mokuji1.pdf>
- Raworth, D. A. and M. Y. Choi. 2001. Determining numbers of active carabid beetles per unit area from pitfall-trap data. *Entomol. Exp. Appl.* 98: 95-108.
- Schirmel, J., S. Lenze, D. Katzmann and S. Buchholz. 2010. Capture efficiency of pitfall traps is highly affected by

- sampling interval. *Entomol. Exp. Appl.* 136:206-210.
- Schmidt, M. H., Y. Clough, W. Schulz, A. Westphalen and T. Tschardtke. 2006 . Capture efficiency and preservation attributes of different fluids in pitfall traps. *J. Arachnol.* 34: 159-162.
- Schmidt, M. H., I. Roschewitz, C. Thies and T. Tschardtke. 2005. Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders. *J. Appl. Ecol.* 42: 281-287.
- Smeding, F. W. and G. R. de Snoo. 2003. A concept of food-web structure in organic arable farming systems. *Landscape urban plan.* 65: 219-236.
- Spence, J. R. and J. K. Niemelä. 1994 . Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *Can. Entomol.* 126: 881-894.
- Sunderland, K. D. 2002 . Invertebrate pest control by carabids. In *The agroecology of carabid beetles* (J. M. Holland, ed.). Intercept Ltd., Andover, UK, pp. 165-214.
- Tanaka, K. and F. Ihara. 2012. Biodiversity research for the development of indicator organisms in environment-preserving agriculture. In *The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region* (S. Nakano, et al. eds.). Springer, Japan, pp. 375-385.
- Uetz, G. W. and J. D. Unzicker. 1976 Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. *J. Arachnol.* 3: 101-110.
- Ward, D. F., T. R. New and A. L. Yen. 2001 . Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *J. Insect Conserv.* 5: 47-53.
- Work, T. T., C. M. Buddle, L. M. Korinus and J. R. Spence. 2002 . Pitfall trap size and capture of three taxa of litter-dwelling arthropods: implications for biodiversity studies. *Environ. Entomol.* 31: 438-448.

