

太陽熱を利用した野菜害虫の防除法

大阪府環境農林水産総合研究所 ^{しばお}柴尾 ^{まなぶ}学・^{たなか}田中 ^{ひろし}寛

はじめに

物理的防除法は、耕種の防除法、生物的防除法、化学的防除法と並んで IPM（総合的有害生物管理）における有効な防除技術の一つである。田中（2003）は、物理的防除を防除のメカニズムによって、侵入遮断、行動抑制、殺虫に大別して具体的事例を紹介している。なかでも、土壌を透明ビニルフィルムで被覆して太陽熱により地温を上昇させ、土壌中の害虫、病原菌、雑草の種子を殺す方法（齋藤ら、1996）は、施設栽培のイチゴ萎黄病、ナス半身萎凋病、ハウレンソウ株腐病（小玉・福井、1979；小玉ら、1979）や露地栽培のイチゴ萎黄病、ダイズ白絹病、ナス半身萎凋病、ハウレンソウ株腐病、キタネグサレセンチュウ、サツマイモネコブセンチュウ（福井ら、1981）に対して有効であることが知られており、最もよく用いられる物理的防除法の一つである。

ネギアザミウマ *Thrips tabaci* Lindeman などアザミウマ類やマメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) などハモグリバエ類は野菜の重要害虫である。大阪府ではネギアザミウマはネギ、タマネギ、イチジク等で問題となり、マメハモグリバエは近年発生が非常に少ないものの、シュンギク、トマト、ナス、キク等で問題となっていた。両種は多くの薬剤に対して抵抗性を発達させているため薬剤のみに依存した防除は困難である。

ネギアザミウマとマメハモグリバエはともに生息する植物の直下または近くの土壌に老熟幼虫が潜って蛹化する。そこで、筆者らは太陽熱を利用したネギアザミウマの防除法（柴尾ら、2010）およびマメハモグリバエの防除法（田中ら、1996；2000）の有効性について検討した。本稿ではこれらの事例を紹介するとともに、施設密閉により施設内温度を太陽熱により上昇させて害虫を防除する方法の事例についても紹介し、太陽熱利用による害虫防除のポイントを検討する。

Control of Vegetable Pests with Solar Radiation by covering the Ground with Film. By Manabu SHIBAO and Hiroshi TANAKA

（キーワード：太陽熱，ネギアザミウマ，マメハモグリバエ，殺虫，物理的防除）

I 露地ネギにおけるネギアザミウマの防除事例

1 致死高温度

ネギアザミウマの致死高温度を明らかにするため、2006年に大阪府環境農林水産総合研究所内の恒温器を用いて調査を行った。調査容器は内径 2.5 cm、高さ 5 cm のアクリル製サンプル管を用い、雌成虫とろ紙片、ソラマメ催芽種子を入れて薄膜フィルムで開口部を封入し、一定温度に調節した恒温器内に一定時間静置して死亡率を調査した。その結果、42℃では 30 分処理の死亡率が 28.2%であったが、1 時間処理の死亡率は 89.6%、2 時間および 4 時間処理の死亡率は 100%となり、44～50℃では 30 分処理ですべての成虫が死亡した（表-1）。

2 露地圃場における地温推移

ネギアザミウマは 44℃以上の 30 分処理ですべての成虫が死亡することから、地表面をフィルムで被覆して太陽熱により地温を 44℃以上に一定時間保つことができれば、土壌中の蛹の殺虫も可能と考えられる。そこで、2006年に同研究所内の露地圃場において地温推移を調査した。4月30日に畝の地表面全体を 0.05 mm 厚の農業用透明ビニルフィルムで被覆し、温度センサーをフィルム直下の地表面、地下 2 cm、5 cm および 10 cm に設置し、5～11月に連続測定した。その結果、最高温度が 44℃以上に達する日が存在する期間は、地表面では 5月上旬～11月中旬、地下 2 cm では 5月上旬～10月下旬であった（図-1）。したがって、この期間にネギアザミウマが土壌中の地下 2 cm より浅いところで蛹化し

表-1 高温処理によるネギアザミウマ雌成虫の死亡率 (%) (柴尾ら、2010を改変)

処理温度 (℃)	処理時間			
	30分	1時間	2時間	4時間
50	100	100	—	—
48	100	100	—	—
46	100	100	—	—
44	100	100	—	—
42	28.2	89.6	100	100
40	11.6	33.3	41.7	91.8
38	2.2	2.0	5.7	15.2
25	5.0	5.5	5.9	6.5

「—」は調査なし。

ているのであれば、太陽熱を利用した地表面フィルム処理による防除が可能だと考えられる。

3 地表面フィルム処理による防除効果

太陽熱を利用した地表面フィルム処理によるネギアザミウマの防除効果を2008年に同研究所内の露地栽培ネギ圃場で調査した。6月試験では6月13日に畝上のネギを収穫した後、雑草を除去し、地表面フィルム処理区と無処理区を設け、処理区の畝面に0.05 mm厚のフィルムを被覆した。6月17日(処理4日後)、処理区ではフィルムを除去し、両区のそれぞれ中央部に捕殺用粘着トラップを設置した。6月20日(設置3日後)に捕殺用粘着トラップを回収し、粘着シートに捕殺されたネギアザミウマ成虫数を調査した。7月試験は6月試験と同様に7月1日にネギを収穫した後、畝面の雑草を除去し、地表面フィルム処理区にフィルムを被覆した。7月3日(処理2日後)、処理区ではフィルムを除去し、両区に捕殺用粘着トラップを設置した。7月7日(設置4日後)に捕殺用粘着トラップを回収し、捕殺されたネギアザミウマ成虫数を調査した。その結果、捕殺成虫数は6月試験では処理区(トラップ当たり1.5個体)が無処理区(同8.3個体)の18%、7月試験では処理区(同14.3個体)が無処理区(同48.0個体)の20%に抑えられ、防除効果が認められた。したがって、両試験とも地表面フィルム処理により地温が44℃に達したため、防除効果が認められたと考えられる。

以上より、露地栽培ネギ収穫直後にフィルムを畝面に被覆し、太陽熱により地温を上昇させて土壌中のネギアザミウマを防除する方法の実用性はあることが示された。本防除法の効果は曇雨天など天候条件に影響を受けるので、確実な効果を得るためには晴天日を含めた2~4日程度の被覆期間が必要であり、2で述べた地温推移

の調査結果より本防除法は大阪府内では5~10月に利用できると推定される。

II 施設シュンギクにおけるマメハモグリバエの防除事例

1 致死高温度

マメハモグリバエの致死高温度を明らかにするため、1996~97年に大阪府環境農林水産総合研究所内の恒温器を用いて調査を行った。調査容器は直径9 cm、高さ5 cmの蓋付プラスチックケースを用い、水を噴霧した砂上に蛹を配置し、一定温度に調節した恒温器内に一定時間静置して死亡率を調査した。その結果、44℃では4時間以内の処理の死亡率が2%未満であったが、6時間処理の死亡率は95.8%、46℃では4時間、48~54℃では30分処理ですべての蛹が死亡した(表-2)。

2 施設圃場における地温推移

マメハモグリバエは48℃以上の30分処理ですべての蛹が死亡することから、施設を密閉するとともに地表面をフィルムで被覆して太陽熱により地温を48℃以上に一定時間保つことができれば、土壌中の本種の殺虫が可能だと考えられる。そこで、1994~95年に同研究所内の施設圃場において地温推移を調査した(図-2)。ハウス(92 m²)に0.1 mm厚の農業用透明ビニルフィルムを展張して密閉するとともに、0.05 mm厚の同フィルムで地表面全体を被覆した。温度センサーをフィルム直下の地表面、地下1 cm、2 cmおよび5 cmに設置し、10~8月に連続測定した。その結果、最高温度が48℃以上に達する日が存在する期間は、地表面では2月中旬~11月上旬、地下1 cmおよび2 cmでは4月上旬~10月中旬、地下5 cmでは4月下旬~10月上旬であった(図-3)。したがって、この期間にマメハモグリバエが土壌中の地下5 cmより浅いところで蛹化しているので

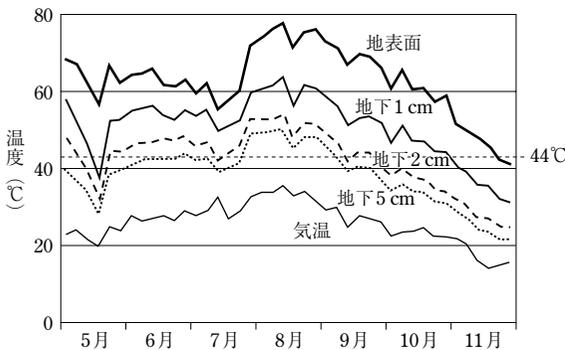


図-1 地表面フィルム処理(0.05 mm厚の農業用透明ビニルフィルム)した露地圃場における最高地温および最高気温の推移(2006年5~11月)(柴尾ら, 2010を改変)

表-2 高温処理によるマメハモグリバエ蛹の死亡率(%) (田中ら, 2000を改変)

処理温度(℃)	処理時間				
	30分	1時間	2時間	4時間	6時間
54	100	100	100	100	—
52	100	100	100	100	—
50	100	100	100	100	—
48	100	100	100	100	100
46	27.3	82.9	87.2	100	100
44	0	0	0	1.7	95.8
42	0	1.7	0	18.8	6.0
40	0	0	0	10.3	27.3

「—」は調査なし、25℃での平均死亡率は22%。

あれば、太陽熱を利用した施設密閉と地表面フィルム処理による防除が可能だと考えられる。

3 施設密閉と地表面フィルム処理による防除効果

太陽熱を利用した施設密閉と地表面フィルム処理によるマメハモグリバエの防除効果を1994年に堺市の施設栽培シュンギク圃場(80 m²)で調査した。シュンギク収穫終了後、次作耕耘前に0.1 mm厚のフィルムで地表面を被覆し、5月27～31日に施設を閉め切った。温度センサーをフィルム直下の地表面および地下2 cmに設置して測定したところ、地表面の温度は40℃以上が5～9時間、50℃以上が2～6時間持続し、最高温度は56.3～62.7℃であった。また、地下2 cmの温度は40℃以上が4～9時間持続し、最高温度は47.3～53.8℃であった。施設密閉および地表面フィルム処理前と処理後にそれぞれ施設内で土壌を採取し、蓋の裏面に粘着シ-

トを貼り付けたプラスチックケース内に土壌を2 cmの厚さで敷き詰め、20日後に捕殺されたマメハモグリバエ成虫数を調査した。その結果、捕殺成虫数は処理前では8.3個体/m²であったのに対し、処理後では捕殺が認められず、高い防除効果が認められた。したがって、施設密閉と地表面フィルム処理により地温が48℃に達したため、防除効果が認められたと考えられる。

以上より、施設栽培シュンギク収穫直後にフィルムを畝面に被覆し、施設を密閉して太陽熱により地温を上昇させて土壌中のマメハモグリバエを防除する方法の実用性は高いことが示された。本防除法の効果は曇雨天など天候条件に影響を受けるので、確実な効果を得るためには晴天日を含めた1日以上での被覆期間が必要であり、2で述べた地温推移の調査結果より本防除法は大阪府内では4～10月に利用できると推定される。

なお、甲斐・森田(2001)は同様の方法が施設ネギのネギハモグリバエに対しても有効であることを報告している。本試験では、7月上旬に施設を完全密封して地表面フィルム処理を行ったところ、地下1 cmの地温が最高64.2℃に達し、50℃以上の地温が8時間持続した。また、施設を一部開放して地表面フィルム処理を行った場合でも、地下1 cmの地温が最高54.0℃に達し、50℃以上の地温が3.5時間持続した。処理後に採取した土壌からのネギハモグリバエ成虫の羽化はほとんど認められず、高い防除効果が認められた。

III 施設密閉による害虫防除の事例

これまで紹介した地表面フィルム処理を行う方法とは



図-2 施設における地表面フィルム処理

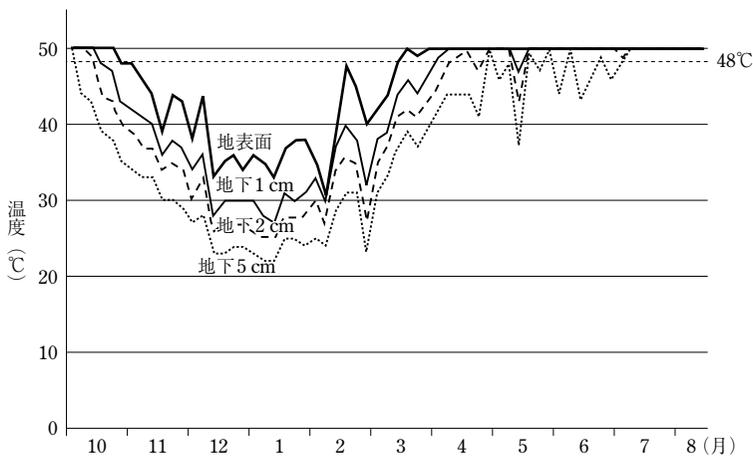


図-3 密閉処理および地表面フィルム処理(0.05 mm厚の農業用透明ビニルフィルム)した施設圃場における最高地温の推移(1994年10月～1995年8月)(田中ら, 2000を改変)

異なり、施設を密閉処理することで太陽熱により施設内の温度を上昇させて害虫を防除する方法も有効である。下記にその事例を紹介する。

施設のナス・キュウリにおいて栽培終了後の7月に密閉処理したところ、施設内の温度は最高60℃、地下5cmの地温は最高48℃に達し、処理7日後のミナミキイロアザミウマの粘着トラップへの誘殺は全く認められなかった(松崎ら, 1986)。また、施設ナスにおいて栽培期間中の8月に密閉処理を25～30分行き、施設内地上1.5mの温度が50℃に達したところで直ちに換気して常温に戻したところ、葉上のミナミキイロアザミウマ、モモアカアブラムシ、オンシツコナジラミ成虫、チャノホコリダニの生息密度は顕著に低下し、高い防除効果が認められた(東ら, 1990)。さらに、施設トマトにおいて栽培終了後の6月に密閉処理したところ、施設内温度は地上2.0mで最高73～63℃、地上1.2mで70～55℃、地上40cmで64～49℃に達し、処理3日後のタバココナジラミバイオタイプBの粘着トラップへの誘殺は全く認められなかった(杖田ら, 2007)。

IV 太陽熱利用のポイント

太陽熱を利用した害虫防除法のポイントを考えてみたい。最初に、害虫の致死高温度があげられる。太陽熱処理で必要となる地温は各種害虫の致死高温度によるが、各種害虫の致死高温度は詳しく調査されていないのが現状である。アザミウマ類では、I章1のようにネギアザミウマが44℃の30分処理、ミナミキイロアザミウマが48℃の30分処理(野中ら, 1982)で死亡することが明らかになっている。また、ハモグリバエ類では、II章1のようにマメハモグリバエが48℃の30分処理で死亡することが明らかになっているが、ネギハモグリバエでは50℃の60分処理でも死亡率が84%であり(甲斐・森田, 2001)、種によって致死高温度が異なることが考えられる。さらに、タバココナジラミバイオタイプBでは、成虫は45℃の1時間処理で死亡するが、幼虫および蛹は45℃の7～12時間処理が必要であり(杖田ら, 2007)、発育ステージにより処理時間が異なることが考えられる。今後、各種害虫の致死高温度と処理時間の関係を詳しく調査する必要がある。

次に、土壌中における害虫の生息深度である。太陽熱によって地温を上昇させて害虫を防除する方法は、害虫の生息深度によって効果が異なると考えられるが、各種害虫の土壌中の生息深度は詳しく調べられていないのが現状である。I章3のように、ネギアザミウマでは地表

面フィルム処理によって防除効果が認められたが、処理区からも本種の羽化が認められた。この原因として、本種の一部が地下深くで蛹化し、その深度が致死高温度である44℃に達していない可能性がある。なお、マメハモグリバエ蛹の生息深度は砂粒径が1.2～1.7mmの場合には平均1.7cmであるが、2.4～3.5mmの場合に平均8.3cmであること(KEULARTS and LINDQUIST, 1989)、ネギハモグリバエ蛹の土中深度は地下5cm以内であること(甲斐・森田, 2001)が明らかになっている。今後、各種害虫の土壌深度を詳しく調査する必要がある。

最後に、利用可能な期間の推定があげられる。太陽熱利用による害虫防除法は、気象条件、特に日照時間と気温の影響を受ける。I章2およびII章2で示したように、大阪府における本防除法の有効期間は露地ネギのネギアザミウマでは5～10月(晴天日を含めた2～4日程度)、施設シュンギクのマメハモグリバエでは4～10月(晴天日を含めた1日以上)である。これらの期間は地域によって異なると考えられるので、今後、各地域において太陽熱処理条件下における地温の推移を詳しく調査し、有効期間を推定しておく必要がある。

おわりに

ここまで、太陽熱利用による野菜害虫の防除事例と利用ポイントを紹介した。太陽熱利用による害虫防除法は他の物理的防除法と比較して補助エネルギーを必要としない利点がある(田中, 2003)。一方、地表面にフィルムを被覆する作業は圃場面積によっては重労働となるため、実用化に際してはその作業性を詳しく検討する必要がある。また、フィルム資材などの資材費およびフィルム被覆のための労働費等が必要になることから、本防除法の利用については経営的評価についても詳しい検討が必要である。

引用文献

- 1) 東 勝千代ら (1990): 和歌山県農試研報 14: 35～44.
- 2) 福井俊男ら (1981): 奈良農試研報 12: 109～119.
- 3) 甲斐伸一郎・森田鈴美 (2001): 九病虫研会報 47: 108～111.
- 4) KEULARTS, J. L. W. and R. K. LINDQUIST (1989): Environ. Entomol. 18: 499～503.
- 5) 小玉孝司・福井俊男 (1979): 奈良農試研報 10: 71～82.
- 6) ————ら (1979): 同上 10: 83～92.
- 7) 松崎征美ら (1986): 四国植防 21: 87～93.
- 8) 野中耕次ら (1982): 九農研 44: 119.
- 9) 齋藤哲夫ら (1996): 新応用昆虫学 (三訂版), 朝倉書店, 東京, 261 pp.
- 10) 柴尾 学ら (2010): 応動昆 54: 71～76.
- 11) 田中 寛ら (1996): 関西病虫研報 38: 33～34.
- 12) ————ら (2000): 応動昆 44: 225～228.
- 13) ———— (2003): 昆虫学大事典, 朝倉書店, 東京, p. 804～809.
- 14) 杖田浩二ら (2007): 応動昆 51: 197～204.