

マメシクイガ越冬幼虫の地表面への移動時期とそれに及ぼす環境要因の影響

竹内博昭¹・遠藤信幸²・渋谷和樹²

Hiroaki TAKEUCHI, Nobuyuki ENDO and Kazuki SHIBUYA :

Seasonal occurrence of the larval movement to the ground surface and effects of environmental factors on the movement of the soybean pod borer *Leguminivora glycinivorella*

The soybean pod borer, *Leguminivora glycinivorella* (Matsumura) (Lepidoptera: Tortricidae), is a major soybean pest in the northern part of Japan. Though this species has summer diapause in which pupation is inhibited by long daylength, overwintering larvae make cocoons underground. To clarify the timing of larval movement to the ground surface and effect of environmental factors on the movement, larvae were collected using sandbag-traps in Joetsu city from 2016 to 2020. The sandbag-trap is a net bag containing a thin layer of planting soil. Larvae were captured by the trap placed on the ground surface when they moved from underground to the surface. The collected larvae were reared individually until emergence under 25°C constant temperature with 14L10D photoperiod. The collection of moved larvae began from April or May, though the number of collected larvae was small until July. It peaked from mid-July to early August. The peak timing was delayed under high temperature or low soil moisture condition. The duration of rearing from the day of collection to emergence decreased gradually from July to mid-August. Our results indicate that larvae develop gradually even during summer diapause and they reach the stage from mid-July for pupation and move to the ground surface at suitable temperature or soil moisture condition.

Key words : 地表面への移動, 土繭, 土壌水分, 土のうトラップ, 夏休眠, larval movement, cocoon, soil moisture, sandbag trap, summer diapause

緒 言

マメシクイガ *Leguminivora glycinivorella* (ハマキガ科) は、主に本州中部以北におけるダイズ害虫である。北陸地域では年1世代発生する(樋口・望月, 2011)。本種幼虫は、莢の中で子実を摂食しながら発育し、10月ごろ老熟し莢から出て土壌中に移り、繭(紡錘形、長さ約8~11mm)を作る(内藤・正木, 1962)。繭は土で覆われており土繭と呼ばれる。土繭の中で老熟幼虫は摂食なしで幼虫態のまま夏まで過ごす。そして、8月ごろ土繭の中で蛹化し、8~9月に羽化する(樋口・望月, 2011; 石本・山代, 2017)。生存期間の大部分を土壌中で過ごすのが本種の特徴であり、土壌中の幼虫の生態解

明は、本種の防除対策を考える上で重要である。

本種の上越冬個体群などでは、長日条件で蛹化が抑制される夏休眠の状態があり、その解除には短日の感知が必要である(石谷, 1993)。本種の越冬用の土繭は、大多数が地表から2cm以内の深さに作られるが(内田・岡田, 1937; 岡田, 1948; Hsu et al., 1965)、土中では日長を感知しにくいいため、夏休眠がいつまでも解除されない危険性がある。また、本種の蛹は土繭の中から少し出て羽化するが(岡田, 1948)、厚さ3mm以上の土壌に土繭が埋まっていると羽化行動が阻害され、羽化率が低下するとされている(Hsu et al., 1965)。これらから、土壌中で越冬した幼虫は、日長の感知と羽化のために地表面に移動して再営繭すると考えられるが、その実態について

¹農業・食品産業技術総合研究機構中日本農業研究センター Central Region Agricultural Research Center (Kanto, Tokai and Hokuriku Regions), NARO; 1-2-1 Inada, Joetsu, Niigata 943-0193

²農研機構植物防疫部門 Institute for Plant Protection, NARO; 2-1-18 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666

は明らかになっていない。

一般的に夏休眠は夏期の高温や乾燥などの過酷な環境を回避するための適応的な生体反応と考えられている。本種においては、高温や少雨が羽化前の発育に影響を与え、成虫発生期間の長期化や消長の二山型化を招いている可能性が指摘されており (Hsu et al., 1965; 高野ら, 1986), 日長とともに環境要因が本種の休眠解除や羽化の時期に影響を与えている可能性がある。

本種と同様に土繭を作る種として、モモシクイガ *Carposina sasakii* (シクイガ科) が知られている。この種には、土中を作る球形で硬い冬繭と、越冬後に地表に移動して作る紡錘形の夏繭とがあり、外観の違いを手掛かりに生態が調査されている (津川ら, 1962; 成田, 1986)。一方、マメシクイガでは、越冬用の土繭と移動後に作る土繭の外観に大きな違いはない。本種の移動時期やそれに環境要因が及ぼす影響を解明するには、地表面に移動した幼虫のみを捕獲する方法が必要である。

そこで本研究では、まず、地表面に移動した幼虫を捕獲するための方法として、土のうトラップを考案し、このトラップを用いて、2016~2020年に新潟県上越市で幼虫の地表面への移動時期を調査した。次に、土壤の乾湿条件が地表面への移動に与える影響を調べるため、2019~2020年に異なる土壤水分条件下での移動時期を調査した。また、地表面に移動した幼虫を短日条件下で飼育して移動時期ごとの羽化までの所要日数を調査し、地表面への移動時期と羽化時期との関係を解析した。

なお、本研究の実施にあたり土のうトラップの作成および調査実施にご協力いただいた当センターの矢澤かずえ氏にお礼申し上げます。

材料および方法

1. 地表面への移動時期の調査

(1) 供試トラップ

移動幼虫の捕獲のために土のうトラップを作成した。土のうトラップは、ポリエチレン製の網を上下2枚 (上面は0.5mm目合、下面は1.5~2mm目合) 縫い合わせた袋 (長方形0.58×0.28mまたは円形φ約0.2m) に、培土 (水稲用育苗床土、ホーネンアグリ株式会社、以下全て同じ) を薄く (厚さ約20mm) 敷き詰めたものである (Fig. 1)。長方形の土のうトラップの重さは約3kg (乾燥重) である。このトラップを地表面に設置した場合、地中から地表面への移動幼虫は底面の網を通過するが、上面の網で止められ、そこで再営繭するので捕獲できる。土のうトラップ設置後、約7日間隔でトラップ中の土をふるいにかけて、土繭を採集して数え、その調査日の捕獲虫数として記録した。なお、調査の際に土繭を作成していない幼虫や、トラップ外にいる土繭や幼虫を発見した場合には、その調査日の捕獲虫として合わせて記録した。土のうトラップの設置方法は途中で改善しながら進めたため、結果的に圃場発生虫を用いた調査 (圃場調査、表土ポット調査) と放飼虫を用いた調査 (土壌中放飼、深水土壌中放飼) のいずれかを各年に実施した。

(2) 圃場発生虫を用いた調査

2016~2018年に、新潟県上越市の農研機構北陸研究拠点内にあるダイズを連作している試験圃場 (面積7.1~9a)、または試験圃場から採集した土壌を用い、幼虫の地表面への移動時期を調査した。これらの試験圃場には、毎年5月末~6月上旬にダイズ「エンレイ」を畝たて播種した。

圃場調査では、ダイズ連作圃場に長方形の土のうトラップを1~3m間隔で畝をまたぐように圃場当たり20個設置した (Fig. 1)。トラップは内部の土の偏りを防



Fig. 1 Rectangular sandbag trap (A) and a circle sandbag trap (B)

ぐために設置前に灌水したが、その後の給水は降雨のみとした。調査圃場数は2016年に1（設置開始は5月22日）、2017年に2（同3月15日）とした。

表土ポット調査は、比較的浅い表土に越冬幼虫が多く生息すること（内田・岡田，1937）を利用したものである。ダイズ連作圃場の表土（約5cm深まで）を各年の調査開始直前（3～5月）に採取し、この土をワグネルポット（外径約17.5cm、高さ約20cm、面積1/5000a、以下全て同じ）につめて、その上に円形の土のうトラップを設置した（Fig. 1）。トラップを設置したワグネルポットは建屋近くの屋根のない場所に置いた。7、8月はダイズ圃場の葉が茂るのを模してすだれをポットの上に被せた。調査ポット数は2016年に30個（設置開始は5月2日）、2017年に40個（同3月15日）、2018年に40個（同4月16日）とした。

(3) 放飼虫を用いた調査

圃場調査と表土ポット調査は、いずれも自然発生虫を期待した不安定な方法であったことから、2019、2020年はあらかじめ準備した土繭を土壤中に放飼して移動時期を調査した（土壤中放飼）。ダイズを栽培した土壤から前年の秋に土繭を採集し、屋外暗所で越冬させたものを放飼虫として用いた。6月上旬にワグネルポットに培土を詰め、土繭10個を約4cmの深さに埋め、その上に円形の土のうトラップを設置した。土繭の埋め込み深さは、圃場で実施した最適深を探す予備試験の結果から決めた。トラップを設置したワグネルポットは屋外の水を張った塩ビ容器（水深約4cm）に置いて底面から給水した。塩ビ容器は建屋近くの屋根のない場所に置いた。7、8月は日よけのすだれを被せた。調査ポット数は2019、2020年ともに20個（設置開始は順に6月7日、6月8日）とした。この土壤中放飼と後述の深水土壤中放飼では、ポット内の土壤（土のうトラップ下約4cm）に土壤水分計（TEROS-10, METER Group, Inc. USA）と温度計（おんどとりJr. TR-52i, 株ティアンドデイ）を設置し、土壤水分（誘電率と黒ボク土用の式から計算される体積含水率）と土壤温度を測定した。同じ時期にダイズ圃場の畝上にも水分計を設置した。また、各年10～11月にポット内から土繭を回収し、地表面へ移動しなかった幼虫数を調査した。

2019、2020年の調査では、土壤水分が十分に高い条件（ワグネルポットの概ね下半分を水に沈めた条件）を作り放飼調査して（深水土壤中放飼）、上述の乾燥しやすい放飼条件（土壤中放飼）と地表面への移動時期を比較

した。深水土壤中放飼では、土のうトラップを設置したワグネルポットは、屋外の塩ビ容器内（水深約10cm）に置いて土壤水分を保った。塩ビ容器は建屋近くの日陰になりやすい屋根のない場所に置いた。調査ポット数は2019、2020年ともに20個（設置開始は土壤中放飼と同日）とした。

2. 地表面へ移動した幼虫の短日飼育下での羽化時期の調査

地表面へ移動した幼虫の短日日長下での羽化時期を調べるため、土のうトラップ調査で捕獲した幼虫を、捕獲日に土繭のまま1頭ずつマイクロチューブ（1.5ml、湿らせた砂を0.5mlあらかじめ入れた）に入れ、強制的に25℃、短日（14L10D）条件下において飼育し、羽化日を記録した。そして、飼育開始日（捕獲日）と飼育開始日から羽化日までの所要日数との関係を解析した。羽化数が多かった2016、2019、2020年については、各暦日の羽化数に基づいて羽化消長をグラフ化し、羽化日やそのばらつきを確認した。なお、14L10Dの飼育条件は蛹化を抑制しない短日条件と確認されており（石谷，1993）、上越市では8月末の日長条件にあたる（薄明薄暮1時間とした場合）。また、7月下旬～8月末の日平均気温は25℃～27.2℃の範囲にあり飼育温度と極端な違いはない（上越市高田のアメダス観測データ）。

結 果

(1) 地表面への移動時期

土のうトラップで捕獲した幼虫数（20トラップ当たり捕獲数に換算、以下全て同じ）の消長を調べたところ、2016年は一山型の消長を示した（Fig. 2）。圃場調査では、最初の調査日の5月29日に5頭の捕獲があったが、6月になると0頭の調査日が続いた。しかし、7月に捕獲数は増加し、7月29日に最大値の29頭となり、その後減少した。表土ポット調査も類似した消長を示した。

2017年も一山型の消長を示した。圃場調査では、4月19日にこの年最初の捕獲（1頭）があった。5～7月中旬は0から3頭の範囲で少数の断続的な捕獲が続いた。7月31日に捕獲数は増加してこの年最大値の5頭となった。その後は8月にかけて次第に減少した。表土ポット調査の捕獲数は、圃場調査と同様に7月31日に最大値となり、その後8月にかけて減少した。

2018年の移動消長は不明瞭であった。表土ポット調査

では、5月21日から断続的な捕獲はあったが捕獲数は常に少なかった。

土壌中放飼した2019年の捕獲数は、一山型の消長となった。8月2日に小さな移動盛期があった後、8月19日に最大値の23頭となる移動盛期があった。一方、2020年の捕獲数は明瞭な一山型の消長で、8月3日に最大値の39頭となった。

放飼した土壌（土壌中放飼）の7月下旬～8月上旬の土壌水分は、2019、2020年の順に20%、26%であり、平均土壌温度は、順に30.4℃、26.9℃であった。2019年は梅雨明け（7月24日頃）後の7月30日から20日間、高温無降水日が続き、土壌温度が高い日が連続した（Fig. 3）。一方、2020年は梅雨明けが遅く（8月1日頃）、土壌温度も前年より低かった。ダイズ圃場の畝の7月下旬～8月上旬の土壌水分は、順に14%、31%であった（ただし、2019年は7月下旬が欠測）。

深水土壌中放飼における捕獲数の消長は、2019年は二山型、2020年は一山型であった（Fig. 2）。2019年の捕獲数は、7月25日が最大値で32頭であった。2020年の捕獲数は、7月20日が最大値で37頭であった。いずれも移動盛期は7月下旬にあり、土壌中放飼より早かった。深水土壌中放飼では7月下旬～8月上旬の土壌水分は、2019、2020年の順に30%、38%であり、平均土壌温度は、順に28.2℃、25.4℃であった。土壌水分は意図した通り高く保たれていた（Fig. 3）。土壌温度は両年とも土壌中放飼より低かった。

土壌中放飼および深水土壌中放飼したワグネルポット内から10～11月に回収した土繭数は、2019、2020年の順にのべ359個（回収率90%）、同344個（同86%）であった。回収した土繭のほとんどは幼虫が脱出した後の繭殻であった。生存幼虫がいたのは、2019年1個、2020年0個であり、放飼した幼虫のほぼ全てが秋までに地表面に

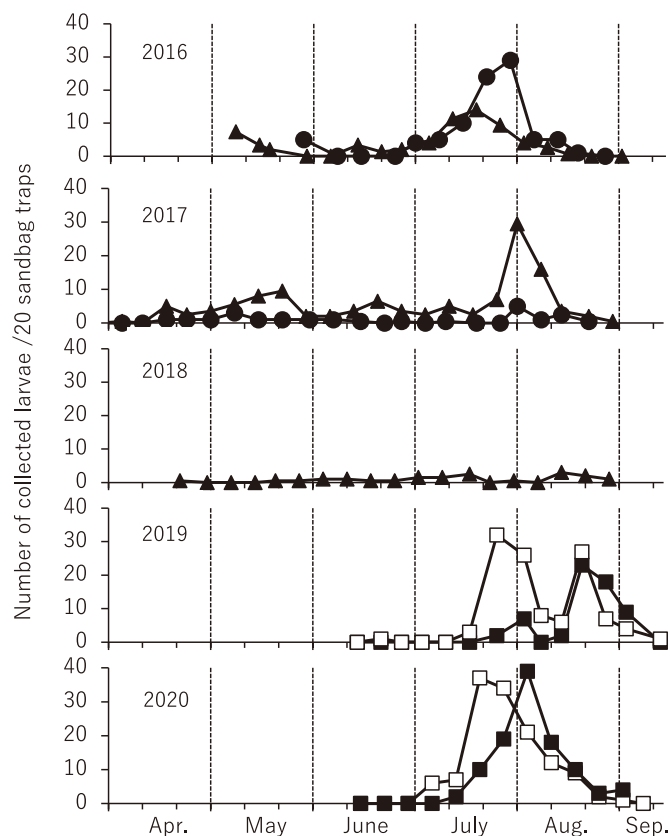


Fig. 2 Seasonal occurrence of the larvae moving to the ground surface.

One or two collection methods using sandbag traps were used to gather the larvae that moved to the ground surface each year. Solid circle: rectangular sandbag traps were set on the continuous planting soybean field. Solid triangle: the soil gathered from the continuous planting soybean field was placed in a Wagner pot, and a circle sandbag trap was set on top of the soil. Solid square: a circle sandbag trap was set on the soil in which larvae were released (4 cm depth), and the soil moisture was kept under natural conditions. Open square: a circle sandbag trap was set on the soil in which larvae were released, and the soil moisture was maintained at a high level.

移動していた。

(2) 地表面へ移動した幼虫の短日飼育下での羽化時期

飼育した幼虫の内、羽化に到達した個体は、2016, 2017, 2018, 2019, 2020年の順に91, 0, 3, 131, 154頭であった(捕獲個体の羽化率は順に41, 0, 9, 74, 66%)。どの年も蛹化前にカビが発生して死亡する個体が多く、特に2017年は飼育中に恒温器の異常とカビの発生があったため0頭となった。

2019年, 2020年の調査では、8月後半になると土のうトラップで蛹化済みの個体が捕獲されるようになった。各捕獲日ごとの蛹化個体率は、2019年では8月19日, 26日, 9月1日の順に3%, 56%, 78%であり, 2020年では8月17日, 8月24日の順に6%, 67%であり, いずれでも蛹化個体率は次第に上昇した。兩年以外は8月後半の捕獲数が少なく, 蛹化済み個体は僅かであった。

土のうトラップで捕獲した幼虫を25℃短日条件下で飼育し, 暦日の羽化消長を調査したところ, 2016年と2020年は, 新潟県の一般的な野外個体群の成虫発生盛期である8月第6半旬~9月第1半旬(石谷・山代, 2017)よりも早い, 8月上旬から下旬にかけて羽化数が多い日が続いた(Fig. 4)。一方, 2019年は, 深水土壌中放飼では8月中旬に, 土壌中放飼では9月上旬に羽化数が多い日があった。2019年の深水土壌放飼では8月下旬にも移動

盛期があったが, この時の捕獲虫は, 9月上旬頃に羽化した。

地表面移動時期が遅くなるほど, 飼育した個体の蛹化が早くなる傾向が認められたため, 幼虫の飼育開始日と飼育開始日から羽化日までの所要日数との関係を解析した。両者を散布図にプロットすると, 各年のデータ点は重なり, 7~8月には全体として右下がりの直線的な関係が認められた(Fig. 5A)。そこで, 全データ点の内, 捕獲数が少なく7月以降とは直線的なデータ分布の傾向が異なる6月までと, 飼育開始前から蛹化への発育が進んでいる8月下旬以降のデータ点を除き, 7月と8月上旬のデータ点について年度をまとめた回帰直線をあてはめた。その結果, 傾きは-0.25, 切片は28.9(横軸原点は6月30日に設定, $n=326$, $R^2=0.5$)と推定され(Fig. 5A), この時期に地表面へ移動する幼虫の羽化までの所要日数は徐々に減少した。

上述の回帰直線のグラフでは, 縦軸が飼育開始から羽化までの所要日数であるが, これを暦日の羽化日に置き変えたところ, 右上がりの直線的な関係が認められた(Fig. 5B)。年度をまとめて回帰直線をあてはめたところ, 傾きは0.75, 切片は28.9(両軸原点は6月30日に設定, $n=326$, $R^2=0.9$)と推定された。この回帰式を用いて, 新潟県の成虫発生盛期である8月第6半旬~9

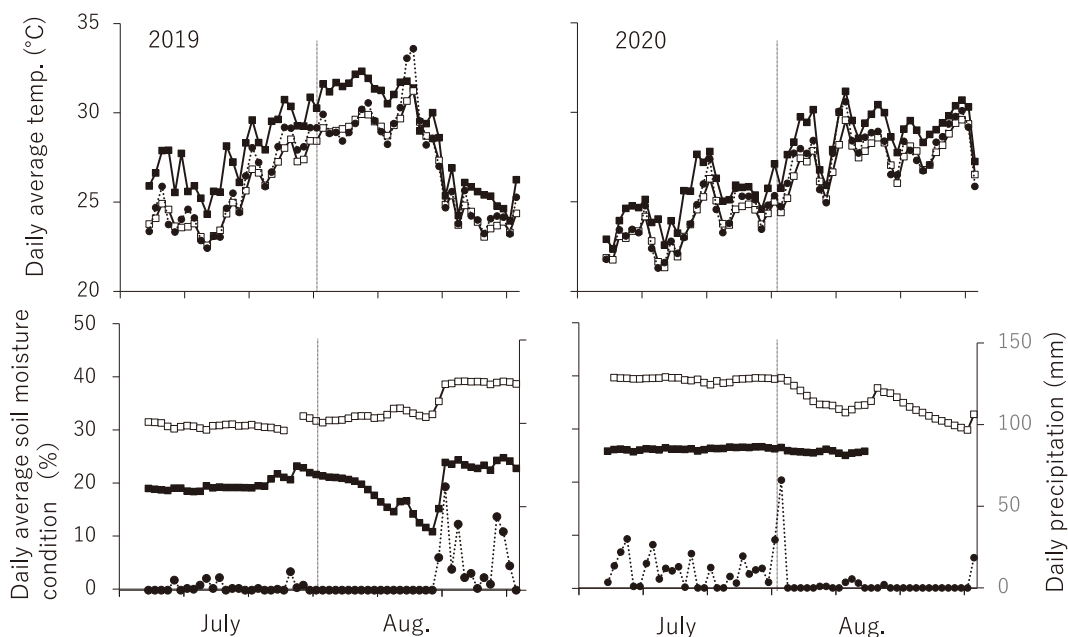


Fig. 3 Daily average soil moisture condition (lower figure) and soil temperature (upper figure) during the experiment in 2019 and 2020.

Open square: the soil moisture was maintained at a high level. Solid square: the soil moisture was kept under natural conditions; no data were obtained after 15 August in 2020. Solid circles: daily average air temperature (°C) or precipitation (mm), which were obtained from the meteorological station of NARO.

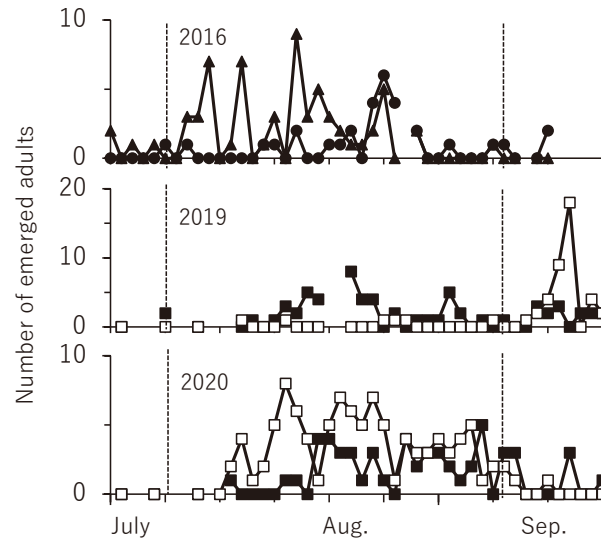


Fig. 4 Changes in the number of emerged adults under a rearing condition, 25°C constant temperature with 14L10D photoperiod.

Larvae were reared from the day of collection by sandbag traps. Graphs in 2017, 2018 are not shown because emerged adults were few. The meaning of the symbols is the same as in Fig. 2.

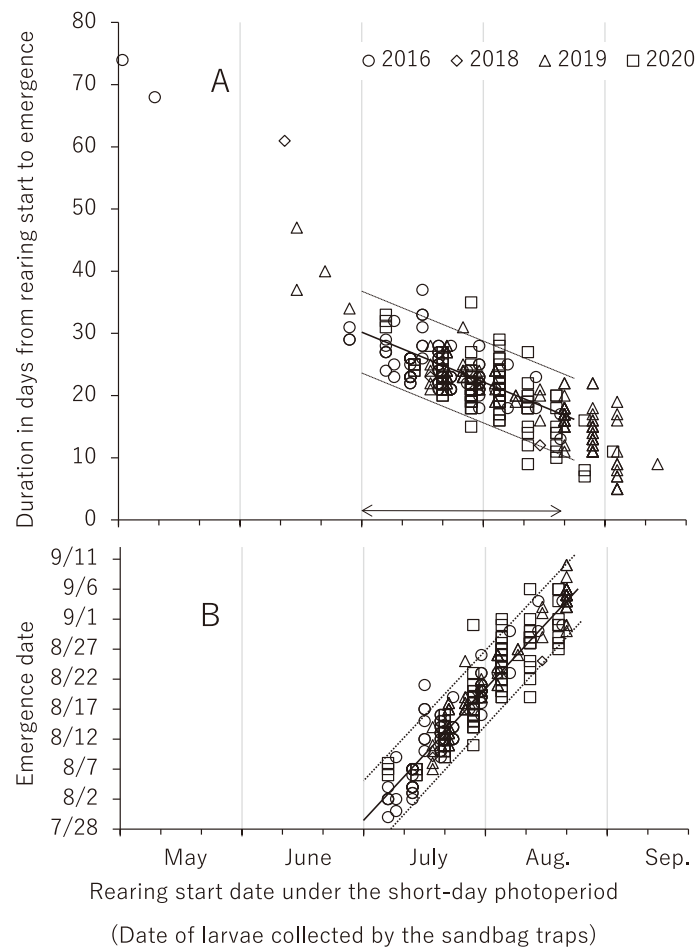


Fig. 5 Duration of rearing from the day of collection by sandbag traps to emergence (A) and emergence date (B) under 25°C constant temperature with 14L10D photoperiod.

Open circles, open diamonds, open triangles and open squares represent the data from 2016, 2018, 2019 and 2020, respectively ($n=91, 3, 131, 154$). No data were obtained from the rearing experiment in 2017. The regression line ($\pm 95\%CI$) in A and B was drawn from the extracted and summarized three years' data of duration from July 1st to August 19th, which is indicated by a double arrow line.

月第1半旬（石谷・山代，2017）が羽化日となる場合の短日条件飼育開始日を逆推定したところ，8月7日～8月21日と推定された。

考 察

本研究では，土のうトラップを用いた複数の方法で，地表面への幼虫移動時期を調査した。2018年以外は，いずれの方法でも7～8月に移動ピークを検出できたことから，移動時期を調査する上で土のうトラップ調査は有効と考えられる。各調査方法の短所と長所を挙げるとすれば，圃場調査は，土のうトラップが重いこと（約3kg/個）が短所であるが，幼虫密度が高いダイズ連作圃場があれば事前準備なしで調査開始できる長所がある。表土ポット調査は，春先にダイズ連作圃場の土を集める必要があるが，当年のダイズ栽培が不要であり，使用する土のうトラップも軽量であることから圃場調査より取り組みやすい。土壌中放飼は，前年から放飼虫の準備を始める必要があるが，放飼虫数を調整できることから圃場調査や表土ポット調査よりも安定した結果を得られる。それぞれの調査方法に特徴があることから，条件に応じて使い分けるのが適当と考えられる。

本種の上越個体群などでは，長日条件で蛹化が抑制され短日条件になると蛹化が進行する夏休眠の状態がある（石谷，1993）。本種の夏休眠が解除される臨界日長は，14～15時間にあると推定されており（成瀬・新田，1991；Yoshimura et al., 2021），これは上越市では8月上旬～下旬の日長にあたる。本研究の土のうトラップによる調査では，土壌中の幼虫は7月中旬から8月上旬ごろを盛期として地表面に移動することが多かった（Fig. 2）。この移動盛期は，臨界日長期かそれ以前であった。また，新潟県の野外条件における成虫発生盛期は8月第6半旬～9月第1半旬（石本・山代，2017）であるが，土のうトラップで捕獲した幼虫を25℃，短日条件で飼育すると，8月にばらついて羽化することが多かった（Fig. 4）。これらから，7月中旬から8月上旬ごろに地表面へ移動した幼虫は，石谷（1993）が示しているように，日長を感知して夏休眠状態を維持し，臨界日長に達し次第，蛹化に進むことで，羽化時期を揃えていると考えられた。

土壌中放飼と深水土壌中放飼との比較から，地表面への移動時期は土壌水分や温度など環境要因の影響を受けることが示唆された。2020年は，いずれの放飼も一山

型の移動消長であったが（Fig. 2），土壌水分が少ない土壌中放飼の移動盛期は，深水土壌中放飼のそれよりやや遅かった（Fig. 2）。一方，2019年の深水土壌中放飼では，7月中下旬ごろから始まる二山型の移動消長が見られ，移動消長の谷の時期には，土壌水分の低下は認められなかったが連続した高温があった。また，2019年の土壌中放飼の移動盛期は遅く，連続した高温・土壌水分の低下が終わった8月中旬以降にあった（Fig. 2）。これらから，幼虫の地表面への移動は，高温や土壌水分の低下によって遅延することがあると考えられた。

7月から8月中旬までに土のうトラップで捕獲した幼虫を25℃，短日条件で飼育したところ，飼育開始日（捕獲日）が遅いほど羽化までの所要日数が短くなる関係が認められた（Fig. 5A）。飼育時の観察では，25℃条件で約12日と推定される蛹期間（藤村，1991）の短縮は認められなかったことから，羽化までの所要日数の短縮は，飼育開始から蛹化までの幼虫期間の短縮によるものと考えられた。これらから，夏休眠の状態にある土中の幼虫は，完全に発育を停止しているのではなく，ゆっくりと発育を続け，蛹化に近いある特定の段階まで発育した時点で，日長を感知するために地表面に移動しているものと考えられた。

本研究では，短日日長条件下での飼育開始日と暦日の羽化日との間に右上がりの直線的な関係が認められたことから（Fig. 5B），羽化日からおよそその短日感受時期が推定可能と考えられた。新潟県の成虫発生盛期は8月第6半旬～9月第1半旬（石谷・山代，2017）とされている。回帰式を用いて，この時期に羽化する成虫における短日条件飼育開始（短日感受）日を逆推定したところ，8月7日～8月21日と推定された。この期間の新潟県の日長は，薄明薄暮を1時間とした場合，14.4～14.9時間であり，臨界日長が14～15時間とする報告（成瀬・新田，1991；石谷，1993；Yoshimura et al., 2021）の範囲内であった。但し，ニカメイガ *Chilo suppressalis* やマメハンミョウ *Epicauta gorhami* など多くの種では，休眠を誘導する臨界日長が生息地域間で異なることが報告されている（岸野，1970；Terao et al., 2021）。羽化時期を予測するなど臨界日長の発生予察への利用にあたっては，地域個体群における日長反応の差異について別途調べる必要があると考えられる。

土のうトラップ調査では，4月から6月にも少数ではあるが幼虫の移動が認められた（Fig. 2）。この時期に捕獲した幼虫は，7月に捕獲した幼虫より，羽化までの

所要日数が長かった。越冬後の春から夏にかけての発育過程は夏休眠の前の発育段階とされている(石谷, 1993)。また, 越冬した幼虫は春期に悪条件に遭遇すると他所へ移動し新しい土繭を作るとの観察事例はあり(岡田, 1948), 破壊された土繭を幼虫が十数回作り直した事例も報告されている(内田・岡田, 1937)。これらから, 春季の幼虫移動は, 主に不適な環境から幼虫が離脱するための行動と考えられる。

これまでに, 夏季の高温や少雨がマメシクイガの発生期間の長期化を招いている可能性が指摘されている(Hsu et al., 1965; 高野ら, 1986)。本試験から, 幼虫の地表面への移動には土壌水分や温度が影響している可能性が強く示唆された。今後, 地表面への移動時期の降水量や気温などの気象条件と本種の発生消長との関係を解析することで, 移動や羽化時期に影響を与えている気象要因やその時期が明らかになるものと考えられる。そのことにより, 本種の羽化時期の正確な予測が可能となり, 防除適期の判断に資することが期待される。

引用文献

- 藤村建彦(1991) マメシクイガ. 昆虫の飼育法(湯嶋健・釜野静也・玉木佳男 編), 100-102, 日植防, 東京.
- 樋口博也・望月文昭(2011) マメシクイガのダイズ圃場での発生生態. 植物防疫65: 225-227.
- Hsu, C. F., Kou, S. K., Hang, Y. M., Feng, C., Chang, Y. and Lee, Y. C. (1965) A study on the soybean pod borer [*Leguminivora glycinivorella* (Mats.) Obraztsov]. Acta Entomol. Sin. 14: 461-479.
- 石本万寿広・山代千加子(2017) 新潟県におけるマメシクイガの発生消長. 新潟農総研報15: 15-19.
- 石谷正博(1993) 1化生昆虫の夏休眠: ダイコンバエとマメシクイガの場合. 昆虫の季節適応と休眠(竹田真木生・田中誠二 編), 82-90, 文一総合出版, 東京.
- 岸野賢一(1970) ニカメイチュウにおける休眠と発育の地域性. 応動昆14: 1-11.
- 内藤 篤・正木十二郎(1962) シロイチモジマグラメイガ及びマメシクイガの分布に関する研究. 農事試験研報2: 145-228.
- 成田 弘(1986) モモシクイガ(*Carposina niponensis* Walsingham)の生態と防除に関する研究. 秋田果試研報17: 31-128.
- 成瀬博行・新田 朗(1991) 北陸地方におけるマメシクイガの発生経過. 富山農技セ研報10: 1-9.
- 岡田一次(1948) ダイズシクイガに関する研究. 寒地農学2: 193-239.
- 高野俊昭・城所 隆・藤崎祐一郎(1986) 宮城県におけるマメシクイガの発生消長と被害. 宮城農セ報53: 29-37.
- Terao, M., Tokuda, M. and Shintani, Y. (2021) Geographic variation in photoperiodic response for induction of pseudopupal diapause in *Epicauta gorhami* (Coleoptera: Meloidae). Environ. Entomol. 50: 1145-1150.
- 津川 力・山田雅輝・白崎将瑛(1962) リンゴ園における害虫類の発生子察IV. モモシクイガ第1化期成虫の出現期について. 応動昆6: 1-7.
- 内田登一・岡田一次(1937) 満洲に於けるダイズシクイガ *Grapholitha glycinivorella* Matsumura の生活史(豫報). 昆蟲11: 331-343.
- Yoshimura, H., Tabuchi, K., Uesugi, R. and Takahashi, A. (2021) Effect of photoperiod on winter and summer diapause of the soybean pod borer *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae). J. Asia Pac. Entomol. 24: 246-253.

(2022年5月12日受理)