飼料用とうもろこしにおける
ツマジロクサヨトウ防除マニュアル

イノベ事業 02027C コンソーシアム

イノベーション創出強化研究推進事業（令和 2 年－4 年度）(JPJ007097)
「ツマジロクサヨトウの効率的な発生予察技術と防除対策技術の開発」

ツマジロクサヨトウは令和元年（2019 年）7 月に国内で初めて確認された害虫です。成虫は長距離を移動することができ、主に海外から飛来します。幼虫は広食性で様々な作物を加害しますが、特にとうもろこしを好みます。

イノベ事業 02027C コンソーシアムは、令和 2 年度から 4 年度まで生物系特定産業技術研究支援センターのイノベーション創出強化研究推進事業の支援を受けて「ツマジロクサヨトウの効率的な発生予察技術と防除対策技術の開発」という研究開発課題を実施しました。コンソーシアムのメンバーは国立研究開発法人農業･食品産業技術総合研究機構、熊本県農業研究センター、宮崎県総合農業試験場、宮崎県畜産試験場、鹿児島県農業開発総合センター、沖縄県病害虫防除技術センター、宮崎大学、鹿児島大学、新潟大学、摂南大学、総合地球環境学研究所、一般社団法人日本植物防疫協会の各機関です。

課題ではこの新規害虫の生態や天敵相を解明し、モニタリング、同定、飛来予測の各技術、および飛来が多い西日本で栽培面積が広い飼料用とうもろこしを対象とした農薬（殺虫剤）を用いた防除法を開発しました。

ツマジロクサヨトウについては、“「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル本編（第 3 版）”が消費・安全局植物防疫課・横浜植物防疫所から刊行されていますが、同マニュアルが主に診断や調査方法について記されているのに対し、今回作成した本マニュアルでは成果を生産や発生予察の現場で活用していただくために、ツマジロクサヨトウの生態、虫の同定法と飛来予測システムの利用方法、飼料用とうもろこしにおける防除法を詳しく解説します。読者のご関心のある項目を参照して活用いただき、ツマジロクサヨトウの防除、発生予察の一助になれば幸いです。

「イノベ事業 02027C コンソーシアム」メンバー一同

目　次

Ⅰ　生態
Ⅰ-１　東アジアにおける侵入と現在の発生状況　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１
１．東アジアと日本への侵入
２．国内外の発生状況
Ⅰ-２　作物への加害性　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３
１．寄主植物と作物への加害様相
２．日本における発生状況
３．主要作物の餌としての適性
Ⅰ-３　越冬する可能性のある地域　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０
１．侵入害虫の低温耐性と分布地域
２．ツマジロクサヨトウの低温耐性
コラム１：昆虫の低温障害
３．ツマジロクサヨトウの国内の越冬リスク地図
コラム２：メッシュ農業気象データシステム

Ⅱ　フェロモントラップによるモニタリング　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１７
１．フェロモントラップとは
２．ツマジロクサヨトウのフェロモン
３．フェロモントラップの利用方法
４．ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップの使用上の留意点

Ⅲ　形態に基づいた同定法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２１
１．はじめに
２．フェロモントラップで誘引されたチョウ目昆虫
３．ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引された主要な種の解説
４．検索表

Ⅳ　LAMP 法による同定法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３１
１．LAMP 法による同定について
２．ツマジロクサヨトウの LAMP 法での同定の流れ図
３．準備する器具等
４．LAMP 反応用プライマー

５．検出法に応じた反応キットの選択
６．LAMP 反応手順

Ⅴ　飛来予測システム　・・３６
１．ツマジロクサヨトウ飛来予測システムとは
２．JPP-NET とは
３．掲載場所
４．飛来予測結果
５．用語の解説
６．飛来予測通知
コラム：飛来を予測するしくみ

Ⅵ　農薬（殺虫剤）を利用した防除方法
Ⅵ-１　飼料用とうもろこし（青刈り）での被害と防除のポイント・・・・・・・・・４４
１．飼料用とうもろこし（青刈り）とは
２．暖地での基本的な作型と防除対象とする作型
３．ツマジロクサヨトウによる加害
４．本マニュアルでの飼料用とうもろこしの生育ステージの分類
５．殺虫剤を利用した防除のポイント
６．殺虫剤を利用した防除の注意点

Ⅵ-２　飼料用とうもろこし（青刈り）で使用できる殺虫剤　・・・・・・・・・・・・・　５３
１．ツマジロクサヨトウの防除に利用できる殺虫剤
２．室内試験による殺虫剤の殺虫効果

技術情報
１．飼料用とうもろこしの生育ステージ・作型と防除　・・・・・・・・・・・・・・・・・５５
（１）飼料用とうもろこしの生育ステージと作型
（２）飼料用とうもろこしにおけるツマジロクサヨトウの被害調査方法
（３）ツマジロクサヨトウによる加害の推移、収量への影響
（４）殺虫剤を利用した防除のポイント
２．殺虫剤の室内試験における殺虫効果のデータと注意点　・・・・・・・・・・・・７０
３．天敵群集とその有効活用　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・７４
（１）はじめに
（２）寄生性天敵（寄生バチ、寄生バエ）
（３）捕食性天敵

（４）微生物天敵
（５）保全的生物的防除

文献リスト　……８３

Ⅰ　生態

Ⅰ－１　東アジアにおける侵入と現在の発生状況

- 日本では 2019 年に初めて確認され、毎年主に 5 月から梅雨時期に海外から飛来する。
- 西日本を中心に飛来するが、青森県や北海道など北日本に飛来することもある。
- 夏から秋にかけて増え、主にとうもろこしなどを加害する。
- 中国南部や台湾、日本の南西諸島で周年発生する。

・ツマジロクサヨトウ *Spodoptera frugiperda* はヤガ科のガの一種で、中南米の熱帯地域原産である。幼虫は広食性でとうもろこし、さとうきび、ソルガム、えんばく、稲、ワタ、小麦など 353 種の植物（一部、属レベルや栽培品種を含む）を加害すると報告されているが、特にとうもろこしを好んで加害する（Montezano et al. 2018）。
・ツマジロクサヨトウの成虫は長距離を移動することができ、日本への飛来や、中国大陸や北米大陸での季節的な移動が知られている（松村ら 2019）。

１．東アジアと日本への侵入

・ツマジロクサヨトウは 2016 年にアフリカ大陸、2018 年 5 月にインド南西部カルナータ州、2018 年 12 月に中国雲南省で確認され、2019 年の 7 月には鹿児島県で国内では初めて発生が確認された（松村ら 2019、農林水産省消費・安全局植物防疫課、横浜植物防疫所 2024）。この分布拡大の速さはツマジロクサヨトウの移動性の高さを示している。
・日本への初期の飛来については、2019 年 5 月下旬～6 月下旬にかけて中国南部の福建省、広東省などから九州の本土地域や種子島へ、6 月下旬に台湾から沖縄本島に飛来したと推定されている（Wu et al. 2021，大塚 2022）。

２．国内外の発生状況

・日本の周辺におけるツマジロクサヨトウの周年発生地は中国の福建省南部、広東省、海南省、広西自治区、貴州省、雲南省と台湾である（Yong et al. 2021）。
・日本では沖縄県と鹿児島県の奄美大島で最寒月の 1 月にもフェロモントラップに成虫が誘殺されることから、こうした地域では周年発生していると考えられる（Hidaka et al. 2024）。
・日本本土での発生調査によると、ツマジロクサヨトウは主に 5 月頃から梅雨時期に西日本を中心に海外から飛来する（Otuka 2023）。気象条件（低気圧が日本海にあるなど）により、青森県や北海道など北日本まで飛来することがある（Otuka 2023）。
・飛来したツマジロクサヨトウは夏から秋にかけて増殖し、この時期には飼料用とうもろこ

しで主要な被害が発生する。

・飛来したツマジロクサヨトウは若いとうもろこしの株に好んで産卵する。孵化した幼虫は分散し、中老齢幼虫になると 1 頭ごとに個別のとうもろこし株に存在する。幼虫はとうもろこしの中心部に潜んで、柔らかい新葉を加害する（図Ⅰ-1-1、Ⅰ-1-2）。

図Ⅰ-1-1.　被害株の例

図Ⅰ-1-2.　被害株中心部に潜む幼虫

Ⅰ－２　作物への加害性

- 本種はとうもろこしをはじめ、イネ科作物、野菜、マメ類など多くの作物を加害する。
- 幼虫は柔らかい葉を好み、植物の成長点を加害することが多い。
- 全国的に初夏から秋に発生するが、九州の一部と沖縄では冬季も発生する。

１．寄主植物と作物への加害様相

・本種は広食性であり、幼虫による主要な被害作物はとうもろこしであり、ソルガム、さとうきび、小麦、稲などのイネ科作物に加え、ワタ、だいず、かんしょ、たまねぎなども加害し、アジア侵入後はしょうがでも発生している（CABI 2019, Cokola et al. 2021, Fernandes et al. 2012, Firake and Behere 2020）。

・本種の寄主植物として、353 種の植物（一部、属レベルや栽培品種を含む）が報告されている（Montezano et al. 2018）。

・幼虫は柔らかい葉を好み、とうもろこしでは、定植から数週間以内の若い株に食害痕がみられることが多い。幼虫、成虫ともに新葉の中心部に潜る（図Ⅰ-2-1、図Ⅰ-2-2）。

・卵塊から孵化した直後は集団で食害するが、成長に伴い幼虫は分散する。老齢幼虫は密度が高い環境で共食いする性質があり（Murata et al. 2023）、とうもろこし圃場の若い株では 1 株あたり 1～数頭の低密度である。

・成長したとうもろこしでは、雄穂形成部や未熟な雌穂に潜り込んで加害する。

・さとうきびでは、発芽 1 ヶ月程度の未展開葉が加害される。加害が茎全体に及ぶことはない。

図Ⅰ-2-1.　とうもろこし中心部の成虫（上）、若齢幼虫（下、矢印）

図Ⅰ-2-2.　さとうきび葉鞘部の中齢幼虫と加害状況（上）、加害痕（下）

２．日本における発生状況

・国内における本種の発生地域および主要作物での発生状況を知るため、47 都道府県の病害虫防除所の協力により、2022 年にアンケート調査を実施した。回答集計結果を p.5-8 に示す（回収率 100%）。

・侵入年（2019 年）に国内で加害された作物は、飼料用とうもろこし、食用とうもろこし、ソルガム、さとうきびなどであったが、2020 年以降はしょうが、キャベツなど加害される作物が増加した。

・都道府県で最も多く発生が確認された作物は飼料用とうもろこしであり、次いで食用とうもろこし、ソルガムの順であった。これら 3 作物では全国的に初夏から秋にかけて発生するが、九州の一部と沖縄に限っては冬期も飼料用とうもろこしで発生する。

・イネ科植物では、九州の一部と沖縄において、パンゴラグラス、スーダングラス、ローズグラス、ツノアイアシでの発生が確認されている。

・イネ科以外の作物では、夏期にキャベツ、ブロッコリー、しょうがの圃場で卵または幼虫が、キャベツおよびねぎの圃場付近に設置したフェロモントラップで成虫が確認されている。

・2019 年 7 月から 2022 年 9 月まで全国的に発生している（表Ⅰ-2-1）。表示したアンケート結果には本種が摂食可能と報告されている植物が含まれるが（表Ⅰ-2-2）、回答結果から判断すると、2022 年 9 月時点で、飼料用とうもろこし以外の作物で本種の発生はあまり大きな問題となっていないようである。

３．幼虫成育に対する主要作物の適性

・日本で栽培されている作物の葉を、室内で孵化直後から蛹化前まで十分量給餌した場合の、各作物の幼虫成育に対する適性を調べた。

・飼料用とうもろこしの暖地向け品種および寒冷地向け品種、食用とうもろこし、飼料用稲、食用稲、さとうきび、ソルガム、イタリアンライグラスの葉を幼虫に与えた場合、孵化から羽化まで発育を完了することができる（村田ら 2023, Tanaka et al. 2024）。

・だいず、かんしょ、ピーマンまたはなすの国内主要品種の葉を幼虫に与え室内で飼育すると、羽化まで発育し次世代が得られるが、さといも葉では幼虫期に死亡する（Tanaka et al. 2024）。

国内におけるツマジロクサヨトウの発生状況（2019年7月～2022年9月）

2022年9月に47都道府県の病害虫防除所を対象に実施したアンケート調査に基づく.

1.　各植物における発生状況

【調査結果の見方】

地域　北 = 北日本： 北海道・青森・岩手・宮城・秋田・山形・福島
東 = 東日本： 茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川・新潟・富山・石川・福井・山梨・長野・岐阜・静岡・愛知・三重
西 = 西日本： 滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山・鳥取・島根・岡山・広島・山口・徳島・香川・愛媛・高知
南 = 南日本： 福岡・佐賀・長崎・熊本・大分・宮崎・鹿児島・沖縄

確認状況　確認した = 調査でツマジロクサヨトウを確認した都道府県数
未確認 = 調査したがツマジロクサヨトウを確認しなかった都道府県数
未調査 = 調査しなかった，または作付け無しの都道府県数

時期　ツマジロクサヨトウを確認した場合の、地域ごと月ごとの確認時期（マジェンダ色）

発育ステージ　ツマジロクサヨトウを確認した場合の発育ステージ（オレンジ色）
若 = 若齢幼虫，　中 = 中齢幼虫，　老 = 老齢幼虫
成 = 成虫（圃場周辺のフェロモントラップに誘殺された個体を含む）

1-1.　イネ科

飼料用とうもろこし

確認状況（数字は都道府県数を示す）

地域	確認した	未確認	未調査
北	7	0	0
東	15	2	0
西	10	3	2
南	8	0	0

時期

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北						■	■	■	■	■		
東					■	■	■	■	■	■	■	
西					■	■	■	■	■	■	■	■
南	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

発育ステージ

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

食用とうもろこし

地域	確認した	未確認	未調査
北	6	1	0
東	7	7	3
西	8	5	2
南	5	2	1

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北							■	■	■	■		
東						■	■	■	■	■		
西					■	■	■	■	■	■	■	
南					■	■	■	■	■	■		

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

飼料用稲

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	1	6
東	0	9	8
西	0	9	6
南	0	4	4

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

食用稲

地域	確認した	未確認	未調査
北	1	3	3
東	0	12	5
西	0	14	1
南	0	8	0

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北									■			
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

さとうきび

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	0	17
西	0	3	12
南	2	0	6

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南					■	■		■		■	■	

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

イタリアンライグラス

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	1	16
西	0	4	11
南	0	4	4

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

ソルガム

地域	確認した	未確認	未調査
北	2	2	3
東	4	6	7
西	4	8	3
南	6	2	0

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北									■	■		
東						■	■	■	■	■	■	
西							■	■		■		
南				■			■	■	■	■		

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

えんばく

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	3	14
西	0	1	14
南	1	0	7

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

はだか麦

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	1	16
西	0	1	14
南	0	0	8

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

はとむぎ

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	0	17
西	0	1	14
南	0	0	8

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

もちきび

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	-	-
南	1	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

マコモ

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	1	-
南	-	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

雑穀（あわ・きび）

地域	確認した	未確認	未調査
北	1	-	-
東	-	-	-
西	-	-	-
南	-	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

スーダングラス

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	-	-
南	1	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

ローズグラス

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	-	-
南	1	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

パンゴラグラス

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	-	-
南	1	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

ツノアイアシ

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	-	-
南	1	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

1-2.　イネ科以外

ほうれんそう

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	5	12
西	0	3	12
南	0	0	8

ピーマン

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	4	13
西	0	3	12
南	0	3	5

みずな

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	3	14
西	0	2	13
南	0	0	8

レタス

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	7	10
西	0	1	14
南	0	2	6

だいこん

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	8	9
西	0	6	9
南	0	1	7

だいず

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	4	3
東	0	9	8
西	0	10	5
南	0	6	2

たまねぎ

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	4	13
西	0	7	8
南	0	1	7

にんじん

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	5	12
西	0	1	14
南	0	0	8

かんしょ

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	8	9
西	0	4	11
南	0	3	5

はくさい

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	1	6
東	0	8	9
西	0	5	10
南	0	1	7

さといも

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	8	9
西	0	6	9
南	0	2	6

じゅんぎく

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	1	-
南	-	-	-

きゅうり

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	2	5
東	0	10	7
西	0	8	7
南	0	4	4

ばれいしょ

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	1	6
東	0	5	12
西	0	3	12
南	0	2	6

いちご

地域	確認した	未確認	未調査
北	-	-	-
東	-	-	-
西	-	1	-
南	-	-	-

なす

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	9	8
西	0	11	4
南	0	0	8

こまつな

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	3	14
西	0	2	13
南	0	0	8

トマト

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	1	6
東	0	11	6
西	0	10	5
南	0	5	3

チンゲンサイ

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	0	2	15
西	0	1	14
南	0	0	8

キャベツ

確認状況（数字は都道府県数を示す）

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	4	3
東	1	10	6
西	1	10	4
南	0	3	5

時期

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

発育ステージ

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

ブロッコリー

地域	確認した	未確認	未調査
北	1	-	-
東	-	-	-
西	-	1	-
南	-	-	-

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

ねぎ

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	3	4
東	1	9	7
西	0	9	6
南	0	1	7

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

しょうが

地域	確認した	未確認	未調査
北	0	0	7
東	1	2	14
西	0	2	13
南	0	0	8

地域	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北												
東												
西												
南												

卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成
卵	若	中	老	蛹	成

2.　年別の発生状況

表Ⅰ-2-1　ツマジロクサヨトウの発生を確認した都道府県数

地域	2019年	2020年	2021年	2022年
北日本	2	7	3	3
東日本	4	16	6	2
西日本	9	13	6	4
南日本	8	8	7	6
合計	23	44	22	15

3. 寄主植物リスト

表Ⅰ-2-2　国内主要作物に関する文献報告

＊文献は、圃場での発生報告や、実験的に摂食させた内容を含む。

科名	植物	学名	寄主植物に関する文献	アンケートでの発生状況
イネ科	とうもろこし	*Zea mays*	Altaf et al. (2022)	○
	イネ	*Oryza sativa*	Altaf et al. (2022)	○
	サトウキビ	*Saccharum officinarum*	Matti & Patil (2019)	○
	イタリアンライグラス	*Lolium multiflorum*	村田ら (2023)	―
	ソルガム	*Sorghum bicolor*	村田ら (2023)	○
	えんばく	*Avena sativa*	Silva et al. (2017)	○
	ハダカムギ	*Hordeum vulgare* var. *nudum*	Montezano et al. (2018)	―
	ハトムギ	*Coix lacryma-jobi* var. *may-uen*	Chen et al. (2022)	―
	キビ（モチキビを含む）	*Panicum miliaceum*	Heo et al. (2022)	○
	スーダングラス	*Sorghum ×drummondii*	Heo et al. (2022)	○
	ローズグラス	*Chloris gayana*	Montezano et al. (2018)	○
	パンゴラグラス	*Digitaria eriantha*	Montezano et al. (2018)	○
	ツノアイアシ	*Rottboellia cochinchinensis*	Huang et al. (2022)	○
アブラナ科	キャベツ	*Brassica oleracea* var. *capitata*	Sotelo-Cardona et al. (2021)	○
	ハクサイ	*Brassica rapa* var. *glabra*	Wang et al. (2020)	―
	ブロッコリー	*Brassica oleracea* var. *italica*	―	○
	コマツナ	*Brassica rapa* var. *perviridis*	―	―
	チンゲンサイ	*Brassica rapa* var. *chinensis*	―	―
	ミズナ	*Brassica rapa* var. *nipposinica*	―	―
	ダイコン	*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*	―	―
ナス科	ナス	*Solanum melongena*	Wijerathna et al. (2021)	―
	トマト	*Solanum lycopersicum*	Wang et al. (2020)	―
	ピーマン	*Capsicum annuum*	Wu et al. (2021)	―
	バレイショ	*Solanum tuberosum*	Montezano et al. (2018)	―
ウリ科	キュウリ	*Cucumis sativus*	Montezano et al. (2018)	―
ヒガンバナ科	タマネギ	*Allium cepa*	Cokola et al. (2021)	―
	ネギ	*Allium fistulosum*	Montezano et al. (2018)	○
キク科	レタス	*Lactuca sativa*	Montezano et al. (2018)	―
	シュンギク	*Glebionis coronaria*	―	―
ヒユ科	ホウレンソウ	*Spinacia oleracea*	Montezano et al. (2018)	―
セリ科	ニンジン	*Daucus carota* var. *sativus*	Montezano et al. (2018)	―
バラ科	イチゴ	*Fragaria × ananassa*	Montezano et al. (2018)	―
ショウガ科	ショウガ	*Zingiber officinale*	Firake & Behere (2020)	○
マメ科	ダイズ	*Glycine max*	Silva et al. (2017)	―
ヒルガオ科	カンショ	*Ipomoea batatas*	Herlinda et al. (2022)	―
サトイモ科	サトイモ	*Colocasia esculenta*	―	―

―：　圃場で確認しなかった

Ⅰ－３　越冬する可能性のある地域

- ツマジロクサヨトウの成虫は幼虫や蛹よりも低温耐性が強い。
- 成虫の低温耐性にもとづく越冬リスク評価モデルによると、本種は現在、南西諸島や小笠原諸島では越冬できるが、それ以外の地域での越冬の可能性は低い。
- 温暖化が進行した場合、将来的には九州南西部の沿岸部で越冬できる可能性がある。

１．侵入害虫の低温耐性と分布地域

・ツマジロクサヨトウのような南方性の侵入害虫が日本に定着するためには、冬期の低温を克服する必要がある。そのため、新たな侵入害虫の定着リスクは対象害虫の低温耐性とその地域の冬期の低温から推定できる（Matsukura et al. 2014, Yoshida et al. 2022）。

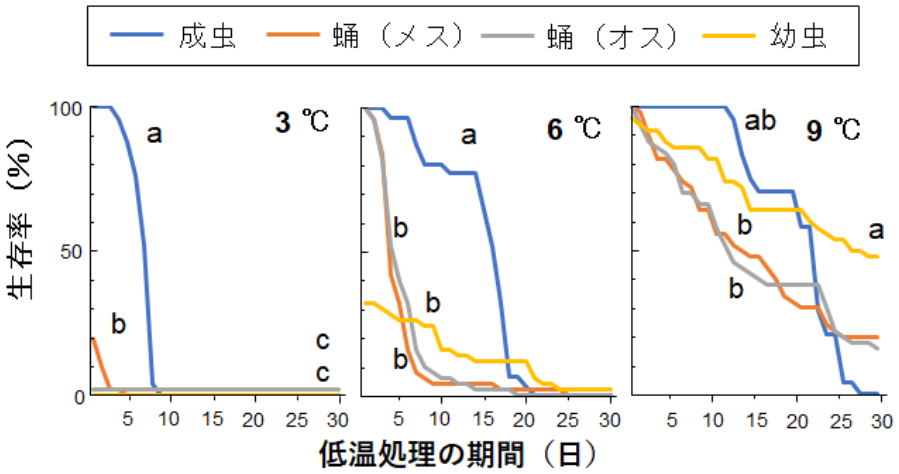
・国内におけるツマジロクサヨトウの越冬リスクのある地域（越冬リスク地図）を明らかにすることで、夏期に本種の発生がみられた地域での冬期の防除の実施や、既発生地域の周辺地域での警戒の強化など、被害の拡大を防ぐための有効な対策を決定できる。

２．ツマジロクサヨトウの低温耐性

発育ステージごとの低温耐性の違い

・ツマジロクサヨトウは休眠性がなく、発育ステージの低温耐性が越冬の可能性を評価する指標となる。ツマジロクサヨトウは全ステージにおいて-8℃～-12℃で凍結して死亡するが（Keosentse et al. 2021）、3℃～9℃までの比較的マイルドな低温下でも間接冷温障害（コラム１を参照）により死亡するステージがある（Tanaka and Matsukura 2023）。

・間接冷温障害に対する耐性は成虫が最も高く、次いで蛹、幼虫の順となる。（図Ⅰ-3-1）。



図Ⅰ-3-1.　発育ステージ別のツマジロクサヨトウの低温下での生存率の推移
a-c : 同一低温処理内の異なる文字間で生存曲線に有意な違いがあり（log rank 検定、α＝0.05）

コラム１：昆虫の低温障害

低温に晒された昆虫は、やがて死亡する。これは低温が昆虫体内に物理的あるいは生理的な障害を引き起こすためである。このような昆虫の低温障害は、その原因となる低温の条件によって以下の３つに分けられる。

１） 凍結障害（Freezing injury）

厳しい低温によって、昆虫体内の器官や細胞が凍結することで生じる障害。凍結によって細胞分裂などの基本的な機能が損失するほか、細胞内の組織や細胞膜が小さな氷の粒によって物理的に損傷される。冬の寒さが極めて厳しい地域に生息している一部の昆虫を除き、ほとんどの昆虫は凍結によって死亡する。

２） 直接冷温障害（Direct chilling injury）

凍結までには至らないものの、短時間での急激な気温の低下によって生じる障害。「コールドショック」（Cold shock）とも呼ばれている。急激な気温の変化によって細胞膜の機能や構造に過剰な負荷がかかることで、細胞の機能が失われてしまう。

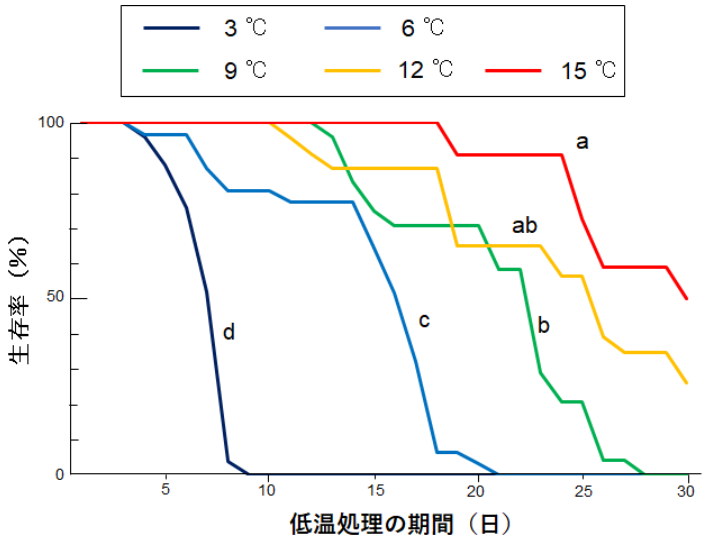
３） 間接冷温障害（Indirect chilling injury）

直接冷温障害と同様、凍結までには至らない低温で生じる障害。直接冷温障害とは異なり、凍結しない程度の低温に長期間晒されることによって生じる。障害のメカニズムはまだ不明な点が多いが、細胞膜やタンパク質の変性、細胞内外でのイオン勾配の変調などが関連すると言われている。

昆虫は、生息する地域の冬の寒さを克服する能力を進化させてきた。日本のような温帯では、昆虫が凍結するような温度にまで気温が低下することは少なく、また急激に気温が低下するような現象もまずみられない。暖かい地域から新たに侵入してきた昆虫にとっては、長期間の低温によって生じる間接冷温障害を克服することが、侵入先に定着するためのカギとなる。

低温条件による成虫の生存率の違い

・ツマジロクサヨトウの成虫を 3℃～15℃までの異なる一定温度に晒すと、その生存率は気温が低いほど低下する（Tanaka and Matsukura 2023）（図Ⅰ-3-2）。3℃では 10 日間で、6℃では 20 日間でほぼすべての成虫が死亡する一方で、15℃では間接冷温障害による生存率の低下はほとんどないと考えられる。

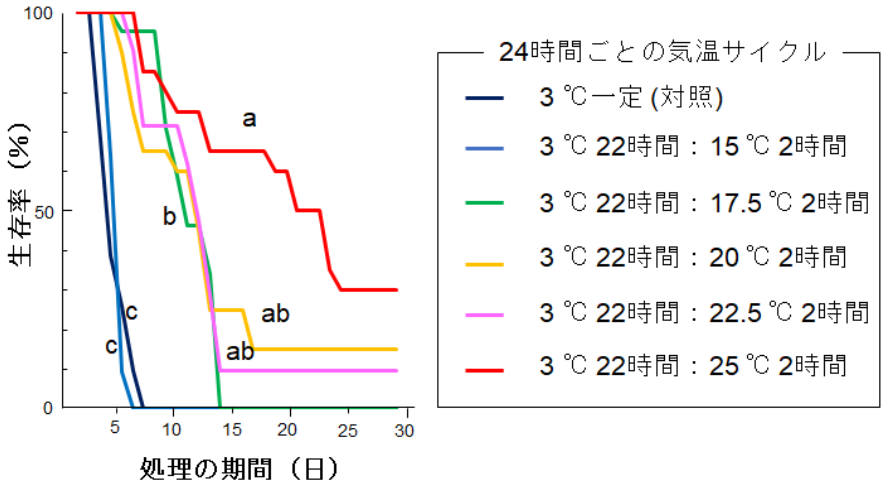


図Ⅰ-3-2.　ツマジロクサヨトウ成虫の気温別の生存率の推移
a-d：同一低温処理内の異なる文字間で生存曲線に有意な違いがあり
（log rank 検定、α＝0.05）

一時的な高温処理による間接冷温障害からの回復

・3℃で低温処理中のツマジロクサヨトウ成虫を毎日 2 時間だけ 15℃～25℃の高温に一時的に晒すと、その生存率は 3℃処理のみを続けた場合よりも上昇する（Tanaka and Matsukura 2023）（図Ⅰ-3-3）。これは一時的な高温によってツマジロクサヨトウが間接冷温障害から回復することを示す。

・一時的な高温処理の温度が高いほど回復効果は高まるが、15℃ではその効果はみられない。



図Ⅰ-3-3.　一時的な高温処理を施した場合の 3℃下でのツマジロクサヨトウ成虫の生存率の推移
a-c：同一低温処理内の異なる文字間で生存曲線に有意な違いがあり
（log rank 検定、α＝0.05）

３．ツマジロクサヨトウの国内の越冬リスク地図

国内での越冬リスクを評価するモデル

・ツマジロクサヨトウの分布リスクの推定にはさまざまなモデルが提案されている（例えば Ramirez-Cabral et al. 2017, Wang et al. 2020）。これらモデルによる予測には主に年間の気温や降水量が利用されているが、温帯以北での定着に重要となる冬期の気候や本種の低温耐性を考慮していない。本事業において、上述の成虫の低温耐性データから越冬リスクを評価するモデルを作成し、半野外での実証データと比較したところ、冬期の気温データから越冬成虫の全滅日を平均4.86日の誤差で推定できた（Matsukura and Tanaka submitted）（表Ⅰ-3-1）。このことから、作成したモデルは本種の越冬地域の推定に利用できると考えられる。

表Ⅰ-3-1.　モデルによる野外でのツマジロクサヨトウの全滅推定日と実際の全滅日

試験開始日 [a]	供試成虫数	モデルによる推定全滅日	全滅を確認した日 [b]	誤差（±日）
12 月 17 日	34	1 月 2 日	1 月 7 日	5
12 月 24 日	32	1 月 3 日	1 月 7 日	4
12 月 31 日	33	1 月 12 日	1 月 14 日	2
1 月 7 日	33	1 月 19 日	1 月 22 日	3
1 月 14 日	28	2 月 1 日	1 月 31 日	-1
1 月 22 日	32	2 月 18 日	2 月 25 日	7
1 月 22 日	33	2 月 18 日	3 月 4 日	14
平均誤差				4.86

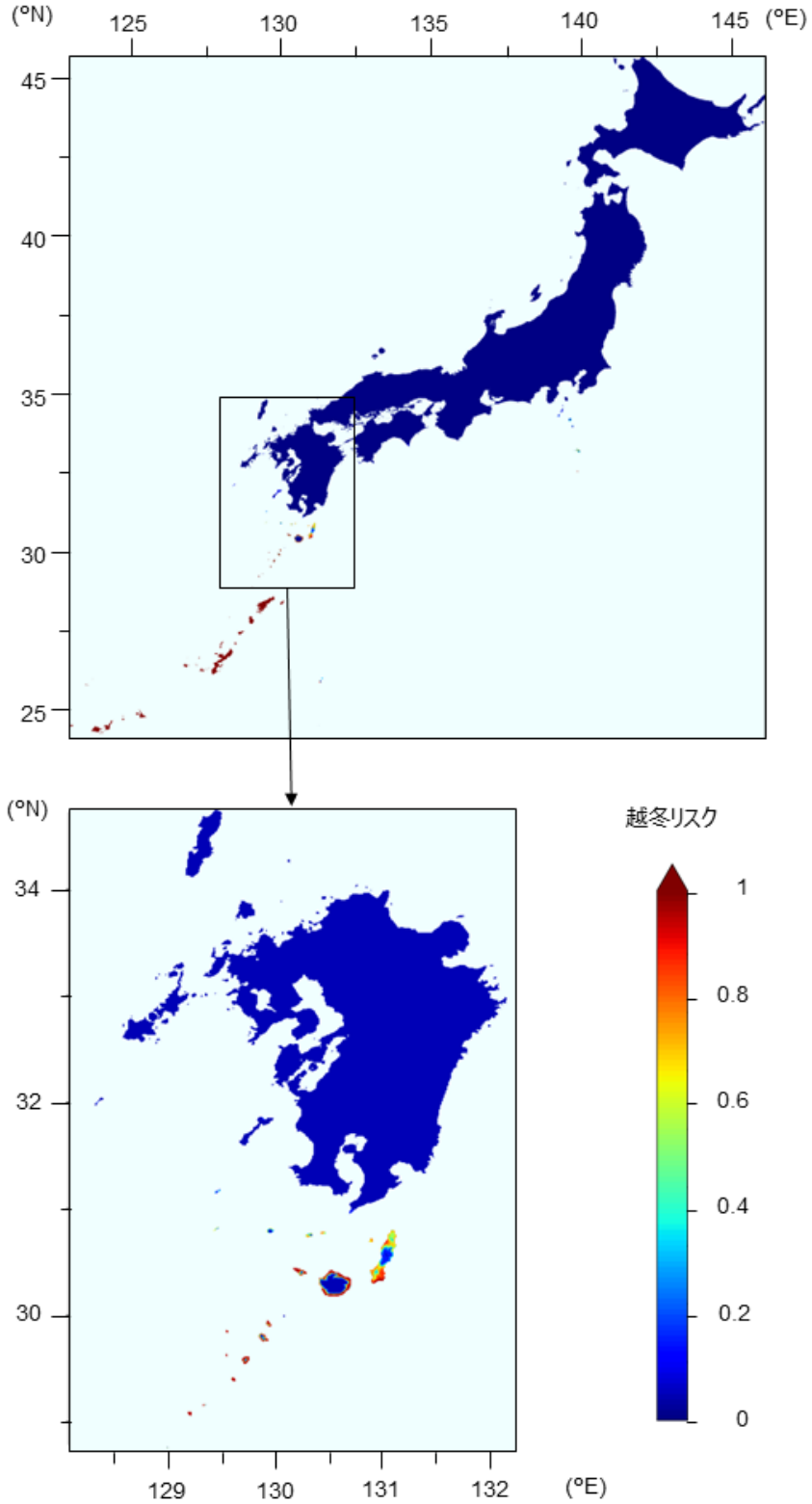
[a] 2021 年 12 月～2022 年 1 月に熊本県合志市において逃走防止措置を施した容器に入れたツマジロクサヨトウ成虫を半野外に放置した日

[b] 成虫の生存を数日ごとに確認し、最初に全滅を確認した日

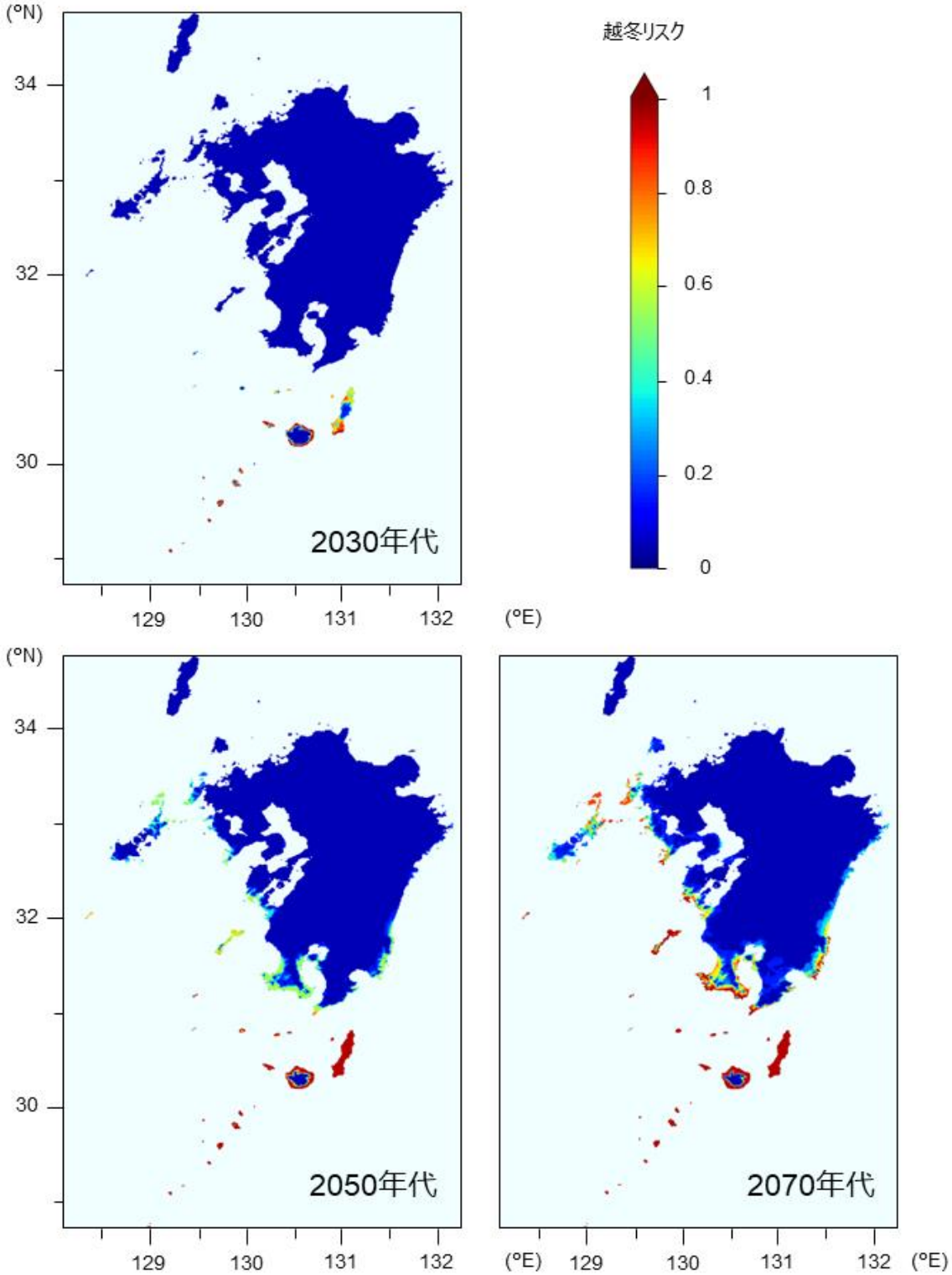
ツマジロクサヨトウの越冬リスク地図

・上記モデルを用い、2011 年～2020 年の気温データから国内における本種の越冬リスクを評価すると、本種は種子島以南の南西諸島と小笠原諸島の大部分の地域で越冬できると予測される。九州本土では鹿児島県の薩摩半島や大隅半島のごく一部でわずかに越冬できるものの、ほとんどの地域で本種は越冬できないと考えられる（Matsukura and Tanaka submitted）（図Ⅰ-3-4）。

・「メッシュ農業気象データ」（コラム２を参照）から、2030 年代、2050 年代、2070 年代の予測気温データ（MIROC5 モデル、RCP8.5 シナリオによる予測値）を取得し、九州における本種の将来の越冬リスクを評価すると、2030 年代の越冬可能地域は現在とほぼ変わらないものの、2050 年代～2070 年代になると、長崎県、熊本県、鹿児島県、宮崎県の沿岸部では本種が越冬可能となると予測される（Matsukura and Tanaka submitted）（図Ⅰ-3-5）。



図Ⅰ-3-4.　現在のツマジロクサヨトウの越冬リスク地図
スケールバーに示した越冬リスクの値が 1 に近いほど越冬できる可能性が高いことを示す。
予測のための気温データは「メッシュ農業気象データ」から取得した。



図Ⅰ-3-5.　九州におけるツマジロクサヨトウの将来の越冬リスク地図
右側に色分けして示した越冬リスクの値が 1 に近いほど越冬できる可能性が高いことを示す。リスクの評価には「メッシュ農業気象データ」の MIROC5 モデル、RCP8.5 シナリオによる予測気温値を用いた。

コラム２：メッシュ農業気象データシステム

メッシュ農業気象データシステムは、農業現場での気象情報の効果的な活用を目的として、農研機構が全国の日別の気象データを約 1ｋｍ四方単位で提供するシステムである。1980 年以降から現在までの気象データのほか、モデルから予測した 2100 年までの将来の気象予測値などが利用できる。

システムの詳細や利用方法については、農研機構メッシュ農業気象データホームページ
https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php
を参照ください。

Ⅱ　フェロモントラップによるモニタリング

- ツマジロクサヨトウのモニタリングにはフェロモントラップが利用できる。
- フェロモントラップには他種のガ類も混入するので適切に選別する必要がある。

1．フェロモントラップとは

・ツマジロクサヨトウのような侵入害虫に対する対策を講じるにあたり、分布域の把握や被害の予測等を目的とした発生調査（モニタリング）の実施は必要不可欠である。トラップを用いればモニタリングにかかる時間や労力的なコストを削減できるだけでなく、調査する者を選ばず客観性の高い結果を得ることができる（本郷 2010）。

・ガ類のトラップの誘引源（ルアー）には、メスがオスを誘引するために放出する化学物質（性フェロモン）がしばしば用いられ、2022 年時点では 30 種以上のガ類害虫用のルアーが一般社団法人日本植物防疫協会のオンラインストアから購入できる。（https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/）

・モニタリング用フェロモントラップは、害虫の発生状況を把握することで間接的に防除に役立てられる。害虫を誘引捕殺してその個体数や被害を減らすことを目的とした直接的な防除（大量誘殺）には、一般により多くの合成フェロモンや捕獲のためのトラップが必要となる。

2．ツマジロクサヨトウのフェロモン

フェロモン成分

・ツマジロクサヨトウのフェロモンは、(*Z*)-9-テトラデセニルアセテート（Z9-14Ac）、(*Z*)-11-ヘキサデセニルアセテート（Z11-16Ac）、(*Z*)-7-ドデセニルアセテート（Z7-12Ac）、(*Z*)-9-ドデセニルアセテート（Z9-12Ac）が主な成分で、成分比は概ね 84:13:2:1 とされている（Tumlinson et al. 1986, Groot et al. 2008, Unbehend et al. 2013）（図Ⅱ-1）。

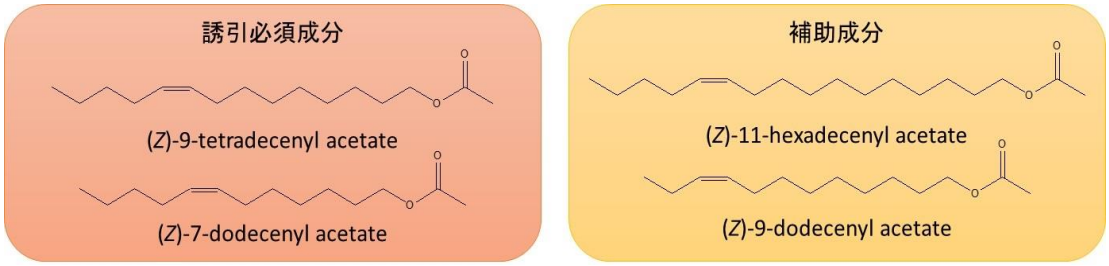
・ツマジロクサヨトウにはフェロモン成分比がわずかに異なる系統の存在が示唆されている。しかし、系統間の変異以上に大きな個体間の変異がしばしばみられ、オスは自らとは異なる系統のフェロモンにも反応する（Groot et al. 2016）。そのため、系統によるフェロモン成分比の違いは、フェロモントラップによるモニタリングに大きな影響を与えるものではないと考えられる。

フェロモンルアー

・ツマジロクサヨトウのフェロモン成分のうち、Z9-14Ac と Z7-12Ac が誘引必須成分とされており、これら 2 成分だけを含むルアーでもオスを誘引することができる。

・海外では 2 成分（誘引必須成分）のルアーと 4 成分のルアーの両方が市販されており、いずれも日本からインターネット等を通じて購入可能である。

・Z11-16Ac と Z9-12Ac は補助成分と考えられ、これらを加えた 4 成分のルアーの方がツマジロクサヨトウに対する誘引性は高まるが、それ以外のガ類の混入が増加する傾向にある（Fleischer et al. 2005, Meagher et al. 2019, Wakamura et al. 2020）。



図Ⅱ-1 ツマジロクサヨトウのフェロモン成分

３．フェロモントラップの利用方法

トラップの種類

・フェロモンルアーを据え付けるトラップの種類や形状には様々なものが考案されているが、ガ類のフェロモントラップとして利用されるものはファネル式バケツ型（以下、ファネル式トラップ）か粘着式デルタ型（以下、粘着式トラップ）が多い。（図Ⅱ-2）

ファネル式バケツ型

粘着式デルタ型

図Ⅱ-2 フェロモントラップの例

・ファネル式トラップは、ファネル（漏斗）状の入り口から入った個体を内部に留めることで捕獲するもので、捕獲した個体が逃げ出さないように界面活性剤溶液や市販の殺虫プレートなどの殺虫剤を入れておくことが多い。

・粘着式トラップは誘引された昆虫を粘着板で捕獲する。使い捨ての安価な製品が多いが、粘着板を隙間なく覆うほど大量の虫が捕獲される場合には頻繁に交換する必要がある（本郷 2010）。

・ツマジロクサヨトウのモニタリングにはファネル式と粘着式のどちらのトラップも利用できる（Meagher et al. 2019, Prasanna et al. 2021）。

トラップの有効範囲

・フェロモントラップの有効範囲（対象害虫を匂いで誘うことができるトラップからの距離）は、フェロモン成分の揮発性や量だけでなく気象条件等の様々な要因に影響されるので明示し難く（Wall and Perry 1987）、ツマジロクサヨトウでも詳細に検証はなされていないが、一般に数十メートル程度と推定されることが多い（中村 1976、Jactel et al. 2019, Prasanna

et al. 2021）。

・害虫のフェロモンは、多くの場合、はるか遠方からオスを呼び寄せるわけではなく、ランダムに飛翔している個体がその有効範囲に入らないと誘引が期待できない。そのため、トラップの設置場所は害虫の行動（飛翔能力や行動範囲など）に合わせて調整する必要がある。

・移動性害虫であるツマジロクサヨトウの場合、飛翔能力が高く、行動範囲も広いと想定されるので、広域的なモニタリングを目的とした場合、少数の圃場に多くのトラップを設置するよりも広範囲にトラップを設置する方が望ましい（Prasanna et al. 2021）。

・トラップの高さは地面から 0.5～1.5 m 程度で差し支えないが、作物の草丈に合わせて高くすることもある（Prasanna et al. 2021）。

ルアーの有効期間

・ツマジロクサヨトウのフェロモン成分は揮発性を有するので密封して冷凍保存すべきである。未開封であれば 1 年以上活性が保たれる。

・野外に設置してから 4 週間程度は誘引性を期待できる。成分によって揮発性が異なり比率が徐々に変化すると考えられるため、正確に調査したい場合には 2 週間程度を目安に交換するとよい。

4．ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップの使用上の留意点

トラップに混入する他種のガ類

・日本の農地ではクサシロキヨトウ *Mythimna loreyi*（図Ⅱ-3）、イチジクキンウワバ *Chrysodeixis eriosoma*、イラクサギンウワバ *Trichoplusia ni*、カブラヤガ *Agrotis segetum*、タバコガ *Helicoverpa assulta*、タマナヤガ *Agrotis ipsilon* 等がツマジロクサヨトウのフェロモントラップにしばしば捕獲される（吉松ら 2022）。

図Ⅱ-3 クサシロキヨトウ

・ツマジロクサヨトウと比較的形態が似ているハスモンヨトウ *Spodoptera litura* やスジキリヨトウ *Spodoptera depravata* 等の混入も確認されている。これらの種との識別には特に注意を要するため、次章（Ⅲ　形態に基づいた同定法、p. 21～）を参照する。

捕獲された虫の同定

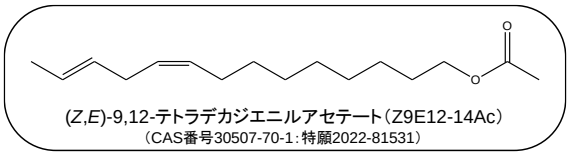
・ツマジロクサヨトウのオス成虫の前翅の斑紋は特徴的なので、標本の状態がよければ外見から同定できる（Ⅲ　形態に基づいた同定法（p. 21～）を参照）。翅の鱗粉が落ちて斑紋

が不明瞭な個体等、識別しにくい標本の正確な同定には遺伝情報を利用した解析が必要となるので（Ⅳ　LAMP 法による同定法を参照）、このような標本は DNA の品質低下を防ぐために無水エタノールやアセトンに浸して冷暗所で保管するか、冷凍保存する。

・ヘキサンやヘプタンを使用して粘着板の粘着剤を溶解すれば捕獲した個体を剥離することができる。

クサシロキヨトウの混入抑制

・日本の農地で 4 成分のルアーを使用すると、多数のクサシロキヨトウがトラップに混入し、ツマジロクサヨトウの計数に支障が出ることがある（吉松ら 2022）。



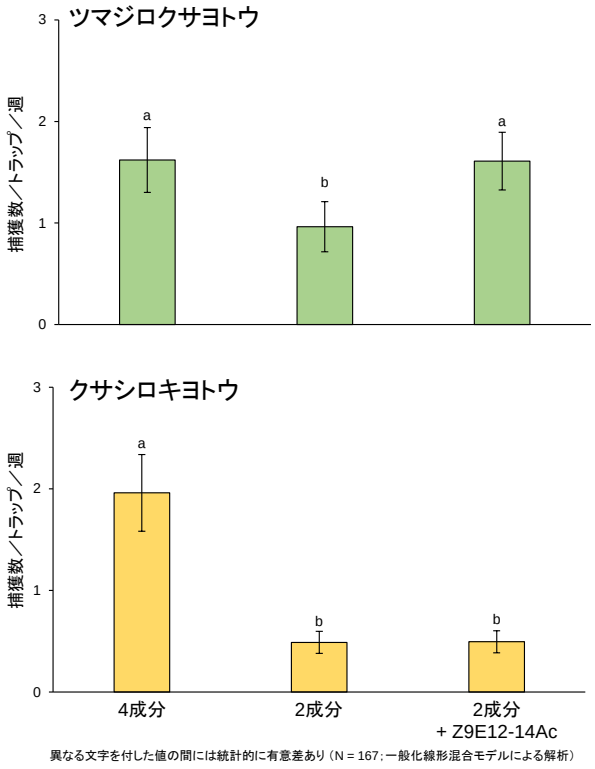
図Ⅱ-4 Z9E12-14AC

・クサシロキヨトウは Z11-16Ac をフェロモン成分として利用するため（Takahashi et al. 1980）、Z11-16Ac を含まない 2 成分のルアーの方が混入を抑えることができるが、ツマジロクサヨトウの誘引性も低下する（Meagher et al. 2019）。

・日本に飛来したツマジロクサヨトウから、新たなフェロモン成分として(*Z*,*E*)-9,12-テトラデカジエニルアセテート（Z9E12-14Ac）が同定された（Tabata et al. 2023）（図Ⅱ-4）。これを 2 成分のルアーに 2~5 μg 程度添加すると、クサシロキヨトウの混入を抑え、かつ 4 成分のルアーと同程度のツマジロクサヨトウの誘引を期待できる（図Ⅱ-5）。

・ルアーに添加する際は、市場に流通している Z9E12-14Ac をヘキサン 0.1 ml に溶解して染み込ませ、室内で半日程度風乾すればよい。

・Z9E12-14Ac はツマジロクサヨトウのフェロモンにはごくわずかしか含まれない超微量成分である。そのため、ルアーへの添加量が多すぎると誘引性が低下するだけでなく、ハスモンヨトウ等の Z9E12-14Ac をフェロモン成分とする他種のガ類の混入リスクが上昇する。



図Ⅱ-5 Z9E12-14Ac の効果

Ⅲ　形態に基づいた同定法

● ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引されるチョウ目昆虫 24 種の一覧表を示し、捕獲個体数の多かった主要な 4 種について解説する。
また、これら 24 種の識別のための絵解き検索表を示す。

1．はじめに

・ツマジロクサヨトウの発生予察のためには、まずツマジロクサヨトウ用フェロモントラップに誘引されるチョウ目昆虫のうち本種と他の種を正確に識別することが重要である。そのためには、日本国内でどの様な種が誘引されるのかを事前に把握しておくことが望まれる。

・2019～2021 年度に日本国内の広域な地域でツマジロクサヨトウ用のフェロモントラップにより捕獲されたチョウ目昆虫の成虫を同定したところ、標的種のツマジロクサヨトウを含む 40 種が確認された。これらのうち偶然捕獲された種を除外し、重要度の高い種の識別法を開発するため、種毎の捕獲頻度とフェロモン成分から誘引可能性を推定したところ、40 種のうち 24 種（ツマジロクサヨトウを含む）はツマジロクサヨトウ用フェロモンに誘引された可能性が高いと考えられた（吉松ら 2022）。

・これら 24 種について一覧表および絵解き検索表を示した。

・今回のフェロモン剤には基本的にオスしか誘引されないため、メスのみ採集された場合はこのリストから除外した。したがって以下の解説と成虫画像はオスだけについて提示した。

・フェロモン剤は米国製（Alpha Scents 社）と中国製（Henan Jiyuan Baiyun Industry 社）を利用した。

・ファネル式トラップの場合は粘着版を使用しないことから、通常は成虫の形態は十分観察することができるため、ここで示す検索表は有効性が高い。粘着式トラップの場合は成虫の翅や体の一部に粘着物質が付着するが、ここの検索表で示した箇所の形態を十分に確認すれば同定に有効である。

・チョウ目害虫は通常幼虫が農作物を加害するので、ツマジロクサヨトウが好むとうもろこしを加害している幼虫が本種かどうかを判別するためには幼虫ステージでの識別が重要である。

・終齢幼虫や中齢幼虫では形態的に種の識別ができる場合もあるが、若齢幼虫の場合は困難なことが多い。幼虫での識別法は次項を参照する。

・なお、とうもろこしで見られる主要なチョウ目害虫種の幼虫や成虫での形態的な識別については、「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル本編（第 3 版）（2021）および「ツマジロクサヨトウ及びとうもろこしでみられる主なチョウ目幼虫の各齢期における主な特徴並びに識別法」横浜植物防疫所（2021）に掲載されているので参照されたい。

2．フェロモントラップで誘引されたチョウ目昆虫

・以下のヤガ科（標的種のツマジロクサヨトウを含む）20 種、メイガ科、コナガ科、キバガ科、コブガ科の各科 1 種ずつの合計 24 種の誘引が確認された（表Ⅲ-1）。

表Ⅲ-1.　ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引されたチョウ目昆虫一覧表

科名/種名（和名・学名）	捕獲時期など
ヤガ科 ツマジロクサヨトウ *Spodoptera frugiperda* (標的種)	本土では主に 5 月～11 月
アワヨトウ *Mythimna separata*	11 月中下
イチジクキンウワバ *Chrysodeixis eriosoma*	5 月上
イラクサギンウワバ *Trichoplusia ni*	4 月上～5 月上
オオカブラヤガ *Agrotis tokionis*	9 月下～10 月中
カブラヤガ *Agrotis segetum*	6 月上中、9 月上中下
カラスヨトウ *Amphipyra livida*	9 月中～12 月下
クサシロキヨトウ *Mythimna loreyi*	3 月中～12 月下
クシナシスジキリヨトウ *Spodoptera cilium*	10 月中
クロクモヤガ *Hermonassa cecilia*	10 月中～11 月中
シロナヨトウ *Spodoptera mauritia*	11 月下
シロヘリキリガ *Orthosia limbata*	3 月下～4 月上
スジキリヨトウ *Spodoptera depravata*	6 月下～10 月上
タバコガ *Helicoverpa assulta*	11 月上
タマナヤガ *Agrotis ipsilon*	2 月中、7 月下～8 月上、10 月中
チャオビヨトウ *Niphonyx segregata*	8 月下～9 月中
ニセタマナヤガ *Peridroma saucia*	3 月下～4 月下
ハスモンヨトウ *Spodoptera litura*	6 月中～11 月下
ヒメネジロコヤガ *Maliattha signifera*	7 月下～9 月下
ホソバセダカモクメ *Cucullia pustulata*	3 月下～10 月中
メイガ科 アカマダラメイガ *Oncocera semirubella*	5 月中～6 月下、8 月上～10 月下
コナガ科 コナガ *Plutella xylostella*	5 月下～6 月上、9 月下、 11 月上～12 月上
キバガ科 イモキバガ *Helcystogramma triannulellum*	8 月上中下、10 月中
コブガ科 クロスジシロコブガ *Nola taeniata*	8 月上～11 月中

捕獲種数の多い科より配列し、種名は科毎にあいうえお順に配列した。
コナガ科の科名は日本産蛾類標準図鑑 III（広渡ら 2013）に従った。

3．ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引された主要な種の解説

・2019～2021 年度に日本国内でツマジロクサヨトウ用のフェロモントラップによって捕獲されたチョウ目昆虫のうち複数地点で多くの個体が捕獲されたクサシロキヨトウ、ホソバセダカモクメ、カラスヨトウ、クロクモヤガの 4 種について解説する。

・クサシロキヨトウ

クサシロキヨトウ（背面）

クサシロキヨトウ（腹面）

・稲、さとうきび、とうもろこし・ソルガム類、イネ科牧草の害虫種である（日本応用動物昆虫学会 2006）。今回の調査期間中にツマジロクサヨトウ用のフェロモントラップで調査・捕獲されたチョウ目昆虫の成虫のうち 最も多く確認された。本種はツマジロクサヨトウと共通のフェロモン成分を含み、市販されているフェロモンルアーを用いた調査では大量に捕獲される。3 月中旬～12 月下旬の長期間にわたって全ての調査地点において非常に多くの個体が捕獲されている（吉松ら 2022）。腹部基部に備える一対の短い黒色毛束が腹面から見えることから、ツマジロクサヨトウなどの他種とは識別可能である。また、本種の前翅は黄褐色であるのに対し、ツマジロクサヨトウでは茶褐色であることでおよそ識別できる。本種の開張は 33～46 mm で、ツマジロクサヨトウは 37～38 mm 程度であるので、両種の大きさにはあまり差はない。

・ホソバセダカモクメ

ホソバセダカモクメ

・本種は農作物の害虫種ではなく、フェロモン成分は未知であるが、今回の調査期間中にクサシロキヨトウに次いで多く捕獲されており、ルアーに誘引されていると考えられる（吉松ら 2022）。日本では北海道から九州地方（奄美大島、沖縄を含む）まで広く分布する。開張は 43～46 mm（岸田 2011）。ツマジロクサヨトウ（開張 37～38 mm 程度）よりは大型である点と、前翅が全体的に黒褐色であることで両種の識別は難しくはない。

・カラスヨトウ

カラスヨトウ

・ブドウの葉やマメ科牧草を食害する害虫種である（日本応用動物昆虫学会 2006）。フェロモン成分は未知であるが、今回の調査期間中に ホソバセダカモクメと同数程度捕獲されており、ルアーに誘引されていると考えられる。（吉松ら 2022）。成虫は秋遅くにかけても見られる。
・日本では北海道から九州まで広く分布する。開張は 39～45 mm（岸田 2011）。本種はツマジロクサヨトウ（開張 37～38 mm 程度）よりはやや大型である点と、前翅が全体的に黒褐色で、後翅は黒褐色の前縁部と外縁部を除けば全体的に赤色を呈することから容易に識別できる。

・クロクモヤガ

クロクモヤガ

・アブラナ科野菜、シソ、フダンソウ・ホウレンソウ、マメ科牧草、スミレを食害する害虫種である（日本応用動物昆虫学会 2006）。本種はツマジロクサヨトウと共通のフェロモン成分を含み、今回の調査期間中に少数が捕獲されており、誘引されていると考えられる。（吉松ら 2022）。
・年 1 化で、成虫は 5 月頃より出現し、夏眠後、秋にも見られ、幼虫で越冬する普通種である。
・日本では北海道から九州まで広く分布する。開張は 42 mm 内外（岸田 2011）。本種はツマジロクサヨトウ（開張 37～38 mm 程度）よりはやや大型である点と、後翅が全体的に茶褐色であることから識別可能である。

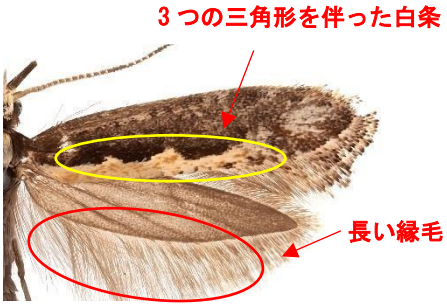
４．検索表

表Ⅲ-2.　ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引されるチョウ目昆虫検索表

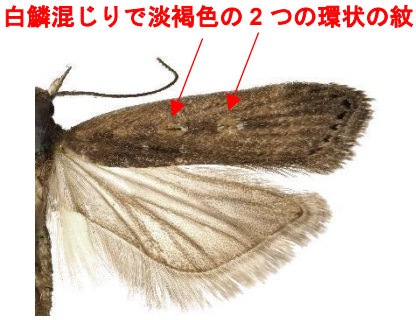
1. 前翅・後翅とも長い縁毛を備え、縁毛を除いた部分は細長く、翅頂は尖る …… 2

前翅・後翅とも縁毛は目立たず幅広で、翅頂はそれほど尖らない …… 3

2. 前翅は暗褐色で後縁付近に 3 つの三角形を伴った白条を備える ……コナガ
前翅は暗褐色で白条はなく、前翅中央部には白鱗混じりで淡褐色の 2 つの環状の紋を備える …… イモキバガ



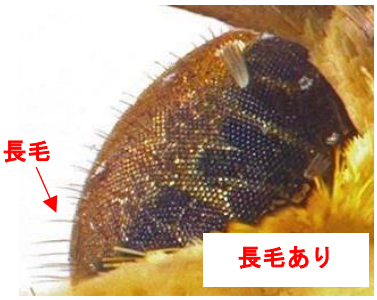
コナガ



イモキバガ

3. 複眼に長毛がある（実体顕微鏡等での観察が必要） …… 4

複眼に長毛はない（実体顕微鏡等での観察が必要） …… 6



（4 の例）

（6 の例）

4. 前翅は外縁部が白色でそれより内側は白地に黒褐色を帯びる …… シロヘリキリガ

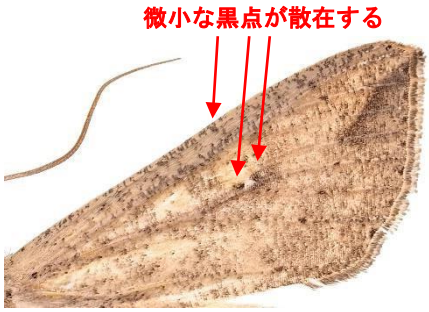
前翅は全体的に黄褐色 …… 5

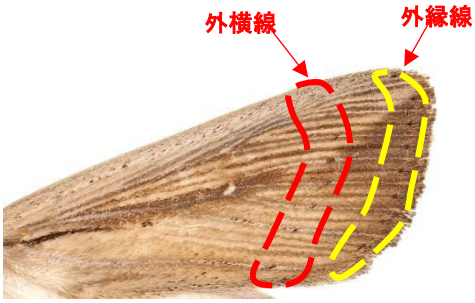
シロヘリキリガ

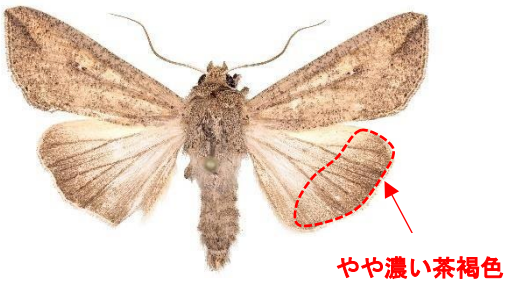
（5 の例）

5. 前翅は外横線が翅脈上の微小な黒点で表されるのと、外縁線が翅脈間の微小な黒点で表される以外にも多くの微小な黒点が散在する。後翅の基半部はやや薄く茶褐色を帯びた白色だが、それより外側の外縁部はやや濃い茶褐色となる ……アワヨトウ

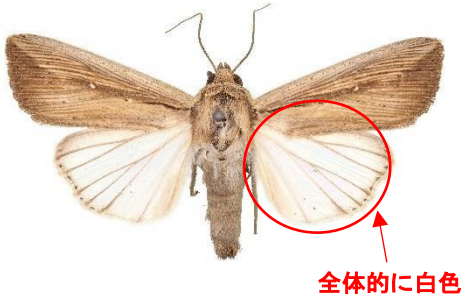
前翅は外横線が翅脈上の微小な黒点で表されるのと、外縁線が翅脈間の微小な黒点で表されるのを除けば、微小な黒点はあまりない。後翅は全体的に白色 ……クサシロキヨトウ







アワヨトウ



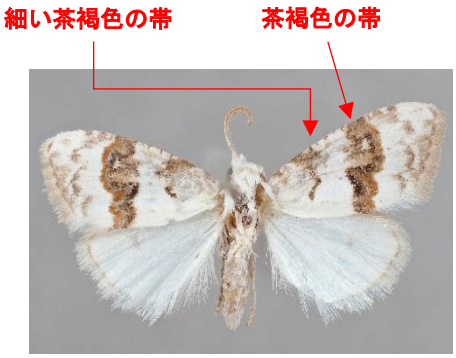
クサシロキヨトウ

6. 前翅の地色は白色～灰白色で褐色の帯を備える ……7

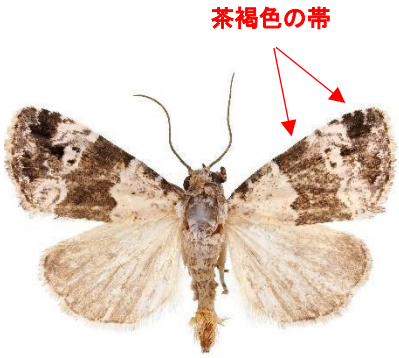
前翅の地色は白色～灰白色とはならない ……8

7. 前翅は中央部に 1 本の太い茶褐色の帯が、その内側には前縁より始まるが後縁までは届かない 1 本の細い茶褐色の帯がある ……クロスジシロコブガ

前翅は中央部に 1 本と外縁部に 1 本の太い茶褐色の帯がある ……ヒメネジロコヤガ



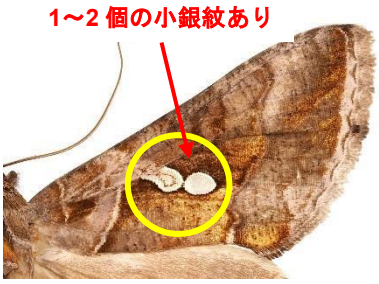
クロスジシロコブガ



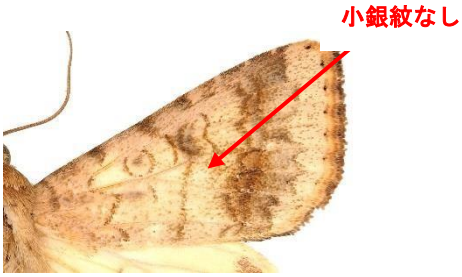
ヒメネジロコヤガ

8. 前翅中央部に 1～2 個の小銀紋を備える …… 9

前翅中央部に斑紋はないか、あっても黒色紋か白色条である ……10



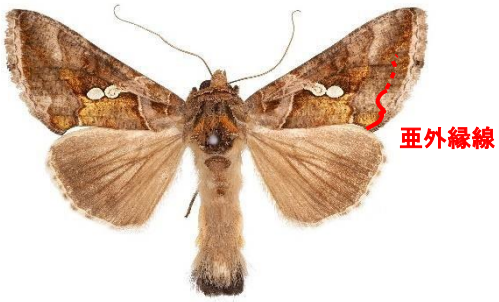
（9 の例）



（10 の例）

9. 前翅中央部の小銀紋の下方、外側の一部は光沢のある橙色となり、亜外縁線は後方で明瞭だが、前方では不明瞭である …… イチジクキンウワバ

前翅中央部の小銀紋の下方、外側は淡茶褐色で、決して橙色とならず、亜外縁線は白と黒が混じったギザギザ状となり、前方・後方とも明瞭である …… イラクサギンウワバ



イチジクキンウワバ

イラクサギンウワバ

10. 後翅は赤色あるいは黄色を呈し、外縁部は黒褐色となる …… 11

後翅は白色あるいは茶褐色、黒褐色となる ……12

11. 後翅は赤色を呈し、外縁部は黒褐色で、前翅は一様な黒褐色となる …… カラスヨトウ

後翅は黄色を呈し、外縁部は黒褐色で、前翅も黄色を帯びる …… タバコガ

12. 前翅は前方より順に白色、赤色、黄色の条線となる …… アカマダラメイガ

前翅に白色、赤色、黄色の順の条線はない ……13

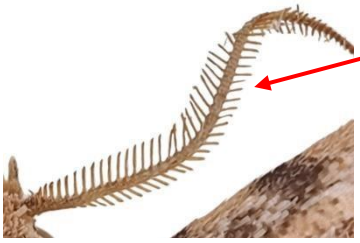
カラスヨトウ

タバコガ

アカマダラメイガ

13. 触角の少なくとも基半部は両櫛歯状で、肉眼でも確認できる ……14

触角は糸状、繊毛状、微毛状、鋸歯状で、どの部位においても両櫛歯状とはならない ……17



（14 の例）

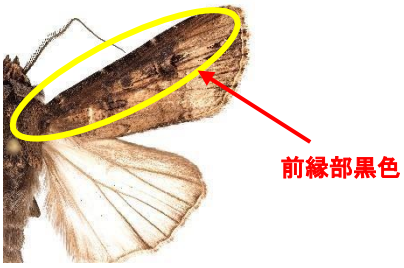
（17 の例）

14. 後翅は前縁部と外縁線はやや褐色となるものの全体的に白色を呈する ……15

後翅は全体的に灰褐色 ……16

15. 前翅前縁部は広く黒色となり、開張 42～45 mm 程度 …… タマナヤガ

前翅前縁部に広い黒色部はなく、開張 38～40 mm 程度 …… カブラヤガ



タマナヤガ

カブラヤガ

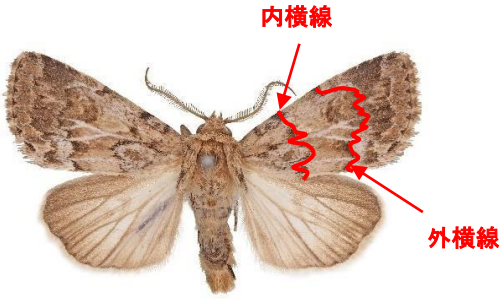
16. 前翅は茶褐色で前縁部は広く黒褐色となり、内横線、外横線は目立たず、開張 44～47 mm 程度

…… オオカブラヤガ

前翅は茶褐色で前縁部は特に黒褐色とはならず、内横線、外横線はギザギザ状となり、開張 25～32 mm 程度

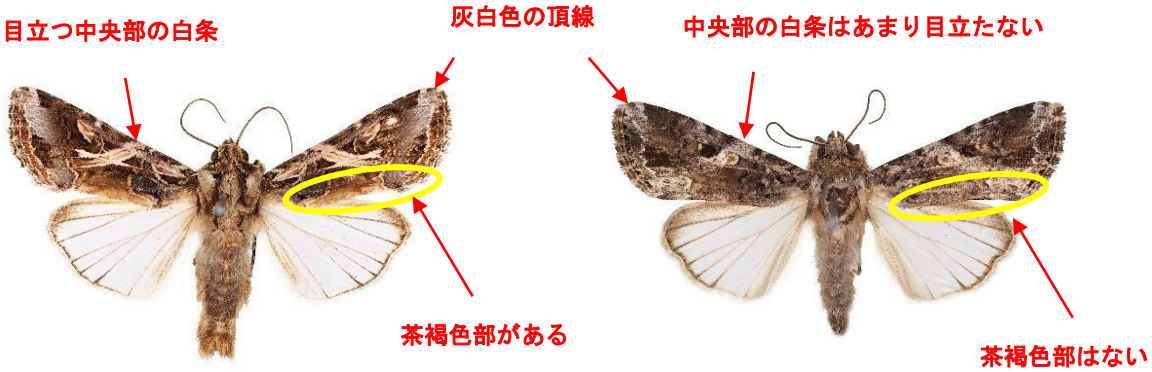
…… スジキリヨトウ

オオカブラヤガ



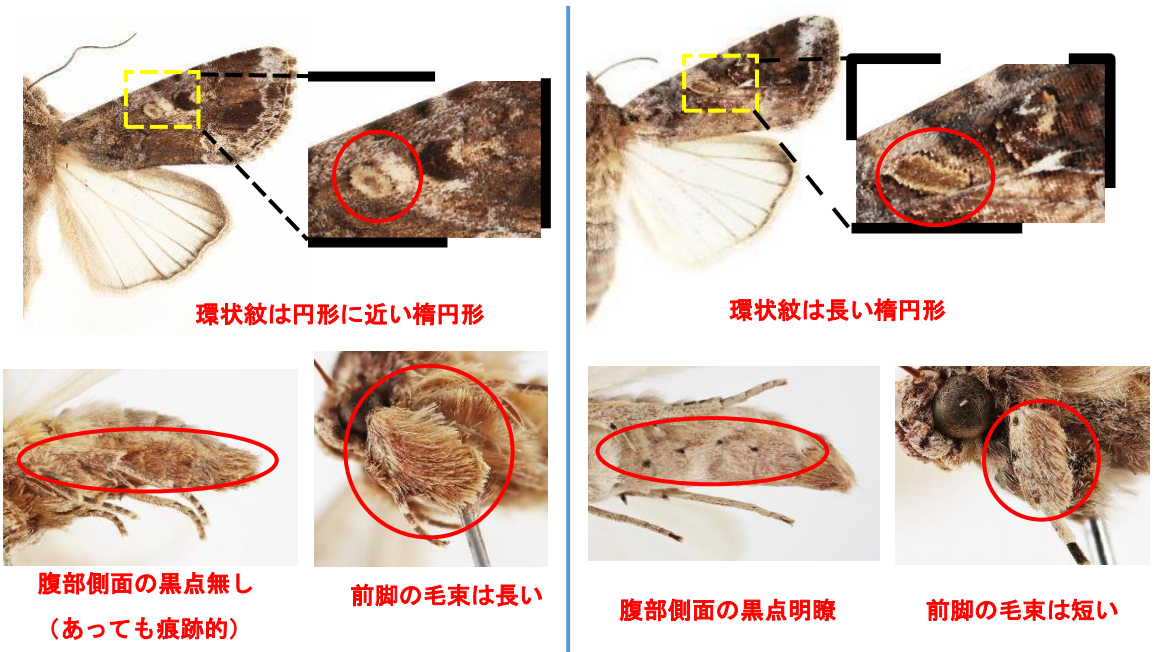
スジキリヨトウ

17. 前翅の翅頂部に灰白色の頂線を備え、前翅の前縁中央部から伸びるやや長い白色～薄白色の条線を備える
……18
前翅の翅頂部に灰白色の頂線はなく、前翅の前縁中央部から伸びるやや長い白色～薄白色の条線もない
……20
18. 前翅は割と派手で、中央部の白条は目立ち、中央部の後縁付近は明るい茶褐色を呈する
……ハスモンヨトウ
前翅は地味で、中央部の白条はあまり目立たず、中央部の後縁付近に茶褐色部はない ……19



ハスモンヨトウ　　（19 の例）

19. 環状紋は円形に近い楕円形で、腹部側面の黒点はないか、痕跡的で、前脚の毛束は長い
……シロナヨトウ
環状紋は長い楕円形で、腹部側面の黒点は明瞭、前脚の毛束は短い ……ツマジロクサヨトウ



シロナヨトウ　　ツマジロクサヨトウ

20. 後翅は全体的に茶褐色～黒褐色を呈する ……21

後翅は少なくとも基半部は白色を呈する ……22

21. 前翅は幅広で、前翅中央部辺りに黒色の小紋はなく、開張 32 mm 程度 …… チャオビヨトウ

前翅の幅は狭く、前翅中央部辺りに黒色の小紋を複数備え、開張 42 mm 程度 …… クロクモヤガ

幅広

チャオビヨトウ

黒色の小紋を複数備える

クロクモヤガ

22. 後翅は茶褐色の前縁部と外縁部を除けば全体的に純白で、開張 20 ～ 33 mm 程度 …… クシナシスジキリヨトウ

後翅の基半部は薄暗い白色となり、前縁部と外縁部は茶褐色～黒褐色を帯び、開張 43～46 mm 程度……23

23. 前翅は全体的に黒褐色で外縁部にいくつかの白条を備える …… ホソバセダカモクメ

前翅は全体的にほぼ一様な茶褐色を呈し、外縁部などに白条はない …… ニセタマナヤガ

クシナシスジキリヨトウ

ホソバセダカモクメ

ニセタマナヤガ

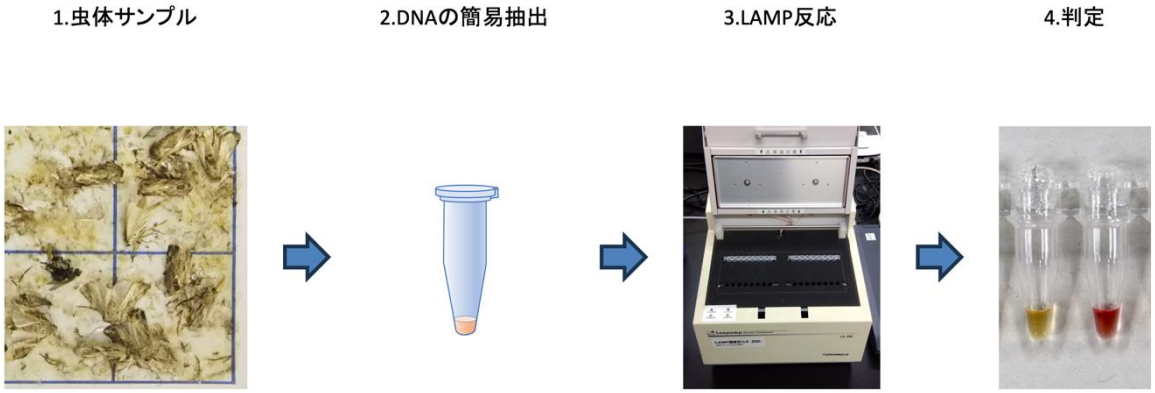
Ⅳ　LAMP 法による同定法

- ツマジロクサヨトウを DNA 配列に基づいて同定する LAMP 法について解説する
- 形態で識別が困難である若齢幼虫、目視での判別が困難なトラップ捕獲虫などの同定が可能

1．LAMP 法による同定について

・LAMP（Loop-mediated Isothermal Amplification）法は栄研化学株式会社が開発した DNA を短時間に増幅することが可能な技術であり（Notomi T et al. 2000）、4 種類（検出速度を上げるためには 6 種類）のプライマーを用いて一定温度で大量の DNA を増幅する技術である。この迅速な反応で生成された DNA や他の反応生成物を可視化（濁度、蛍光、目視の 3 つの方法）することで標的である DNA 配列が存在することを確認出来る。実際の同定は（1）検出系に応じた LAMP 反応液の準備（2）虫体サンプルからの DNA の簡易抽出（3）LAMP 反応を行いツマジロクサヨトウか否かを判定するステップ、からなる。以下、LAMP 法を行うために準備するものと LAMP 法の各ステップについて説明する。

2．ツマジロクサヨトウの LAMP 法での同定の流れ図



3．準備する器具等

装置・器具・消耗品類

・マイクロピペット（1～100 μLを分注できるもの、Gilson社のP2・P20・P200、P10・P100もあればなお良い。他社同等品でもよい）
・マイクロチップ（上記のマイクロピペットで使用できる物・フィルター付きの物が良い）
・マイクロチューブ（0.2 mLPCR用8連チューブでも良い）
・簡易遠心器
・ボルテックスミキサー
・解剖用はさみ（無ければ家庭用で小さい物を切れるものであれば可）

・ピンセット（切断した虫体サンプルをつまむため）
・アイスバケツ（発泡スチロールの箱で代用可）
・マイクロチューブ立て
・ディスポーザブル手袋
・恒温槽もしくはサーマルサイクラー
[濁度を測定する場合]
・LAMP法用の濁度測定装置（LA200・LF-8・LT-16（ニッポンジーン社）など）

試薬類

・LAMP法用核酸増幅試薬（使用する検出方法によって下記の試薬から1つ選択）
- LAMP MASTER for Turbidity（濁度検出用）
- LAMP MASTER for Fluorescence（蛍光検出用）
- LAMP MASTER for Turbidity (Visible Dye)（目視検出用）
- WarmStart Colorimetric LAMP 2X Master Mix (DNA & RNA) （目視検出用）

・TEバッファー（pH8.0）
・分子生物学用精製水（以下dH_2Oと表記）
・LAMP反応用プライマー混合液（具体的には次項目に記載）
・陽性コントロール（ツマジロクサヨトウ抽出 DNA）

4．LAMP 反応用プライマー

・LAMP 反応用プライマーはツマジロクサヨトウと国内のとうもろこしを加害するツマジロクサヨトウの近縁種のミトコンドリア COI 遺伝子の DNA バーコーディング領域の塩基配列を比較し、ツマジロクサヨトウのみで陽性反応が生じるように配列を設計した（特開2022-145579）。プライマーは 6 種類で配列は表Ⅳ-1 の通り。

表Ⅳ-1 ツマジロクサヨトウの LAMP 反応用プライマー

プライマー名	DNA配列
FAW-F3	CTGATATAGCTTTCCCACGT
FAW-B3	GTGGTAATAAAGTTAATAGCTCCTA
FAW-FIP	CAGTTCCTGCTCCATTTTCTACAATGAAATTGACTTTTACCCCCATCT
FAW-BIP	CCTCTCCTCTAATATTGCTCATGGTGTTTATTCCAGCTAAATGAAGTGAG
FAW-Floop	CTACTAGAAATTAATAAAGTTAAAGATGG
FAW-Bloop	GGTAGTTCAGTAGATTTAGCTATTTTC

5．検出法に応じた反応キットの選択

・LAMP 法用の濁度測定装置を持っている場合や目視での溶液の濁りの判定に慣れている場合は LAMP MASTER for Turbidity（ニッポンジーン社）を使用する。

・溶液の濁りを判別するのに慣れていない場合もしくは恒温槽やサーマルサイクラーでLAMP 反応を行う場合は以下のいずれかを選択する。
・DNA 電気泳動で使用するトランスイルミネーターがある場合は LAMP MASTER for Fluorescence（ニッポンジーン社）を用い、反応後トランスイルミネーターで蛍光観察しDNA の増幅の有無を確認する。
・目視で反応の確認を行う場合は LAMP MASTER for Turbidity (Visible Dye)（ニッポンジーン社）や WarmStart Colorimetric LAMP 2X Master Mix (DNA & RNA) （NEB 社）を使用し、反応液の色の変化を確認する。

６． LAMP 反応手順

虫体サンプルからの DNA の簡易抽出

※DNA を抽出する虫体サンプルについては DNA が分解しないように-20℃以下の冷凍庫に保管する。
※虫体サンプルから以下のように DNA を簡易抽出する。その際に虫体サンプルが室温で融解しないように氷上で作業する。
※複数の虫体サンプルを操作する場合は、1 サンプル操作ごとに使用したはさみ、ピンセット等を滅菌水で洗浄し、70%エタノールで消毒して拭き取った後に使用する。

1) -1 フェロモントラップなどで捕獲した成虫については、脚を 5 mm 程度切り取り、1 mm 程度の大きさに刻んで PCR 用チューブに入れる。
1) -2 圃場などで捕獲した幼虫については、体長 5 mm 以下の弱齢幼虫については全体を、それ以上の体サイズの幼虫については腹脚・尾脚等、筋肉の多い部分を 2～3 mm ほど切り取り PCR チューブに入れる。

2) TE バッファー(pH8.0)を 30～50 μL 加える。

3) 恒温槽やサーマルサイクラーで、95℃、15 分間加熱する。

4) アイスバケツ上で 4℃に冷やす。直ちに LAMP 反応に用いない場合は、冷却後に-20℃以下の冷凍庫で保管する。

LAMP 反応液の準備

1) プライマー混合液ストックの作成
上記に示したツマジロクサヨトウ LAMP 法用プライマー6 種を表Ⅳ-2 の濃度になるように混ぜて、LAMP 反応に用いる 10 倍濃度のストック溶液を作成する（プライマー量は原液

濃度が 100 μM でストックを 100 μL 作成する場合)。ストックは 100 μL 単位でマイクロチューブに分けて作成し、使用時まで-20℃で保管する。

2) LAMP 法の反応液作成と LAMP 反応

表Ⅳ−3 に示した分量の試薬・溶液を PCR 用チューブに入れて混合する。この際、操作は氷上にて行う。DNA 溶液は（1）虫体サンプルからの DNA の簡易抽出で抽出した物を用いる。

表Ⅳ-2　プライマーストックの組成

Primer名	容量(μL)	濃度
FAW-FIP	16	16 μM
FAW-BIP	16	16 μM
FAW-F3	2	2 μM
FAW-B3	2	2 μM
FAW-FLOOP	4	4 μM
FAW-BLOOP	4	4 μM
dH_2O	56	
合計	100	

表Ⅳ-3 ツマジロクサヨトウの LAMP 反応液

反応液	容量(μL)
DNA溶液	1.0
プライマーストック	2.5
LAMP反応試薬（2X）	12.5
dH_2O	9.0
反応液量	25.0

LAMP 反応試薬は検出法に応じて選択した反応キットを使用する。検出法に応じて、濁度測定装置・恒温槽・サーマルサイクラーのいずれかを用いて 65℃で 30 分間反応を進める。

LAMP 反応と判定

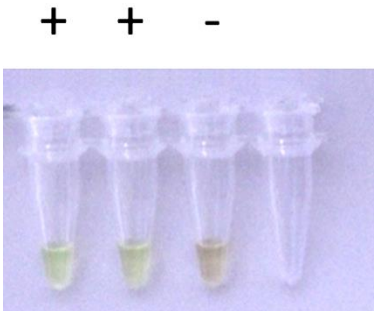
・【濁度により確認する場合】30 分反応時の濁度を濁度測定装置（LA200・LF-8・LT-16 などを使って確認する。

・【蛍光または目視により確認する場合】30 分反応後、4℃に移し反応を止めた後に蛍光や目視で反応の有無を確認する。

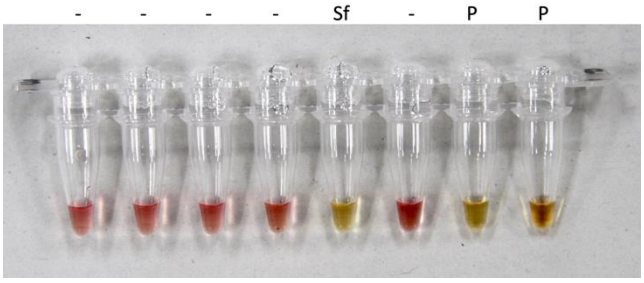
・蛍光反応液を室内可視光下で確認すると図 Ⅳ-1 のように僅かに蛍光を確認することが可能である（＋がツマジロクサヨトウ)。

・目視で確認する場合は図 Ⅳ-2（NEB 社の反応液の例）のように溶液の色の変化で確認できる（NEB 社の試薬では反応すると赤→黄に色が変化する。Sf および P がツマジロクサヨト

ウ)。



図Ⅳ-1 蛍光反応液で確認する場合の発色



図Ⅳ-2 目視で確認する場合の反応液の発色

注意点

・LAMP 反応は DNA 増幅効率が高いため、陽性サンプルや増幅した DNA が使用する器具・試薬等に付着・混入しやすく、一旦付着・混入すると本来陰性であるサンプルも陽性になるために注意する必要がある。

具体的には、

・複数の虫体サンプルを使用する場合はサンプルの操作に使用する器具類をサンプルの操作の度に清浄に保つこと。

・ピペット操作は静かに行い、エアロゾルの発生による DNA の付着・混入が起こらないように注意すること。

・LAMP 反応後の反応溶液の入ったチューブの蓋は開かないこと。

・反応に際しては必ず陽性コントロールと陰性コントロールを準備して、サンプルと同時に反応を行うこと。

V　飛来予測システム

- ツマジロクサヨトウ飛来予測システム（JPP-NET の無料サイトに実装）を解説する。
- 本システムには、飛来予測結果の表示と飛来予測通知の 2 つの機能がある。
- 飛来が想定される 4 月～7 月の期間、予測の計算を毎日行う。
- 計算結果を予測図（アニメーション GIF と PDF）で表示する。
- 飛来が予測された場合は、利用者が予め登録したメールアドレスに通知する。

1．ツマジロクサヨトウ飛来予測システムとは

・ツマジロクサヨトウ飛来予測システムは、飛来予測結果の表示と飛来予測通知の 2 つの機能をもつシステムである。

・飛来予測結果の表示は、シミュレーションモデルを用いて得られたツマジロクサヨトウの飛来予測結果を 2 次元の画像として地図上に表示する。

・シミュレーションモデルは、ツマジロクサヨトウが中国本土や台湾の発生地域とされている地帯から夕方に飛び立つと仮定し、気象予報データを元に予測した向こう 2 日間の気象データを用いて、その移動速度や飛来経路を予測する（p.43 コラムを参照）（Otuka 2023）。

・ツマジロクサヨトウの中国本土や台湾における発生状況に関する情報はリアルタイムには得られないため、本モデルにおいては、初夏から梅雨時期まで発生地域から一定数のツマジロクサヨトウが飛び立つと仮定して計算している。このため、本モデルで飛来量の推定はできない。誤解の無いよう注意して利用すること。

・本モデルによる飛来予測の的中率は約 80%である（2020-2021 年の 6 地点のフェロモントラップ誘殺データを用いて評価）（Otuka 2023）。

・飛来予測通知の機能では、ツマジロクサヨトウの飛来が予測された場合に、利用者が予め登録したメールアドレスに通知する。

・利用者は、飛来予測がでているかどうか知りたい地域を都道府県単位で指定できる。

2．JPP-NET とは

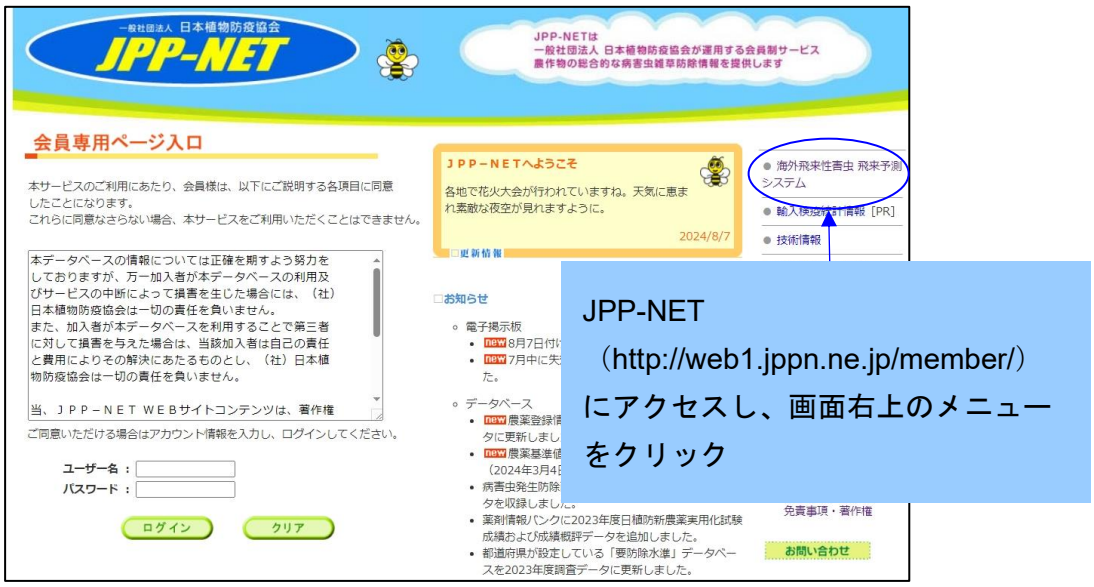
・JPP-NET は、一般社団法人日本植物防疫協会が運営する、農作物の病害虫防除に関する情報を総合的に取り扱うネットワークである。病害虫防除に関する最新情報を提供している。当該ネットワークのサービスのうち、海外飛来性害虫予測システム（ツマジロクサヨトウ含む）は無料で利用できる。農林水産省・都道府県の指導機関や関係業界・生産者などが利用している。

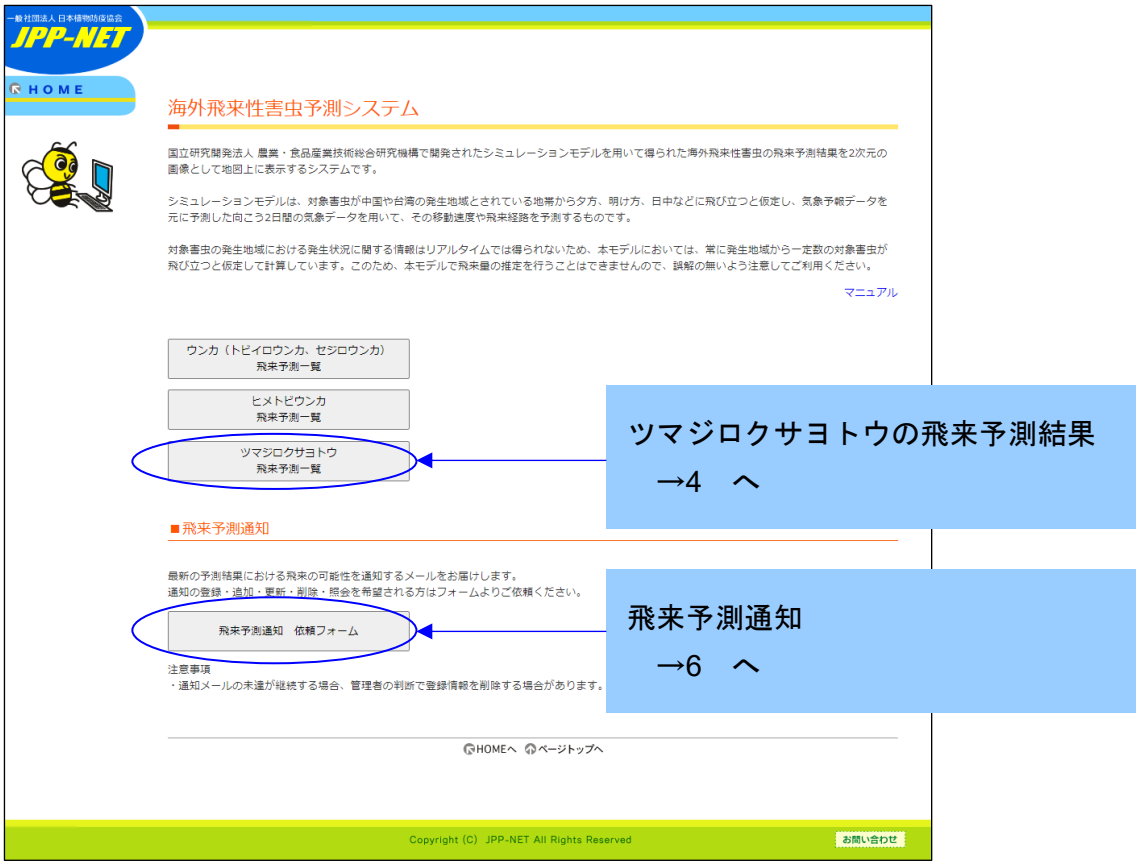
URL　http://web1.jppn.ne.jp/member/

（2024 年 8 月 15 日現在のサービス情報に基づく解説）

３．掲載場所

JPP-NET のトップページに掲載し、無料で使用することができる。

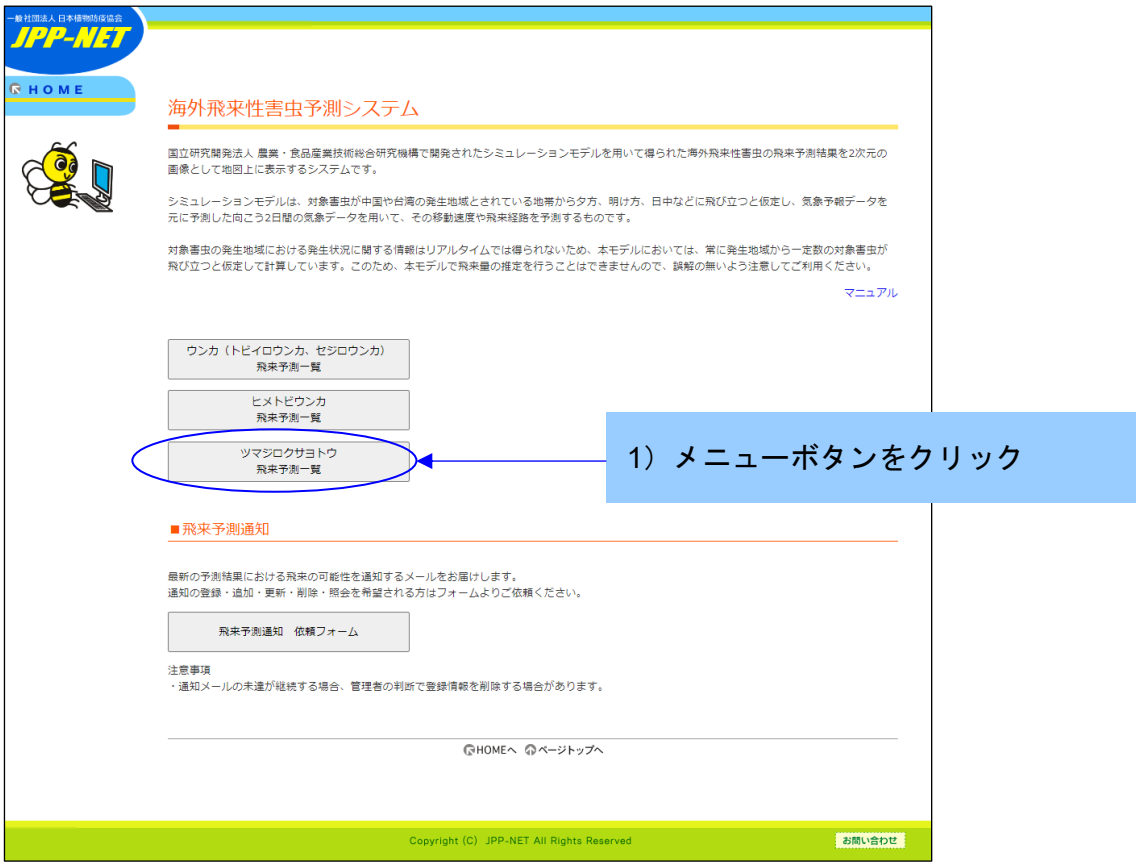


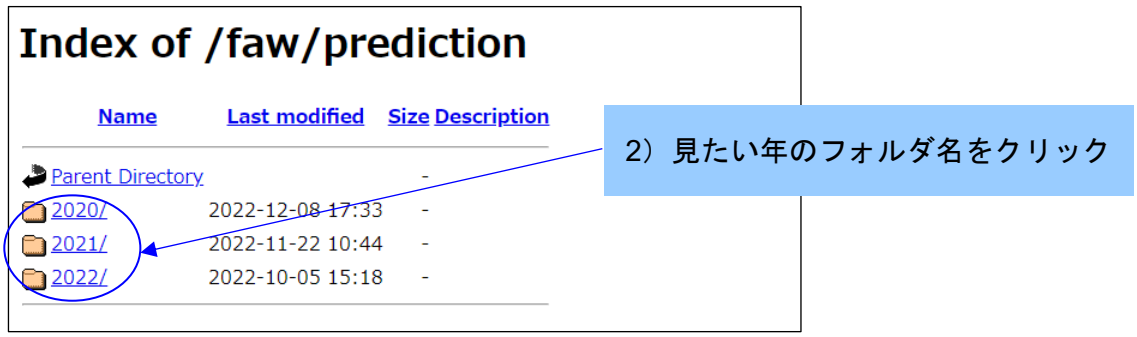


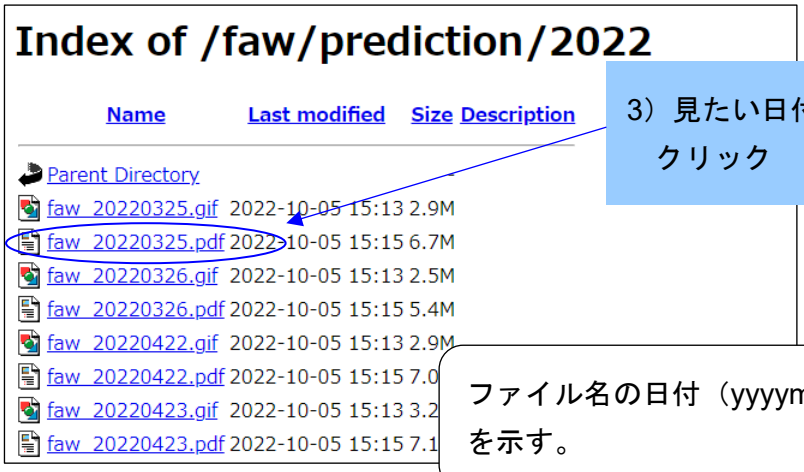
4．飛来予測結果

同じ予測結果をアニメーション GIF と PDF の 2 種類のファイルで掲載する。予測の計算は、飛来が想定される毎年 4 月～7 月の期間、毎日行う。計算結果は毎日 18 時前後に追加される。

飛来予測一覧

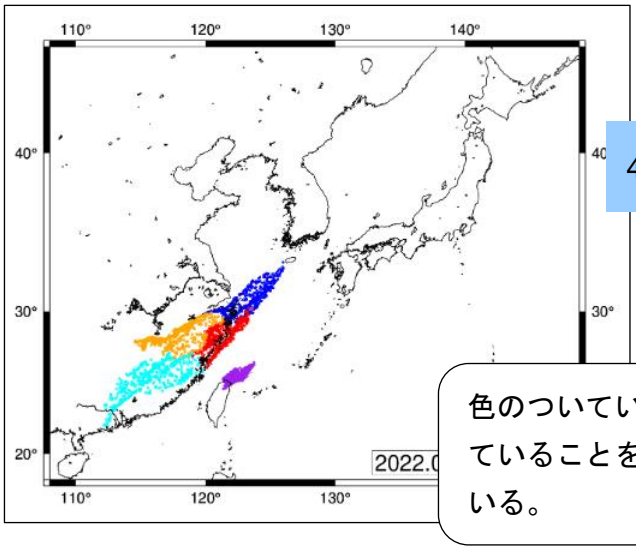






3）見たい日付のファイル名をクリック

ファイル名の日付（yyyymmdd）は飛び立ち日を示す。



4）対象の予測図を表示

色のついているところに対象害虫が飛来して来ていることを表す。飛び立ち域毎に色分けしている。

用語の解説

【飛び立ち日】

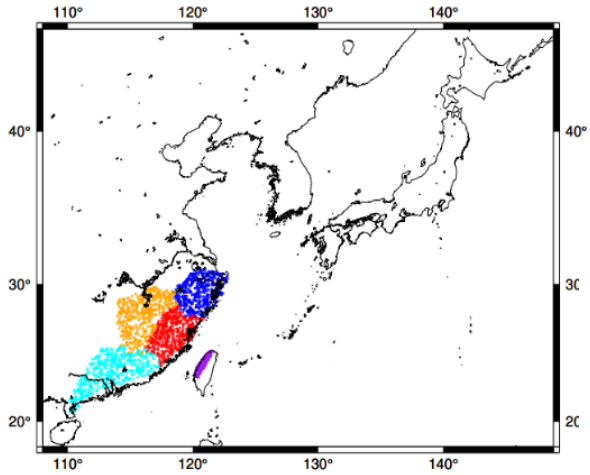
・ツマジロクサヨトウが発生地域から飛び立つ日を表す。この飛び立ち日から飛来予測計算を開始する。

【時間帯】

・ツマジロクサヨトウが飛び立つ時間帯を表す。1 日 1 回、夕方に飛び立つものとして予測計算を行う。

【飛び立ち域】

・ツマジロクサヨトウが飛び立つ場所として設定した発生地域を表す。飛び立ち域の位置関係は以下となる。



図Ⅴ-1 ツマジロクサヨトウの飛び立ち域
青：浙江省
赤：福建省
水：広東省
黄：江西省
紫：台湾西部

６．飛来予測通知

・飛来予測システム（ウェブ上）で、利用者が予め登録したメールアドレスに飛来予測が通知される。
・利用者は登録の際に、飛来があるかどうか知りたい地域を都道府県単位で指定できる。
・通知時間は日により異なるが、およそ 19 時頃となる。
・指定した都道府県に飛来の可能性がある場合のみ通知される。
・都道府県における飛来の有無は、移動経路にあるか否かで判断している。
・一つのメールアドレスに対し指定できる都道府県数に制限はない。
・都道府県を複数指定した場合、都道府県毎に複数件メールが送られることがある。
・本機能の利用者に制限はないが、通知メールの未達が継続する場合、管理者の判断で登録情報を削除する場合がある。

通知メール

件名：【JPP-NET】ツマジロクサヨトウの飛来予測（yyyy/mm/dd の夕方移出分）
発信元：JPP-NET 飛来予測 <jpp-net@jppn.sakura.ne.jp>

〇〇県にツマジロクサヨトウの飛来が予測されています。

飛来予測図
https://jppn.sakura.ne.jp/faw/prediction/yyyy/faw_yyyymmdd.gif

このメールは配信専用です。
お問い合わせは<jimu@sp.jppn.ne.jp>へお願いします。

飛来予測図のリンクをクリックすると対象の飛来予測図のアニメーション GIF が表示される。

通知依頼フォーム（通知の登録・削除・照会）

1）メニューボタンをクリック

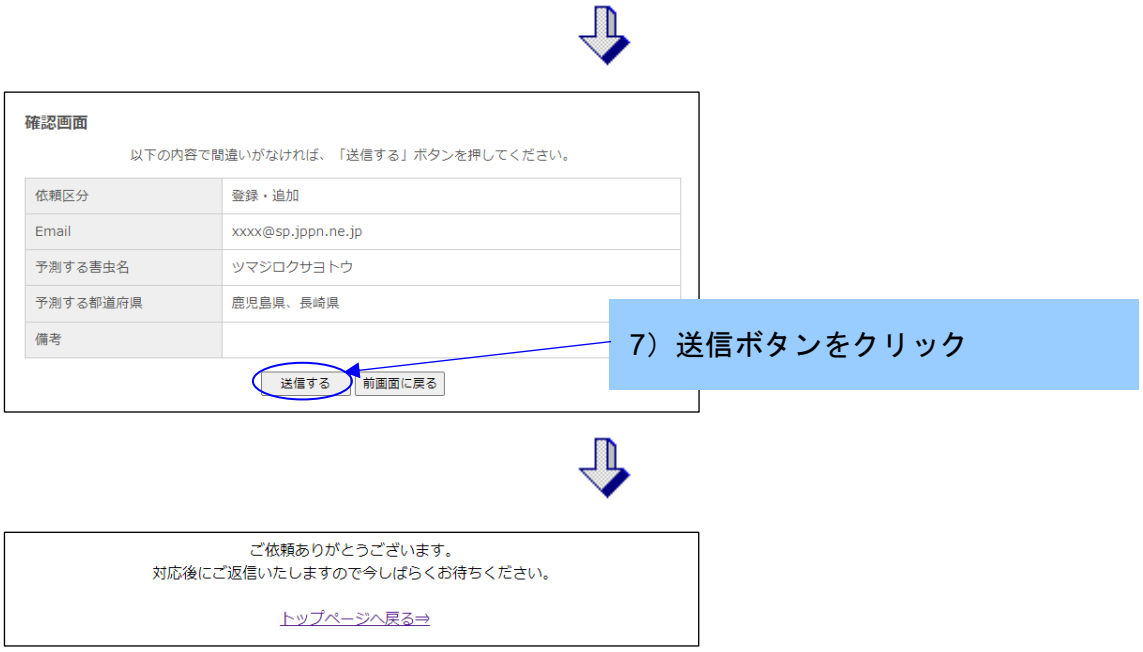
2）依頼区分を選択

3）メールアドレスを入力
（このアドレスに飛来予測が通知される）

4）「ツマジロクサヨトウ」を選択

5）飛来予測があるかどうか知りたい地域（都道府県名）を入力

6）確認ボタンをクリック



依頼区分の種類

・登録・追加：依頼情報を登録・追加する。
・更新：利用者が入力したメールアドレスで既に登録されている情報を現行の入力内容で上書きする。
・削除：利用者が入力したメールアドレスで既に登録されている情報を全て削除する。
・照会：利用者が入力したメールアドレスで既に登録されている情報があるかどうかを通知し、登録が有る場合は該当する詳細情報も合わせて通知する。

・これらの設定は手動で行うため、若干の時間を要することがある。

コラム：飛来を予測するしくみ

ツマジロクサヨトウは日本本土での越冬はごく一部の地域に限られ、主に初夏からの飛来個体群が増殖して、夏から秋に国内個体群が発生する。そのため海外からの飛来時期を予測し、フェロモントラップで飛来量を確認することは防除対策を構築する上で重要である。

海外からの飛来は、飛来源から東シナ海を越えてくるツマジロクサヨトウの移動状況をコンピュータで計算することで予測する。

ツマジロクサヨトウ飛来予測モデルは、日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センターの拡散モデル GEARN と米国国立大気研究センターの気象モデル WRF を利用し、先に日本原子力研究開発機構と農研機構が開発していたウンカ飛来予測モデルを基礎として、農研機構植物防疫研究部門がツマジロクサヨトウの飛翔特性を取り入れて開発した。

中国、台湾の発生情報と日本への飛来の解析結果から、予測モデルは浙江省と福建省、広東省、江西省、台湾を飛来源として設定し、4 月～7 月の毎日夕方に各地からランダムに多数の虫が飛び立ち（図左）、自力の飛翔速度に風下方向の風速を加えた速度でツマジロクサヨトウが飛翔すると仮定して、気象モデルで予測した風速を用いて日本に飛来する状況を計算する（図右）。

ツマジロクサヨトウの飛来予測モデルでは、虫が飛翔中、気温が 13℃より低い上空へは侵入しない。また、着地過程は計算しておらず、最大の飛翔時間は飛び立ち開始後 48 時間であり、この間移動し続けると仮定している。

計算したツマジロクサヨトウ（図右の各点）が各都道府県の上空に到達した場合にその地域へ飛来したとする。

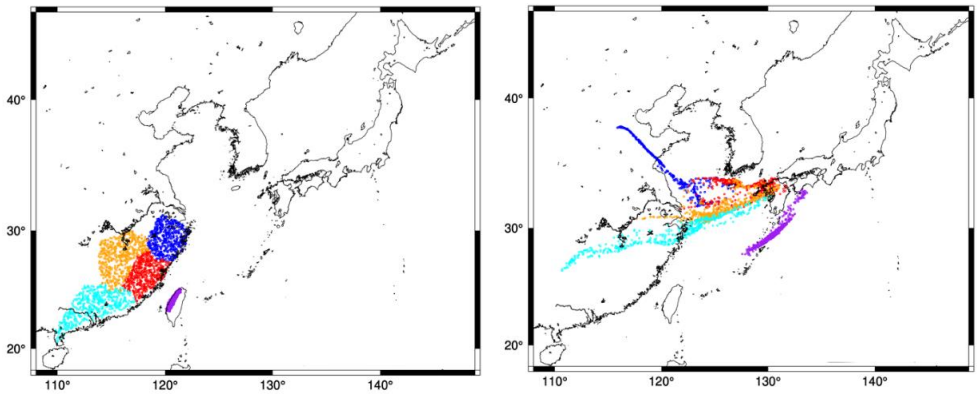


図　飛来予測モデルの飛び立ち域（左）と飛来計算の例（右：2020 年 7 月 3 日 18:00 の予測図）各点は浙江省（青）、福建省（赤）、広東省（シアン）、江西省（オレンジ）、台湾西部（紫）から飛び立ったツマジロクサヨトウのその時刻での位置を示す。

Ⅵ　農薬（殺虫剤）を利用した防除方法

Ⅵ-１　飼料用とうもろこし（青刈り）での被害と防除のポイント

- ツマジロクサヨトウの被害は主に西南暖地の夏季に播種する作型で発生する。
- 夏播きでは生育前半を中心とした防除により減収を防げる。

１．飼料用とうもろこし（青刈り）とは

・飼料用とうもろこしは草丈が 2～3 m に達する長大型の作物

・飼料用とうもろこしの区分

青刈りとうもろこし：茎葉と雌穂をともに収穫→サイレージ調製→家畜の飼料として利用

子実とうもろこし：子実のみ→乾燥→家畜の飼料として利用

イアコーンサイレージ：雌穂（子実＋芯＋外皮）を収穫→サイレージ調製→家畜の飼料として利用

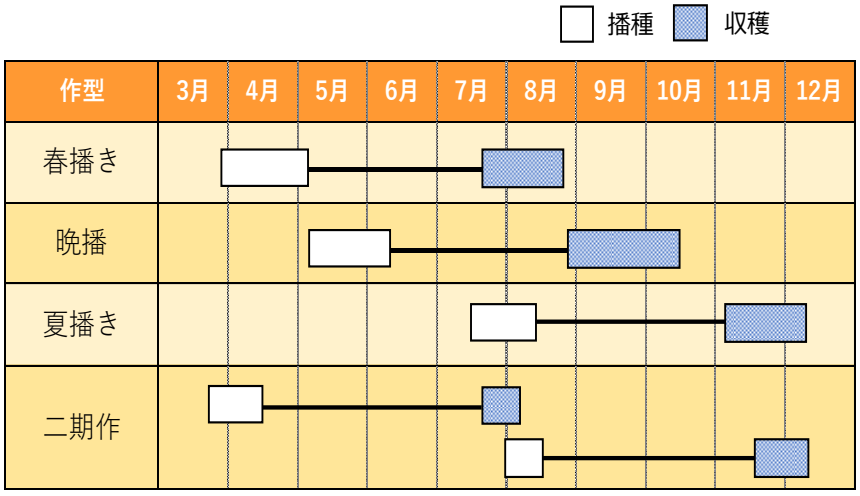
・本マニュアルでの「飼料用とうもろこし」は“青刈り”用の飼料用とうもろこしを指す。食用とうもろこし、“子実用”および“イアコーンサイレージ用”の飼料用とうもろこしは対象としない。

２．暖地での基本的な作型と防除対象とする作型

・暖地での飼料用とうもろこしの作型（図Ⅵ-1-1）

春播き（4 月播種）・晩播（5～6 月播種）・夏播き（7～8 月播種）・

二期作（同一年に春播きと夏播きを行う作型）



図Ⅵ-1-1.　暖地の主要な飼料用とうもろこしの作

・防除対象とする作型

ツマジロクサヨトウの発生量は、春には少なく、梅雨明け後に増加していくため、夏播き（二期作の 2 作目を含む）で特に被害が発生しやすい。よって、本マニュアルでは夏播き（二期作の 2 作目含む）を対象に防除に必要な情報を紹介する。

３．ツマジロクサヨトウによる加害（詳細は技術情報５６～６４ページ）

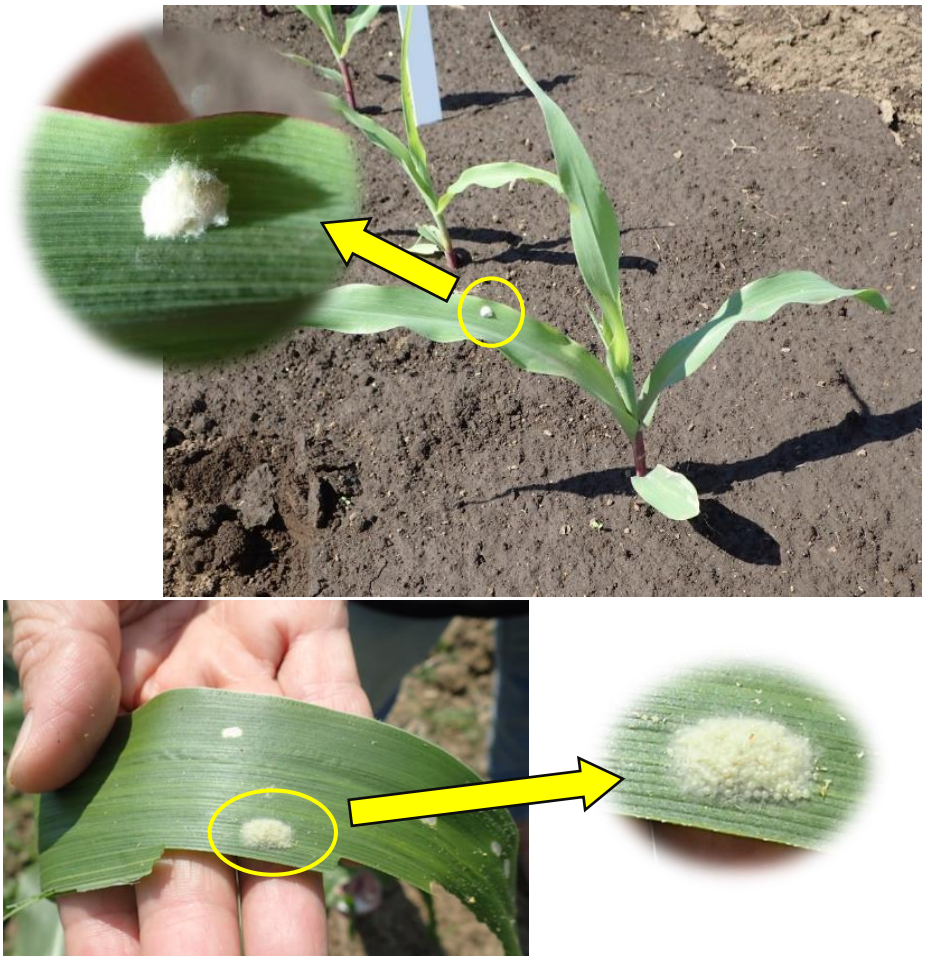
飼料用とうもろこしへの加害の推移

・ツマジロクサヨトウの卵塊は飼料用とうもろこしの葉や茎に産み付けられる（図Ⅵ-1-2）。

・卵から孵化した幼虫は葉の表面を削り取るように加害し、加害された後は白い筋状に見える（図Ⅵ-1-3）。

・その後、飼料用とうもろこしの芯の部分に潜り、未展開の葉や抽出前の雄穂を加害する（図Ⅵ-1-4）。

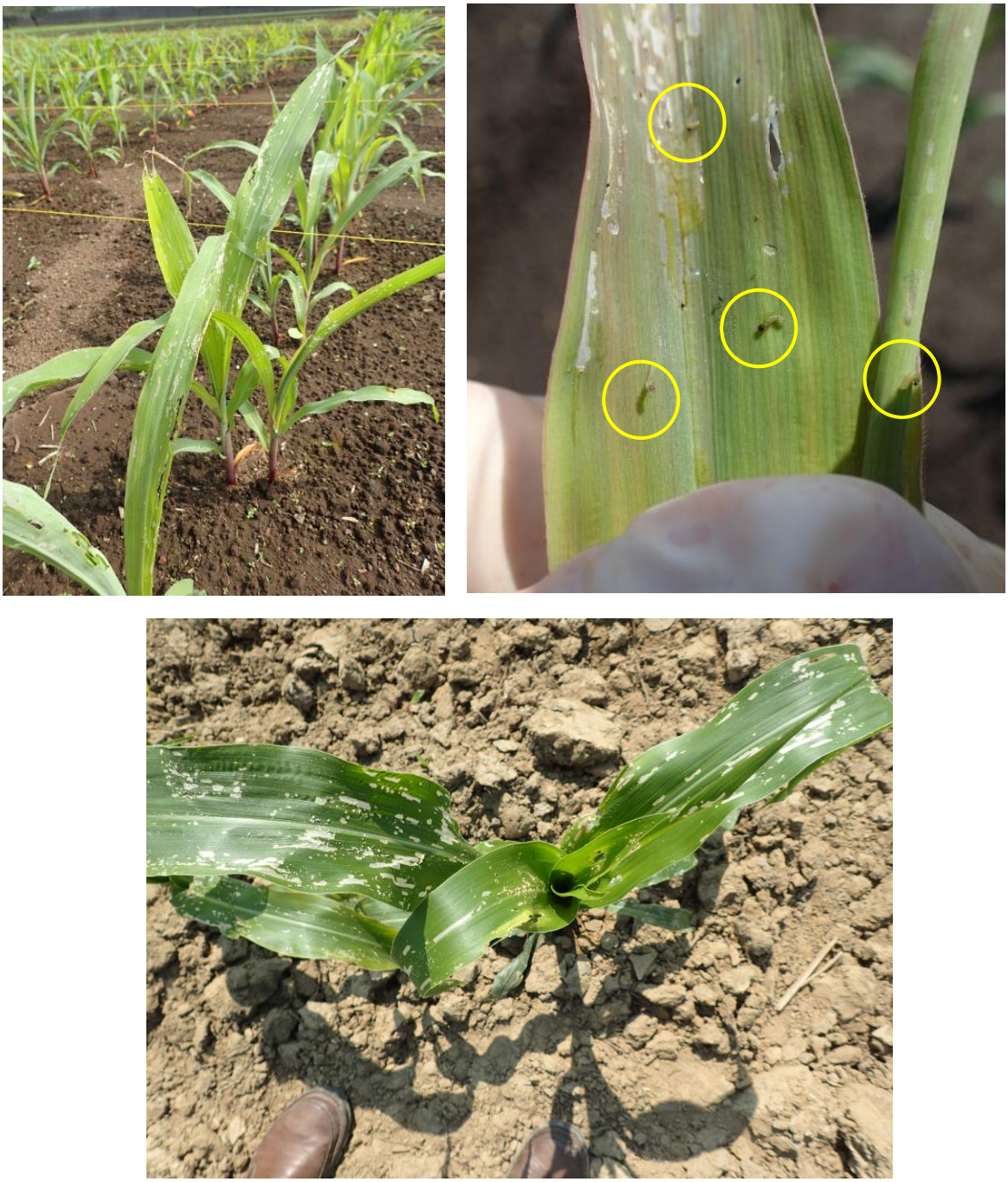
・雄穂抽出後は雌穂に移動し、絹糸や雌穂を加害する（図Ⅵ-1-5）。



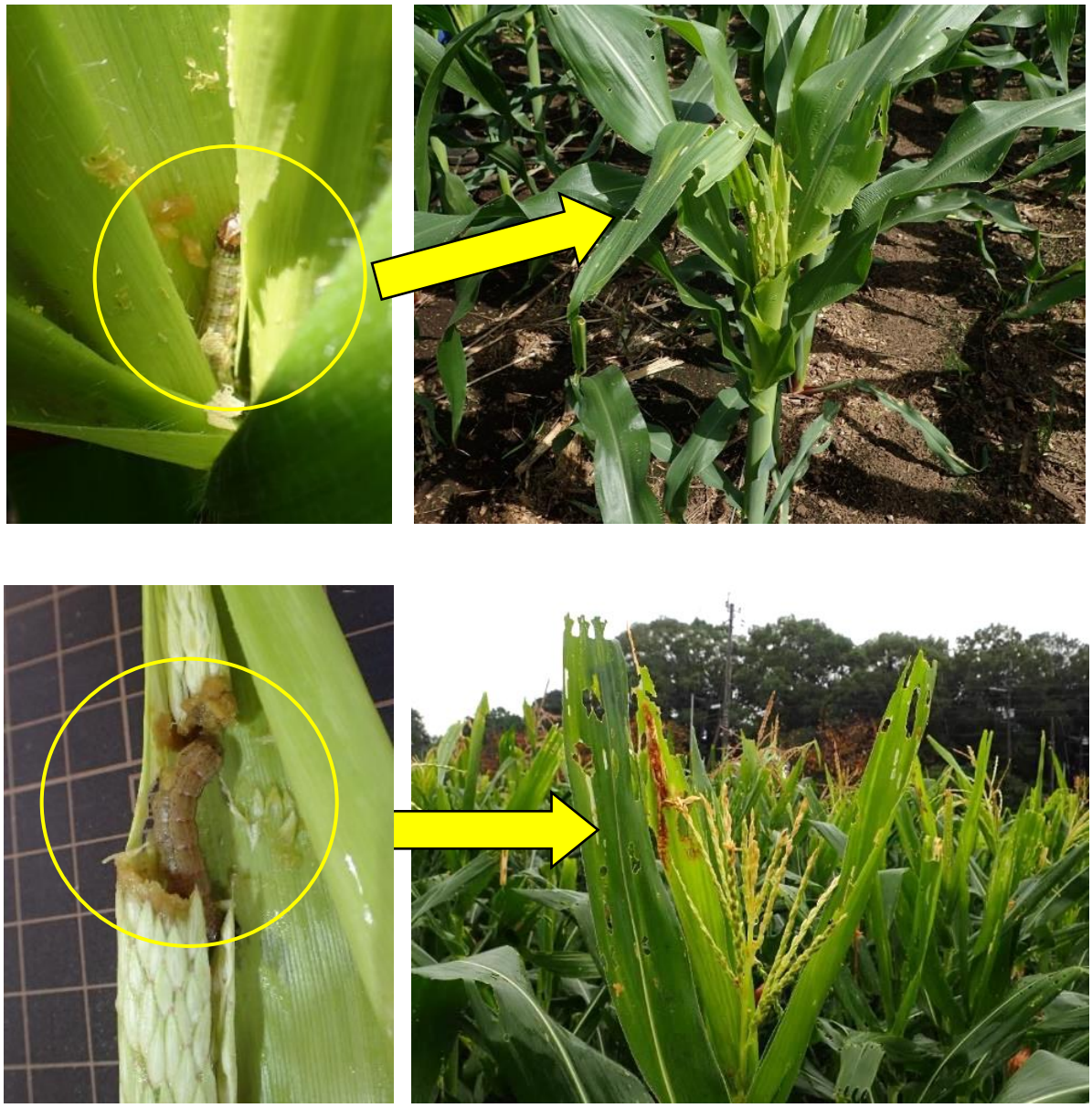
図Ⅵ-1-2. ツマジロクサヨトウの卵塊

写真（上）の飼料用とうもろこしは抽出中の第 3 葉に卵塊が見える。

葉上の卵塊（黄色の〇）の拡大写真を矢印で示した。



図Ⅵ-1-3. ツマジロクサヨトウの若齢幼虫による加害跡
幼虫は孵化後、葉の表面を削り取るように加害する。黄色の○はツマジロクサヨトウの若齢幼虫（写真（右上））。



図Ⅵ-1-4. ツマジロクサヨトウによる加害跡
幼虫は芯の部分に潜り、未展開の葉（上図）や、抽出前の雄穂（下図）を加害する。黄色の〇はツマジロクサヨトウの幼虫。

図Ⅵ-1-5. ツマジロクサヨトウによる雌穂への加害
上は雌穂に侵入しようとするツマジロクサヨトウ（絹糸抽出期）。下は加害を受けた雌穂（収穫期）。写真（上）の黄色の○はツマジロクサヨトウの幼虫。

４．本マニュアルでの飼料用とうもろこしの生育ステージの分類

・生育時期を便宜的に分類（図Ⅵ-1-6）※（）内の葉期については技術情報５５ページを参照

出芽期：播種から出芽まで

生育初期：草高 30 cm 程度まで（5 葉期頃まで）

生育前期：草高は約 1 m 以下（5 葉期以降から 10 葉期頃まで）

生育中期：草高は約 1 m 以上（10 葉期以降から絹糸抽出期まで）

生育後期：絹糸抽出期以降、収穫期まで

図Ⅵ-1-6.　本マニュアルでの飼料用とうもろこしの生育ステージの分類
防除に適した時期を説明するため、本マニュアルでは飼料用とうもろこしの生育ステージを上のように分ける。
※1：飼料用とうもろこしの葉期の数え方は技術情報５５ページに記載。
※2：一般に雄穂抽出後、数日以内に絹糸も抽出する。
※3：雌穂の生育の進展とともに、水熟期、乳熟期、糊熟期、黄熟期および完熟期に分類される。詳細は技術情報５６～５７ページに記載。

５．殺虫剤を利用した防除のポイント（詳細は技術情報６５～６９ページ）

収量への影響

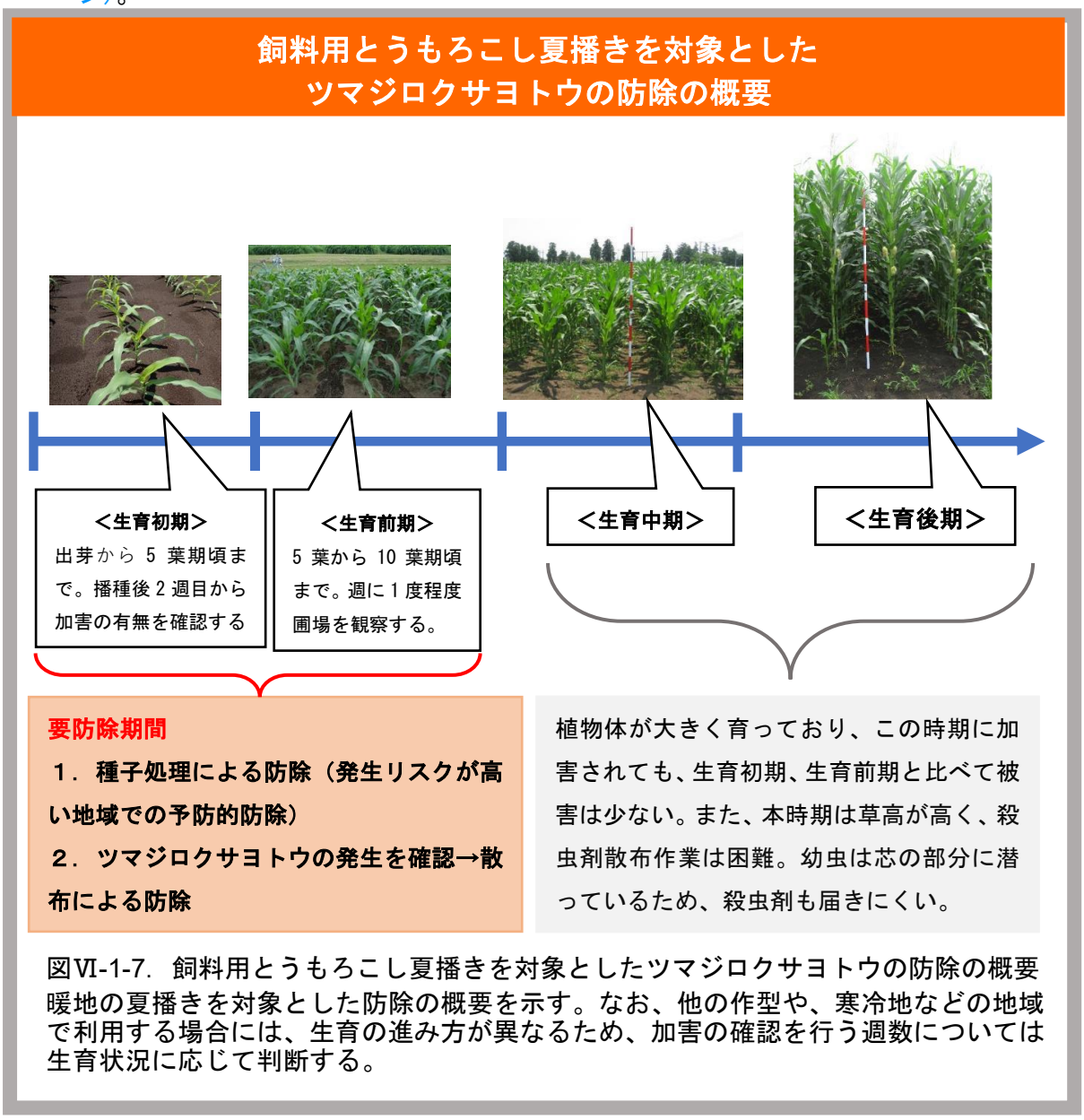
・防除しなかった場合の減収率（九州内 4 地点調査データ）

2021 年は平均で 8.5%（最大 14.9%、最小 0.0%）

2022 年は平均で 7.7%（最大 14.6%、最小 0.0%）

夏播きを対象としたツマジロクサヨトウの防除

・「加害時期と収量の関係」[※1]を調査したところ、生育初期と生育前期の被害が減収率と関係することが明らかになった（技術情報６５ページ）ため、これらの時期（=要防除期間）に殺虫剤を散布し（1 回ないし 2 回散布）[※2]、被害を防ぐ（図Ⅵ-1-7）（技術情報６７～６８ページ）。



図Ⅵ-1-7. 飼料用とうもろこし夏播きを対象としたツマジロクサヨトウの防除の概要
暖地の夏播きを対象とした防除の概要を示す。なお、他の作型や、寒冷地などの地域で利用する場合には、生育の進み方が異なるため、加害の確認を行う週数については生育状況に応じて判断する。

ステップ１　要防除期間にツマジロクサヨトウによる被害があるか確認する。被害程度（被害スコア）を調査することで、防除の必要性や、散布回数を大まかに判断することができる（技術情報５６～６４ページ）。

ステップ２　防除が必要と判断された際※3には、できる限り速やかに防除を実施する。

※１「加害時期と収量の関係」については、2021 年～2022 年にかけて、九州内の 4 地点（熊本県内 2 か所、宮崎県 1 か所、鹿児島県 1 か所）において、飼料用とうもろこしの夏播きを対象に殺虫剤の茎葉散布を複数回行い、ツマジロクサヨトウを防除した場合と防除しなかった場合の乾物収量を比較した結果である（詳細は技術情報６５ページ）。

※２　毎年ツマジロクサヨトウによる被害が大きい地域では種子処理剤による予防的防除も検討する（表 VI-2-1）。種子処理剤を使用した際にも、要防除期間に被害があった場合には上記手順に従って殺虫剤（散布剤）による防除を実施する。

※３　減収による損失と防除にかかる費用の関係（費用対効果）については技術情報６７ページを参照する。

６．殺虫剤を利用した防除の注意点

・ツマジロクサヨトウの幼虫は植物体の芯の部分に潜るので（図Ⅵ-1-4）、散布による防除の実施にあたっては殺虫剤の薬液が幼虫に届くように植物体の真上から散布する（図Ⅵ-1-8）。

図Ⅵ-1-8　殺虫剤散布の様子（ブームスプレイヤー）
幼虫は抽出中の葉の中心部に潜り込んで加害するので、植物体の真上から中まで殺虫剤の薬液が届くように丁寧に散布

・ツマジロクサヨトウは齢が進むとともに摂食量が増加するため、老齢幼虫は葉に大きな食害痕を残す。また、老齢になると殺虫剤が効きにくくなることや、防除の時期が遅くなると蛹になり、幼虫を確認できないこともある。そのため、図Ⅵ-1-3 や図Ⅵ-1-4 で示したような初期の被害を見逃さずに防除を実施する。

・天敵による密度抑制を期待する場合には、防除に用いる殺虫剤は BT 水和剤を用いること
（→　天敵の詳細は「技術情報　３．天敵群集とその有効活用：７４ページ～」を参照）。

・殺虫剤の利用にあたってはラベルをよく読み、使用方法を順守する。また、本マニュアルは 2023 年 11 月現在の情報に基づいて執筆しているため、実際に使用する場合は、**その時点で使用可能な殺虫剤を必ず確認する**。

・殺虫剤について不明なことがある場合には、地域の病害虫防除所や普及指導センター等の関係機関に相談する。

Ⅵ-2 飼料用とうもろこし（青刈り）で使用できる殺虫剤

- 登録農薬（殺虫剤）は散布用が 3 剤、種子処理用が 1 剤（2023 年 12 月現在）
- 散布用 3 剤について室内試験し、いずれも殺虫効果が認められた。
- 殺虫効果は老齢（大きな幼虫）よりも若齢（小さな幼虫）で高い。
- 農薬の効果や使用方法を十分に理解し、適切に使用する。

1．ツマジロクサヨトウの防除に利用できる殺虫剤

・飼料用とうもろこしを加害するツマジロクサヨトウを防除するために使用できる殺虫剤は、有効成分と剤型（括弧内は使用方法）によって大きく分類すると

① カルタップ水溶剤（散布）

② BT 水和剤（散布）

③ クロラントラニリプロール水和剤（塗抹処理）

の 3 種類である。それぞれの殺虫剤の詳しい成分等を表Ⅵ-2-1 に示す。

＜注意＞殺虫剤は新規に登録されたり、登録から削除されたりするので、使用する時点で、**「飼料用とうもろこし」あるいは「飼料用とうもろこし（青刈り）」でツマジロクサヨトウに登録のある殺虫剤を必ず確認してから使用する。**

「飼料用とうもろこし（子実）」で登録されている殺虫剤については、青刈り用の飼料用とうもろこしでは使用できないので注意する。

表Ⅵ-2-1. 飼料用とうもろこし（青刈り）においてツマジロクサヨトウに登録のある殺虫剤

殺虫剤の種類	有効成分	系統名	使用方法	希釈倍数	総使用回数	10aあたり使用液量	使用時期	代表的な商品名
カルタップ水溶剤	カルタップ塩酸塩（75%）	ネライストキシン系	散布	1000～1500倍	２回以内	100～300L	収穫21日前まで	パダンSG水溶剤
Bt水和剤	クルスターキ系統（10%）	*Bacillus thuringiensis*と殺虫タンパク質生成物	散布	500倍	―	100～300L	発生初期、ただし収穫前日まで	デルフィン顆粒水和剤
Bt水和剤	アイザワイ系統とクルスターキ系統のハイブリッド型（10%）		散布	500～1000倍	―	100～300L	発生初期、ただし収穫前日まで	ジャックポット顆粒水和剤
クロラントラニリプロール水和剤	クロラントラニリプロール（50%）	ジアミド系	塗抹処理	1.5～2.5ml（乾燥種子1000粒当り原液）	1回	―	は種前	ルミビアＦＳ

本表は2025年1月現在の情報に基づいて作成している。

①カルタップ水溶剤
・ネライストキシン系殺虫剤は害虫の神経系に作用し、摂食を抑制して殺虫する。
・化学農薬のため、作付け期間を通して使用できる回数や収穫前までの期間に制限がある。
②BT 水和剤
・細菌の一種 *Bacillus thuringiensis* が産生するタンパク質などを利用した殺虫剤である。
・本剤は害虫に摂食されると、腸内のアルカリ性消化液で分解され毒素となり、腸内に障害を引き起こして害虫を死亡させる。
・生物農薬のため、作付け期間を通して使用回数に制限は無く、収穫前日まで使用できる。
・作物を加害した害虫にのみ殺虫効果を発揮するため、対象害虫以外への影響が少ない。
・ツマジロクサヨトウに適用のある BT 剤は、販売メーカーによって商品名は異なるが、基本的にクルスターキ系統の剤と、クルスターキ系統とアイザイワイ系統の性質を合わせ持つハイブリッド剤の 2 種類となる。
③クロラントラニリプロール水和剤
・昆虫のカルシウムチャネルの 1 種であるリアノジン受容体に作用し、筋肉を収縮させる。本剤を接種した昆虫は活動を停止し、死に至る。
・青刈り用の飼料用とうもろしに登録のあるクロラントラニリプロール水和剤は、種子への塗抹処理剤のみ（2023 年 12 月現在）であり、散布剤は使用できないので注意する。

2．室内試験による殺虫剤の殺虫効果

・殺虫剤を処理した飼料用とうもろこし葉をツマジロクサヨトウに与え殺虫効果を調査した。
・幼虫の成育ステージ 1～6 齢のうち、2 齢と 4 齢を試験した。
・試験した殺虫剤：パダン SG 水溶剤・デルフィン顆粒水和剤・ジャックポット顆粒水和剤
・2022 年の個体群における高い殺虫効果がみられた 2 齢の処理 7 日後（パダン SG 剤は 5 日後）の死亡率（概算値）は、パダン SG 水溶剤で最も高く 90%、デルフィン顆粒水和剤では約 70%、ジャックポット顆粒水和剤では約 60%となった（表Ⅵ-2-2）。詳細なデータは表 技-2-2、表 技-2-3 を参照。

表Ⅵ-2-2. ツマジロクサヨトウに対する殺虫剤の殺虫効果（死亡率）

殺虫剤の種類	有効成分	2齢*1	4齢*1
パダンSG水溶剤	カルタップ塩酸塩	約90%	約70%
デルフィン顆粒水和剤	クルスターキ系統	約70%	約50%
ジャックポット顆粒水和剤	アイザワイ系統と クルスターキ系統の ハイブリッド型	約60%	約30%

＊１：2022年に熊本県、宮崎県、鹿児島県で採集した個体群を、熊本県農業研究センター、宮崎県農業総合試験所、鹿児島県農業開発総合センターで実施した試験データの平均値。パダンSG水溶剤については2020年、2021年、Bt剤2剤については2021年に同様の試験を実施し、概ね同様の結果を得ている。

技術情報

1．飼料用とうもろこしの生育ステージ・作型と防除

（1）飼料用とうもろこしの生育ステージと作型

飼料用とうもろこしとは

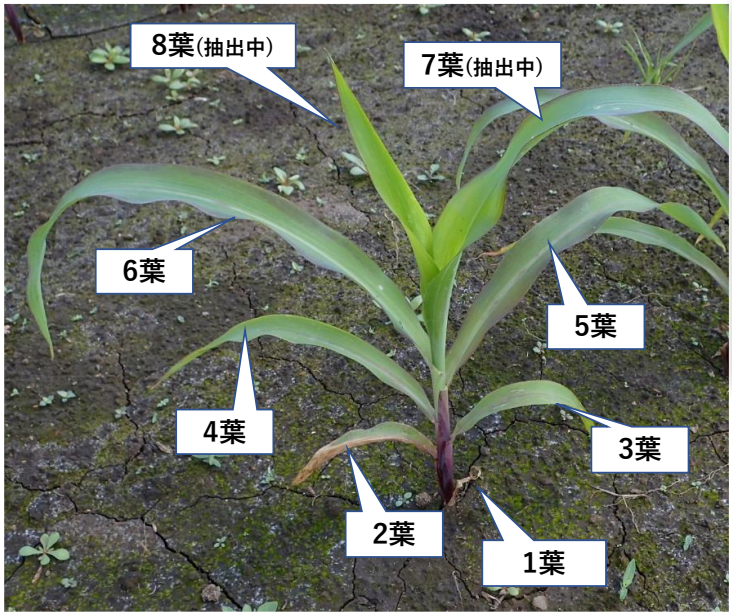
・飼料用とうもろこしは草丈が 2～3 m に達する長大型の作物である。

・本章は飼料用とうもろこしを対象とするもので、食用のとうもろこしは対象としていない。また、飼料用とうもろこしには子実のみを収穫し、家畜に給与する子実用とうもろこしなども含まれるが、ここでは茎葉と雌穂をともに収穫し、植物体全体をサイレージ調製した後、家畜飼料として利用する飼料用とうもろこし（青刈り）を対象に、農薬（以下、殺虫剤）による防除方法を紹介する。

飼料用とうもろこしの基本的な生育ステージと葉期の数え方

・飼料用とうもろこしの主な生育ステージは出芽期、節間伸長期、雄穂抽出期、絹糸抽出期、登熟期に分けられる。

・より詳細に生育時期を示す場合には、出芽期から雄穂抽出期までの間は、完全に展開した葉の数を数え、葉期を示す（図 技-1-1）。



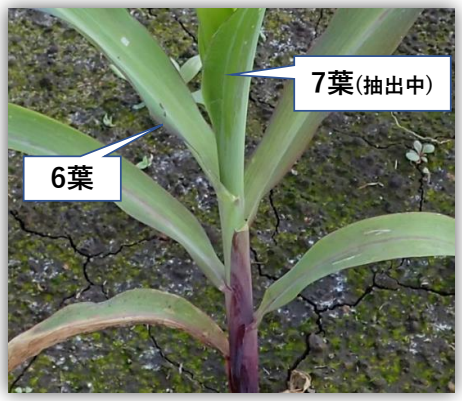


図 技 1-1.　とうもろこしの葉期の数え方
完全に展開した葉の枚数を数え、○葉期と記載する。上の図では 6 枚目の葉まで完全に展開していることから、6 葉期になる。

・登熟期は雌穂の生育の進展とともに、水熟期（または未乳熟期）、乳熟期、糊熟期、黄熟期および完熟期に分けられる（図技 1-2）。サイレージとして利用する場合には黄熟期を目安に収穫する。

本マニュアルでの生育ステージの分類

・ツマジロクサヨトウの防除に適した生育時期を示すにあたり、便宜的に出芽期から 5 葉期頃までを生育初期（草高 30 cm 程度まで）、5 葉期以降から 10 葉期頃までを生育前期（草高は約 1 m 以下）、10 葉期以降から絹糸抽出期までを生育中期（草高は約 1 m 以上）、および、絹糸抽出期以降、収穫期までを生育後期と記載する（マニュアル４９ページを参照）。

暖地での基本的な作型と防除対象とする作型

・暖地での飼料用とうもろこしの作型は、春播き（4 月播種）、晩播（5～6 月播種）、夏播き（7～8 月播種）および二期作（同一年に春播きと夏播きを行う作型）の 4 つがある（マニュアル４４ページを参照）。

・ツマジロクサヨトウの発生量は、春には少なく、夏にかけて増加していくため、夏播き（二期作の 2 作目を含む）で特に被害が発生しやすい。（ツマジロクサヨトウの国内での発生状況についてはマニュアル５～８ページを参照）

・本マニュアルでは夏播きを対象に防除に必要な情報を紹介する。

（２）飼料用とうもろこしにおけるツマジロクサヨトウの被害調査方法

・被害程度を数値化するため、茎葉および雌穂の被害程度を 5 段階に評価する被害スコアを作成している。茎葉を対象とする被害スコアを表 技-1-1 に示し、図 技-1-3～8 に評点ごとの写真を示す。

・雌穂を対象とする被害スコアを表 技-1-2 に示す。

・本マニュアルではここで示した被害スコアを用いて収量への影響を評価する。

（３）ツマジロクサヨトウによる加害の推移、収量への影響

飼料用とうもろこしへの加害の推移（マニュアル１～４ページを参照）

・ツマジロクサヨトウは主に飼料用とうもろこしの葉に産卵する。

・卵から孵化した幼虫は葉の表面を削り取るように加害し、加害された後は白い筋状に見える。

・その後、飼料用とうもろこしの芯の部分に潜り、未展開の葉や抽出前の雄穂を加害する。

・雄穂抽出後は雌穂に移動し、絹糸や雌穂を加害する。

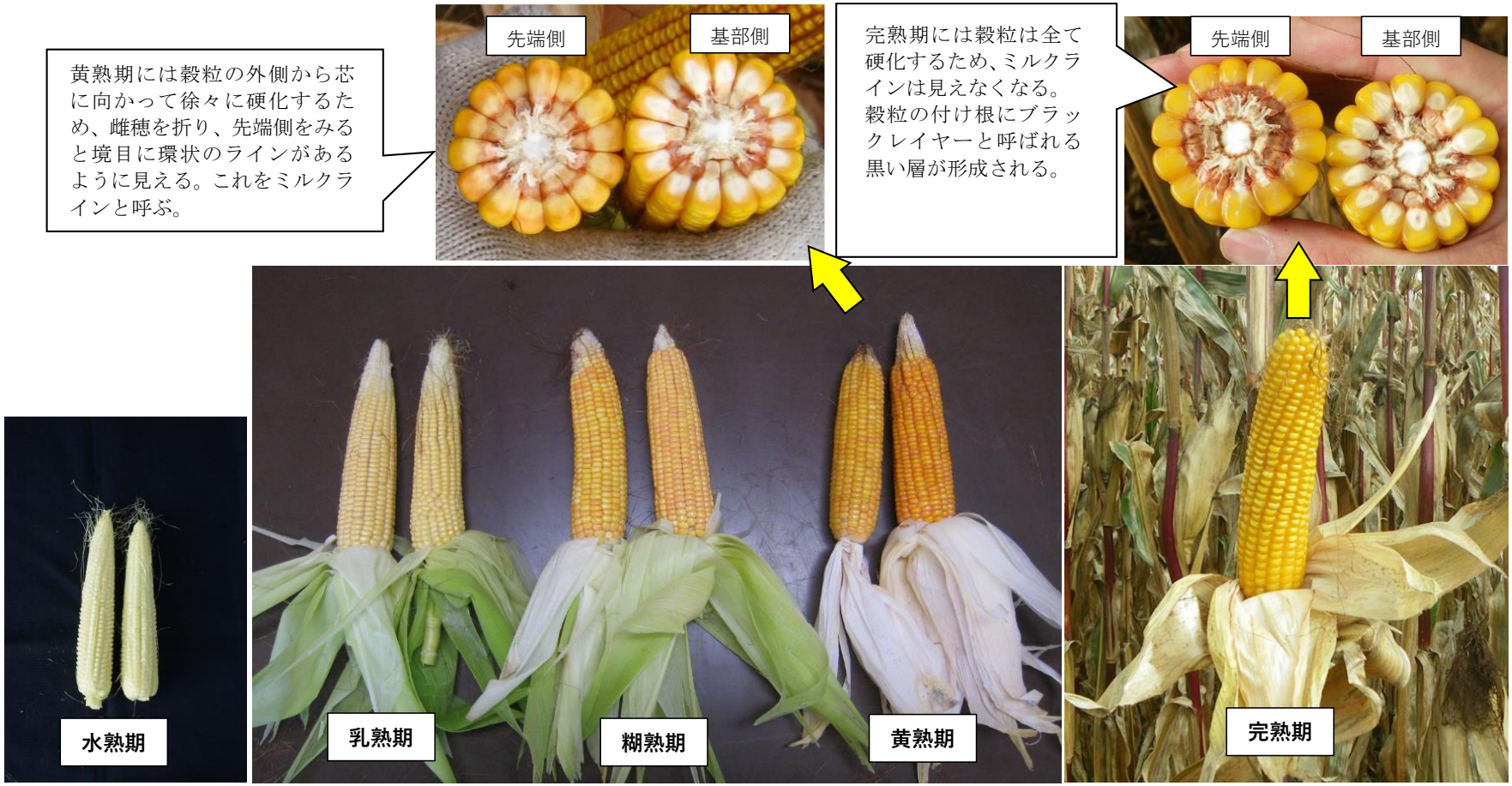


図 技-1-2.　雌穂の登熟過程

水熟期：未乳熟期とも呼ばれる。雌穂は他のステージと比べて小さく、色は白い。穀粒は全く充実していない。乳熟期：基部の穀粒はある程度成長しているが、先端の穀粒は基部と比べて小さい。穀粒を押しつぶすと乳状の汁が出る。糊熟期：穀粒は基部から先端まで成長している。押しつぶすと固形物と若干の乳状の汁が出る。黄熟期：穀粒を押しつぶしても乳状の汁は出ない。また、登熟が進むとともに穀粒の外側から芯に向かって硬質化したデンプンに変化する。雌穂の中央を折り、先端側を見ると環状のラインが外側から内側に降りていくように見える。このラインをミルクラインと呼ぶ。本時期はサイレージ用のとうもろこしの収穫適期となる。完熟期：穀粒は全て硬質化し、ミルクラインは見えなくなる。また、穀粒の付け根にブラックレイヤーと呼ばれる黒い層が形成される。子実用とうもろこしは本時期に収穫する。

表 技-1-1.　簡易化した被害スコア（茎葉を対象としたもの）

評点	被害の特徴	Davis and Wiliams (1992)のスコアに置き換えた場合
1	葉に加害跡がない、または、下位葉にピンホール状の加害跡がわずかにみられるのみである	1、2
2	ピンホール状の穴や、小さな円形の穴が複数の葉に観察される。または、抽出中の葉に加害跡がみられるが長さは 1.3 cm 以下のものが多い	3、4
3	長さ 2.5 cm 以上の加害痕を持つ葉が半数以上ある。抽出中の葉には中小の不定形の穴が見られるが、2.5 cm を上回る加害跡は少ない	5、6
4	ほとんどの上位葉に長さ 2.5 cm を大きく上回る加害痕が多数ある（評点 3 よりも多い）。抽出中の葉にも多数の不定形の穴が観察される	7、8
5	食害により抽出中の葉がほぼなくなる。あるいは植物体が枯死する	9

Davis and Wiliams (1992) の被害スコアについては「Prasanna ら編 (2018) Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management」P.59-60 より引用。

図 技-1-3.　被害スコア：評点 1
葉に加害跡がない、または、下位葉にピンホール状の加害跡（赤矢印）がわずかに見られるのみである。詳細は表 技-1-1。

図 技-1-4.　被害スコア：評点 2
ピンホール状の穴や、小さな円形の穴が複数の葉に観察される。または、抽出中の葉に加害跡が見られるが長さは 1.3 cm 以下のものが多い。詳細は表 技-1-1。

図 技-1-5.　被害スコア：評点 3
長さ 2.5 cm 以上の加害痕を持つ葉が半数以上ある。抽出中の葉には中小の不定形の穴が見られるが、2.5 cm を上回る加害跡は少ない。詳細は表 技-1-1。

図 技-1-6.　被害スコア：評点 4
ほとんどの上位葉に長さ 2.5 cm を大きく上回る加害痕が多数ある。評点 3 と比較し、抽出中の葉に多数の不定形の穴が観察される。詳細は表 技-1-1。

図 技-1-7.　被害スコア：評点 5
食害により抽出中の葉がほぼなくなる。あるいは植物体が枯死する。詳細は表 技-1-1。

図 技-1-8.　被害スコア：評点 1～5
図中の数字は評点を示したもの。詳細は表 技-1-1 を参照。

表 技-1-2.　簡易化した被害スコア（雌穂を対象としたもの）

評点	被害の特徴	Davis and Wiliams (1992)のスコアに置き換えた場合
1	被害なし	1
2	被害が全体の 10%未満	2、3
3	被害が全体の 35%未満	4、5
4	被害が全体の 60%未満	6、7
5	被害が全体の 60%以上	8、9

Davis and Wiliams (1992) の被害スコアについては「Prasanna ら編（2018）Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management」P.59-60 より引用。

収量への影響

・2021 年～2022 年にかけ、九州内の 4 地点（熊本県内 2 か所、宮崎県 1 か所、鹿児島県 1 か所）において、夏播きの飼料用とうもろこしを対象に殺虫剤の茎葉散布を複数回行い、ツマジロクサヨトウを防除した場合と、防除しなかった場合の乾物収量を比較した。その結果、防除しなかった場合、2021 年は平均で 8.5%（最大 14.9%、最小 0.0%）、2022 年は平均で 7.7%（最大 14.6%、最小 0.0%）の減収が認められた。

・試験地により減収率に差がみられた原因として、ツマジロクサヨトウの密度や加害を受けた時期などが影響していると考えられる。

・なお、ツマジロクサヨトウの密度や加害を受ける時期は栽培地の環境により異なるため、上述の減収率を上回る被害が発生する可能性もある。例年、被害が発生している場合には、殺虫剤による防除を行うことが望ましい。

加害時期と収量の関係

・生育時期別の被害スコアと減収率の相関関係を調べると、生育初期および収穫期の被害スコアと減収率の間には、一定の関係は認められない。これに対し、生育前期の被害スコアと減収率との間には両年ともに 0.5 程度の正の相関関係が認められており（表 技-1-3）、本時期の被害スコアを下げるように防除することで、被害を軽減することができる。

・ツマジロクサヨトウは植物体の芯の部分に潜り、未展開葉を加害する（図Ⅵ-1-4 およびⅣ-1-2）。また、老齢幼虫ほど摂食量が多いことや、加害の推移を詳細に調査した報告から（加藤ら 2022）、生育前期に大きな被害をもたらす幼虫は、生育初期に孵化したものが中心と考えられる。

・以上から、減収を防ぐために防除が必要な期間は生育初期から生育前期である（図 Ⅵ-1-7）。

表 技-1-3.　生育時期別の被害スコアと減収率の相関係数

試験年次	生育初期※1	生育前期※1	収穫期※2
2021	0.138	0.518	0.050
2022	-0.079	0.475	-0.265

※1：茎葉の被害スコアと減収率を対象としたもの。
※2：雌穂の被害スコアと減収率を対象としたもの。

（４）殺虫剤を利用した防除のポイント

飼料用とうもろこしに利用できる殺虫剤

・殺虫剤の使用にあたっては「飼料用とうもろこし」あるいは「飼料用とうもろこし（青刈り）」に登録のある殺虫剤を利用する。

・飼料用とうもろこしを対象に、ツマジロクサヨトウの防除に利用できる殺虫剤の例は表 Ⅳ-2-1 を参照する（2025 年 1 月現在の情報に基づいて作成）。

・殺虫剤は登録内容の変更や、改廃が行われることがあるため、使用にあたっては必ずその時点で使用可能なものを確認する。

殺虫剤の防除効果

・飼料用とうもろこし圃場において、自然発生したツマジロクサヨトウを対象に、表 技-1-4 に示すカルタップ剤および BT 剤 2 剤を用いて、防除効果を調査した。具体的には殺虫剤散布前後に飼料用とうもろこし圃場に発生したツマジロクサヨトウの数を調査し、その数値から、防除効果の指標値として補正密度指数※を算出した。

※補正密度指数＝（処理区の散布後密度/散布前密度）/（無防除区の散布後密度/散布前密度）×100
一般に値が少ないほど効果が高いと判断される。効果は以下の 4 段階に分類されて判定される。
A:効果は高い（10 以下）、B:効果はある（10-30）、C:効果は認められるがその程度はやや低い（30-50）、D:効果は低い（50 以上）。

・補正密度指数は殺虫剤散布 3 日後では A または B、殺虫剤散布 6 日後では B または C と、一定の防除効果が確認されており、表 技-1-4 に示す殺虫剤はいずれもツマジロクサヨトウに対して圃場での防除効果が認められる。

表 技−1-4.　補正密度指数※による防除効果の判定

成分名	系統	希釈倍率	補正密度指数※による判定	
			散布 3 日後	散布 6 日後
カルタップ水溶剤	ネライストキシン系	1000 倍	B	B
BT 水和剤	クルスターキ系	500 倍	A	B
BT 水和剤	アイザワイ系とクルスターキ系のハイブリッド型	500 倍	B	C

とうもろこし（4 葉期）を対象に実施。殺虫剤散布前後のツマジロクサヨトウの頭数を調査し、補正密度指数を算出した。

防除の概要について

・飼料用とうもろこしでの防除の概要を図 Ⅵ-1-7 に示した。生育初期から前期までが要防除期間となる。

・夏期は被害の広がりが早く、幼虫の成長も早いため、生育初期から前期にかけ、週に 1 回圃場を観察する。

・圃場内の数か所を観察し、生育初期および前期の茎葉の被害スコアが平均して 2 を超える場合や、超える可能性が高い場合には、速やかに防除を行う。

・被害スコアの算出にあたっては、被害が発生した場所だけを観察するのではなく、圃場内の平均的な被害状況を示す 3～5 か所、あるいは、ランダムに 3～5 か所、1 か所あたり 10 個体程度を観察し、被害スコアを記録する。

防除回数と収量の関係

・2021 年～2022 年にかけ、生育前期までの殺虫剤防除回数と、減収率の関係を調査し、図 技-1-9 に示した。2021 年は無防除区の減収率 8.5%に対し、生育前期までに防除を 1 回だけ行うと 5.3%に、2 回行うと 0.0%と低下した。また、2022 年は無防除区の減収率 7.7%に対し、生育前期までに防除を 1 回行うと 0.0%に、2 回行うと 0.7%と低下した。
・以上から生育前期までに 1～2 回防除を行うことで、ツマジロクサヨトウの被害を大幅に軽減できる。
・なお、ツマジロクサヨトウの密度が高く、加害が継続する場合には、生育前半のみの 1～2 回の防除では被害を防げない恐れがある。
・生育後半には飼料用とうもろこしの草高が高くなり、殺虫剤防除を行いにくくなることから、天敵を利用した生物的保全的防除を検討する。

（→天敵の詳細は「技術情報　３．天敵群集とその有効活用：７４ページ」を参照）

・生物的保全的防除を行う場合には、天敵への影響を避けるため、防除に用いる殺虫剤は BT 水和剤を利用することが望ましい。

減収による損失と防除にかかる費用との関係

・減収による損失と防除にかかる費用との関係を図 技-1-10 に示す。平均的な飼料用とうもろこしの収量が得られると想定した場合には、ツマジロクサヨトウの加害による減収率が 4%を上回る場合には 1 回、8%を超える場合には防除を 2 回行っても、防除費用を上回る効果が認められる。

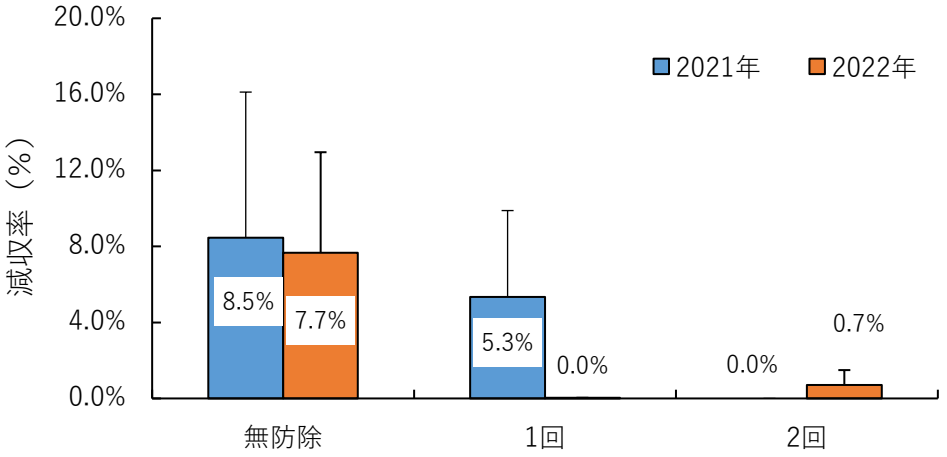


図 技-1-9.　生育前期までの防除回数と減収率

１）九州内４地点で実施した殺虫剤防除試験結果を平均したもの。詳細は以下の通り
２）各機関で飼料用とうもろこしを栽培し、殺虫剤防除を３回以上行う防除区と、防除を行わない無防除区を設け、収量調査を実施した。
３）機関ごとに殺虫剤散布回数の最も多い処理を基準収量として、以下の式で減収率を算出し、平均した。
減収率（%）＝　100%－(各処理の総乾物収量÷殺虫剤散布回数の最も多い処理の総乾物収量）　ただし、最小値は０とした。
４）使用した殺虫剤や、殺虫剤を複数回散布した場合の処理間隔は機関により異なる。また、同一防除回数の処理が複数ある場合にはその平均値を機関の代表値とした。
５）本図では播種後５週目までに殺虫剤を散布した処理を対象とした。
６）バーは標準偏差

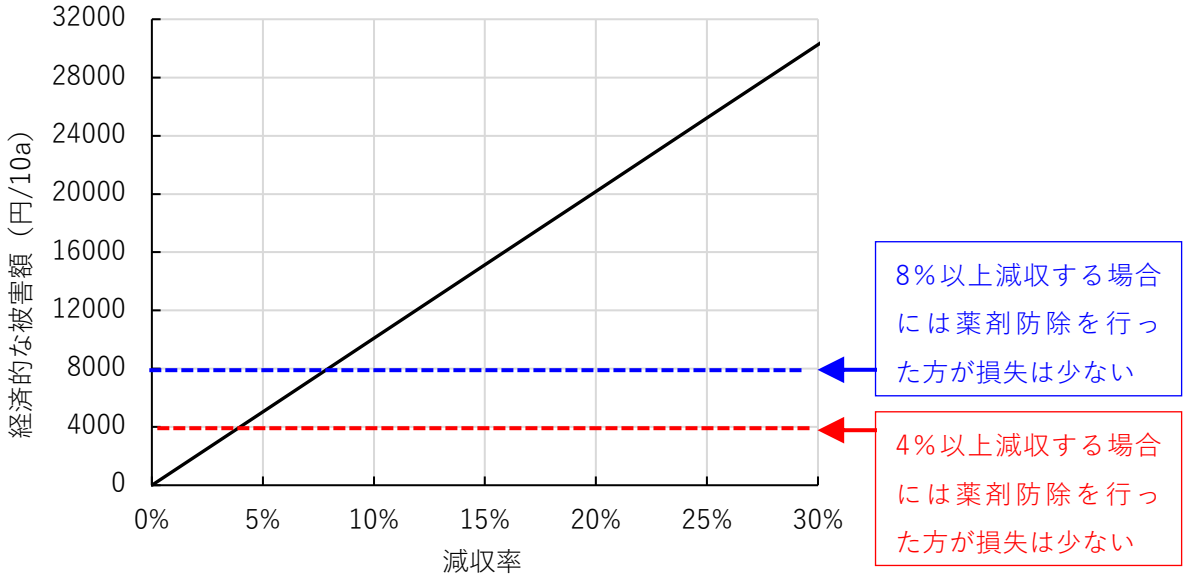


図 技-1-10.　減収に伴う経済的な被害額と殺虫剤防除費用の関係

１）飼料用とうもろこし収量の減少に対して、同等の栄養価を持つ輸入乾牧草を購入して補う場合の必要額を経済的な被害額として示す。※1

２）赤線は殺虫剤散布 1 回にかかる費用（4000 円/10a）を、青線は 2 回散布に必要な費用（8000 円/10a）を示す。※2

※1：青刈りとうもろこしの生草収量を 4400 kg/10a（農水省 R4 年作物統計、飼料作物の収穫量から九州各県の値を平均）、乾物率 27.1% 、TDN 含有率 70.5%とする（日本標準飼料成分表（2009）より引用）。輸入乾牧草の TDN1 kg あたりの価格を 120 円（農水省（2023）、令和 5 年 10 月「飼料をめぐる情勢」より）として試算を実施した（TDN は Total Digestible Nutrients の略で、家畜によって消化吸収される養分量を示す）。

※2：殺虫剤代 1500 円（カルタップ剤を利用し、1000 倍液を 200 L/10a 散布するとした）、散布費用 2500 円/10a とし、1 回あたりの殺虫剤散布費用を 4000 円/10a とした。

２．殺虫剤の室内試験における殺虫効果のデータと注意点

・2022 年の個体群におけるパダン SG 水溶剤・デルフィン顆粒水和剤・ジャックポット顆粒水和剤の殺虫効果の結果を図 技-2-1 に、2020 年～2022 年の個体群のパダン SG 水溶剤、2021 および 2022 年の個体群のデルフィン顆粒水和剤、ジャックポット顆粒水和剤における殺虫効果を図 技-2-2 に示した。

※各殺虫剤の殺虫効果（死亡率）は、殺虫剤を処理しない無処理区と殺虫剤処理区の生存率を計測し、Abbott（1925）の補正式［補正死虫率（%）＝｛(無処理区の生存率－処理区の生存率）／無処理区の生存率｝×100］で算出した。

※殺虫効果の試験は、それぞれ熊本県農業研究センター、宮崎県総合農業試験場、鹿児島県農業開発総合センター内において実施した。詳細は県別データ７２～７３ページを参照。

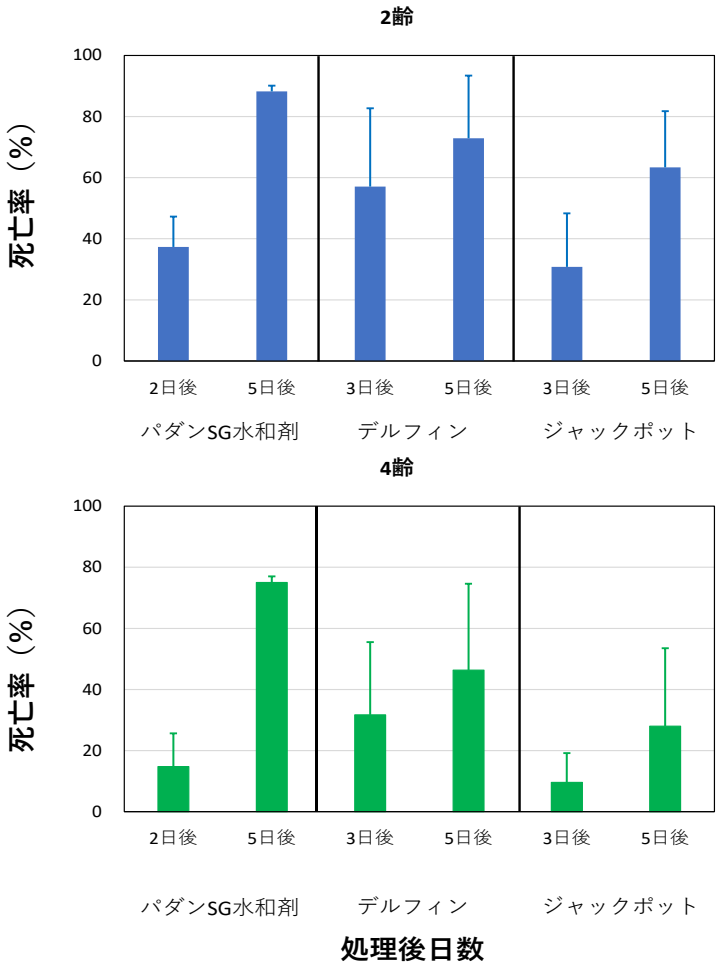


図 技-2-1. 2022 年採集ツマジロクサヨトウ個体群に対する殺虫剤の効果
3 個体群（熊本県、宮崎県、鹿児島県）のパダン SG 水溶剤、デルフィン顆粒水和剤、ジャックポット顆粒水和剤の平均値を示す。誤差線は標準誤差を示す。

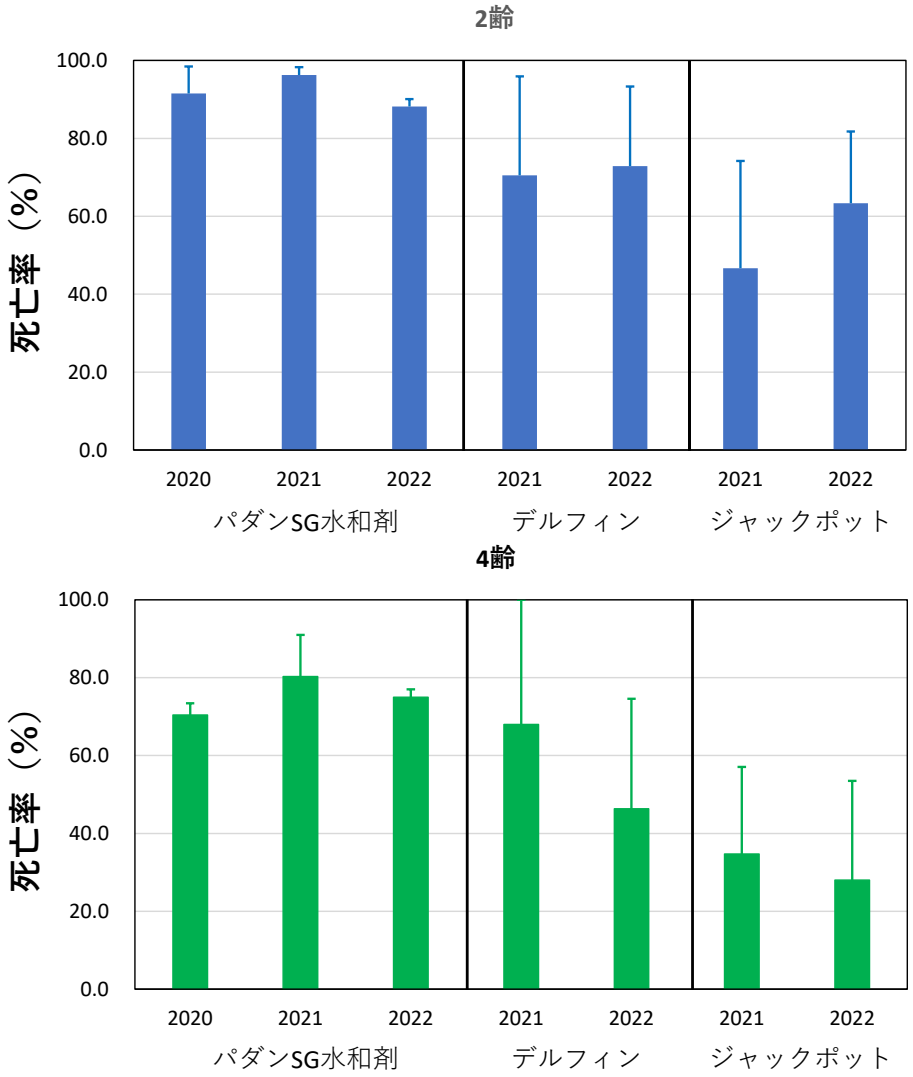


図 技-2-2.　2020 年～2022 年に採集したツマジロクサヨトウ個体群に対する殺虫剤の効果
3 個体群（熊本県、宮崎県、鹿児島県）の処理 5 日後（一部データは 7 日後）のパダン SG 水溶剤、デルフィン顆粒水和剤、ジャックポット顆粒水和剤の平均値を示す。誤差線は標準誤差を示す。

飛来源での抵抗性発達情報に注意

・ツマジロクサヨトウは日本の本土地域では越冬できないと考えられているが（マニュアル１０ページを参照）、毎年春から夏にかけて主に中国南部から飛来し（マニュアル１ページを参照）、秋の飼料用とうもろこしの収穫期まで、数世代増殖しながら被害をもたらす。

・中国南部などでは一年を通してとうもろこしが栽培されており、ツマジロクサヨトウの被害が大きい地域では防除のために殺虫剤が繰り返し散布されている。こうした地域で抵抗性を発達させたツマジロクサヨトウが日本へ飛来してくる可能性がある。

・2020 年～2022 年に採集した個体群で試験した 3 剤について、採集年や個体群ごとにばらつきがみられる剤もあるが、いずれも殺虫効果が認められた（図 技-2-2）。ただし、飛来してくる個体群について、殺虫剤抵抗性が発達していないかどうか、今後も継続して調査することが重要である。
・殺虫剤防除をする際には、都道府県病害虫防除所等から殺虫剤抵抗性発達の情報など、本種に関する技術情報が発表されていないか確認する。

その他の事項

・室内試験で有効な殺虫剤であっても、野外の飼料用とうもろこし圃場で使用する際には、散布方法や飼料用とうもろこしの生育状況、降雨、気温、天敵の有無など様々な要因が殺虫効果に影響を与える。
・次章では、本室内試験の結果を踏まえて、野外圃場で殺虫剤を散布した場合の防除効果を検証し、これらの結果に基づき開発した防除対策技術を説明する。

資料：県別データ

表 技-2-1. 2020 年採集九州個体群のパダン SG 水溶剤に対する殺虫効果

採集地	2 齢（%）		4 齢（%）	
	2 日後	5 日後	2 日後	5 日後
熊本県	28	83	25	74
宮崎県	100	100	58	91
鹿児島県	60	100	6	67

表 技-2-2. 2021 年採集九州個体群のツマジロクサヨトウ 2 齢（上）と 4 齢（下）に対する各種殺虫剤に対する殺虫効果

2 齢（%）						
採集地	パダン		デルフィン		ジャックポット	
	2 日後	5 日後	3 日後	7 日後	3 日後	7 日後
熊本県	82	100	92	100	7	8
宮崎県	42	96	83	92	62	100
鹿児島県	36	93	17	20	27	30

4 齢（%）						
採集地	パダン		デルフィン		ジャックポット	
	2 日後	5 日後	3 日後	7 日後	3 日後	7 日後
熊本県	63	78	92	100	0	18
宮崎県	71	100	79	100	29	79
鹿児島県	7	63	0	4	0	7

パダン：パダン SG 水溶剤、デルフィン：デルフィン顆粒水和剤、ジャックポット：ジャックポット顆粒水和剤を示す。

表 技-2-3. 2022 年採集九州個体群のツマジロクサヨトウ 2 齢（上）と 4 齢（下）に対する各種殺虫剤に対する殺虫効果

2 齢（%）						
採集地	パダン		デルフィン		ジャックポット	
	2 日後	5 日後	3 日後	7 日後	3 日後	7 日後
熊本県	30	85	82	95	28	48
宮崎県	25	92	83	92	62	100
鹿児島県	57	88	7	33	3	43

4 齢（%）						
採集地	パダン		デルフィン		ジャックポット	
	2 日後	5 日後	3 日後	7 日後	3 日後	7 日後
熊本県	36	73	12	35	0	5
宮崎県	8	79	79	100	29	79
鹿児島県	0	73	7	7	0	0

パダン：パダン SG 水溶剤、デルフィン：デルフィン顆粒水和剤、ジャックポット：ジャックポット顆粒水和剤を示す。

3　天敵群集とその有効活用

- 侵入害虫ツマジロクサヨトウに対して寄生性天敵、地上徘徊性捕食性天敵、微生物天敵などが死亡要因として働いている。
- 土着の天敵群集の働きを高める方法として、植生管理などを組み入れた保全的生物的防除の IPM 体系が注目されている。
- さまざまな有力天敵の存在や働きを知り、圃場での観察や調査に役立てることができる。さらに、持続可能な害虫管理体系技術の開発、確立に向けた取組を推進できる。

（1）はじめに

・化学農薬中心の防除では殺虫剤に対する抵抗性発達が深刻な問題であり、ツマジロクサヨトウでも各種殺虫剤に対して抵抗性の発達が報告されている（Yu 1991）。

・害虫管理では環境や対象外生物などへのリスクから、土着天敵の働きを強化する保全的生物的防除の重要性が指摘されている（Ashley 1986, Barbosa 1998, Gurr et al. 1998）。

・ここでは、ツマジロクサヨトウに対する土着天敵の働きを明らかにするとともに、植生を含めた生息場所管理を通じたツマジロクサヨトウの IPM 体系について紹介する。

（2）寄生性天敵（寄生バチ、寄生バエ）

・鹿児島県と宮崎県では土着のコマユバチ科とヒメバチ科の捕食寄生性天敵が確認された（図 技-3-1）。これらは土着のヤガ類やコナガなどの寄生蜂として知られている。

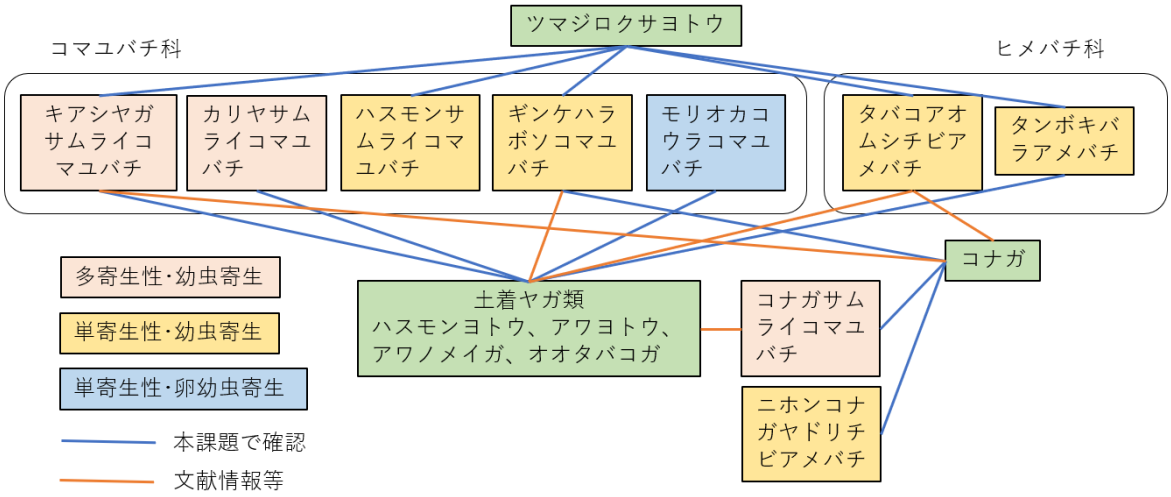


図 技-3-1　土着ヤガ類およびその他のチョウ目害虫と寄生性天敵群集

〇多寄生性：１つの寄主（幼虫）から複数の寄生性天敵が脱出・羽化するもの
〇単寄生性：１つの寄主（幼虫）から１匹の寄生性天敵が脱出・羽化するもの
◇幼虫寄生：寄主の幼虫に寄生性天敵の卵が産み付けられ、寄主の幼虫の中で成長するもの
◇卵幼虫寄生：寄主の卵に寄生性天敵の卵が産み付けられ、寄主の卵～幼虫の中で成長するもの

・鹿児島県内の調査では、春季で 30～50%、秋季では 10%の寄生率が認められている。圃場によっては秋季でも 30～40%になる場合もある。
・寄生バチの中で特に寄生率が高いのが単寄生性で幼虫に寄生するタバコアオムシチビアメバチ *Campoletis chlorideae* Uchida である（図 技-3-2）。
・宮崎県でも、春から秋を通じて最優占種はタバコアオムシチビアメバチであり、寄生率は 40%前後である。

図 技-3-2　タバコアオムシチビアメバチ

・鹿児島県，宮崎県ともに、秋季には単寄生性の幼虫寄生蜂ギンケハラボソコマユバチ *Meteorus pulchricornis* (Wesmael)（図 技-3-3）や多寄生性の幼虫寄生蜂キアシヤガサムライコマユバチ *Cotesia ruficrus* Haliday が寄生する（図 技-3-1）。

図 技-3-3　ギンケハラボソコマユバチ

・沖縄県では、単寄生性の幼虫寄生蜂ハスモンサムライコマユバチ *Microplitis manilae* Ashmead がほとんどで、寄生率は 15～29%であった。本種は熱帯および亜熱帯地域に分布し、我が国では沖縄県で *Spodoptera* 属のハスモンヨトウ *Spodoptera litura* (F)から記録されている。鹿児島県および宮崎県の調査では確認されなかったことから、九州南部と沖縄県では寄生性天敵相が大きく異なると考えられる。
・ツマジロクサヨトウ幼虫から脱出した寄生バチの中には特徴的な形態を有する種もいる。タバコアオムシチビアメバチの繭にはツマジロクサヨトウの頭部が付着している（図 技-3-4）。また、ギンケハラボソコマユバチの繭は長い糸で植物などに付着し、ぶら下がる（図 技-3-5）。

図 技-3-4　タバコアオムシチビアメバチの繭

図 技-3-5　ギンケハラボソコマユバチの繭

・寄生蜂の多くは 2～3 齢幼虫から得られ、室内実験でも老齢幼虫での寄生は非常に低かった。
・寄生蝿としてヤドリバエ科 3 種（*Exorista xanthaspis* や *Senometopia prima* や *Lydella thomsoni*）が記録され、5 齢幼虫などの老齢幼虫にも寄生していたが、野外での寄生率は非常に低かった。
・寄生性天敵が毎年飛来してくるツマジロクサヨトウのみを寄主として生活環を維持することは困難である。土着のチョウ目ヤガ類やその他の種を利用している寄生性天敵がツマジロクサヨトウに適応し、寄生していると考えられる。

（３）捕食性天敵

・地上徘徊性で地表面を歩き回りながら、他の生物を餌として捕食するゴミムシ類やハサミムシ類もツマジロクサヨトウの天敵として海外で注目されている（Molina-Ochoa et al. 2003）。いずれの天敵も夜行性であり、寄生性天敵と同様に圃場でその姿を直接目にする機会は少ないが、ツマジロクサヨトウ幼虫が加害している飼料用とうもろこし未展開葉や雌穂の芯の部分を開くと、ツマジロクサヨトウ幼虫を捕食しているゴミムシ類幼虫などを目にすることがある。

図 技-3-6　調査用落とし穴トラップ

【捕食性天敵の調査方法】
　落とし穴トラップを用いると地上徘徊性捕食者の調査ができる。トラップは、プラスチックコップをコップのふちが地表面と同じ高さになるように埋め込み、紙皿をさかさまにして割り箸などで固定し、雨よけとする（図 技-3-6）。手法の詳細は「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」を参照できる。

ゴミムシ類およびハサミムシ類の発生

・鹿児島県および宮崎県内では、春季にミイデラゴミムシ *Pheropsophus jessoensis* やナガヒョウタンゴミムシ *Scarites terricola pacificus* が多かった。その後、7 月～9 月はオオアトボシアオゴミムシ *Chlaenius micans*（図 技-3-7）やアトモンアオゴミムシ *Chlaenius bioculatus* などのアオゴミムシ類、9 月以降はセアカヒラタゴミムシ *Dolichus halensis* が多かった。また、個体数は多くないもののエゾカタビロオサムシ *Campalita chinense* 等の大型種の発生も認められた。

・アオゴミムシ類やセアカヒラタゴミムシ、エゾカタビロオサムシはチョウ目幼虫の天敵として知られており、特にアオゴミムシ類は幼虫が植物体上で生活するため、ツマジロクサヨトウ幼虫と遭遇して捕食する機会が多いと期待される。

・ハサミムシ類では、最も個体数が多かったのはオオハサミムシ *Labidura riparia* であり、春季から秋季まで畝間等の裸地で多く確認された。

図 技-3-7　オオアトボシアオゴミムシ成虫（左）、3 齢幼虫（中央）、とうもろこし株上でツマジロクサヨトウ若齢幼虫を捕食するオオアトボシアオゴミムシ幼虫（右）

ゴミムシ類の評価

・落とし穴トラップで捕獲されたゴミムシ類成虫の中腸内容物の DNA を調べることで、餌としてツマジロクサヨトウ幼虫を捕食した成虫の割合（捕食個体率）が分かる。また、室内での実験でゴミムシ類成虫が捕食したツマジロクサヨトウの幼虫数（被食数）を基に、ツマジロクサヨトウに対するゴミムシ類成虫の捕食圧を総合的に評価した（表 技-3-1）。

・飼料用とうもろこし株上で活動する習性をもつオオアトボシアオゴミムシは捕食個体率が高く、被食数も他の種を大きく上回った。アトモンアオゴミムシは、DNA 検出による捕食個体率は約 40%と最も高かったことから、ツマジロクサヨトウに対してこの 2 種の捕食圧が高いと考えられた。

・対照的に、春季に多く観察されるミイデラゴミムシでは、捕食個体率を調べた 98 頭の成虫でツマジロクサヨトウを捕食した個体は認められなかった。また、被食数を調べた試験でも日あたり被食数は約 1.5 頭と少なかったことから、ミイデラゴミムシはツマジロクサヨトウをほとんど捕食していないと考えられる。

・表 技-3-1 に示したその他のゴミムシ類では捕食の可能性はあるが、ツマジロクサヨトウに対する密度抑制機能は低いと考えられる。

表 技-3-1　ツマジロクサヨトウ幼虫（2～3 齢）に対する日当り捕食数と中腸内容物の DNA 解析での捕食個体率から見たゴミムシ類の捕食圧に関する総合評価

和名	学名	ツマジロクサヨトウに対する捕食圧
オオアトボシアオゴミムシ	*Chlaenius micans*	◎
アトモンアオゴミムシ	*Chlaenius bioculatus*	◎
キボシアオゴミムシ	*Chlaenius posticalis*	○
アトワアオゴミムシ	*Chlaenius virgulifer*	○
キベリアオゴミムシ	*Chlaenius circumductus*	○
ムラサキアオゴミムシ	*Myas coreanus*	○
セアカヒラタゴミムシ	*Dolichus halensis*	○
ミイデラゴミムシ	*Pheropsophus jessoensis*	△
ナガヒョウタンゴミムシ	*Scarites terricola pacificus*	○

捕食圧：◎高い＞○捕食可能性あり＞△低い

（4）微生物天敵

・2019 年の初確認以降 2022 年までに、鹿児島県および宮崎県で行った野外採集虫の死亡要因の調査で、緑きょう病、細菌性消化器病、微胞子虫などの微生物による死亡が認められた。

・それらのうち、主に秋季（9 月）の死亡要因として多くを占めたのが緑きょう病で、死亡率が 60%を超える圃場もあった。春夏期（6 月～8 月）にも緑きょう病の発生は認められたが、その割合は低く、20%を超えることは稀であった。

・緑きょう病は緑きょう病菌 *Metarhizium*（=*Nomuraea*）*rileyi* によって引き起こされる病気で、主にチョウ目昆虫に寄生するカビ（糸状菌）の病気である。ツマジロクサヨトウの幼虫がこのカビの胞子に触れると、胞子が体表に付着して、菌糸を体内に伸ばし 5～7 日で発病し、幼虫は死に至る。死亡直後の幼虫は体が硬くなることから、別名硬化病とも呼ばれる。その後 3～4 日で体表面が白いカビの菌糸で覆われ、さらに 1～2 日後には体の表面が緑色の粉状の胞子に覆われる（図 技-3-8）。この緑色の胞子に覆われた死亡虫が植物上に張り付いている姿が目立つため「緑殭（きょう）病」と呼ばれる（殭:ミイラを意味する漢字）。また、緑きょう病による死亡率と気象の関係を調べた結果、降雨量が多い場合に死亡率が高い傾向が認められた。

・緑きょう病はチョウ目ヤガ科では広範な種に寄生するといわれており、鹿児島県や宮崎県でも秋に多発生するハスモンヨトウでもこの病気がしばしば見られる。

・ハスモンヨトウから分離された緑きょう病菌株とツマジロクサヨトウから分離された菌株を、それぞれハスモンヨトウとツマジロクサヨトウへ接種（交差接種）したところ、両種

とも感染し、病原力は強く、菌株の間で大きな差はなかった（図 技-3-9）。両菌株の遺伝子の塩基配列を比較しても両者に違いが認められなかった。これらのことから、ツマジロクサヨトウの発生する飼料用とうもろこし圃場やその周辺でハスモンヨトウに緑きょう病が発生している場合には、飼料用とうもろこし上のツマジロクサヨトウにも緑きょう病が発生することが期待される。

図 技-3-8　緑きょう病発病したツマジロクサヨトウ
発病直後に硬化して死亡した幼虫（左）、白色菌糸で体表面を覆われた幼虫（中央）、緑色の胞子で体表面を覆われた幼虫（右）

図 技-3-9　緑きょう病菌株の病原性
ツマジロクサヨトウから分離した緑きょう病菌株とハスモンヨトウ由来の菌株は互いにツマジロクサヨトウにもハスモンヨトウにも高い病原性が認められた。

（５）保全的生物的防除

・施設栽培作物の害虫防除を目的として、大量増殖された市販の天敵を放飼する生物的防除（放飼増強法）が我が国の生産現場で普及しつつあるが、ツマジロクサヨトウのように露地栽培作物の害虫に対する生物的防除技術は未確立である。露地栽培作物においても、減農薬栽培や有機栽培を進めるためには、自然生態系に生息する土着天敵の働きを活用した保全的生物的防除が有効な手段となる。

・土着天敵の働きを活用することは、対象害虫の殺虫剤に対する抵抗性発達を回避、軽減する上でも有効と考えられていることから、保全的生物的防除を基盤とした総合的害虫管理体系（IPM）に取り組む必要がある。

・ここでは、飼料用とうもろこしで問題となっているツマジロクサヨトウに対する、土着天敵の保護・強化を狙った保全的生物的防除法について説明する。

土着天敵の保護・強化

・圃場内や圃場周辺の植生、植生豊かな圃場景観などが天敵などの有用生物の密度を高めることがこれまで多くの研究で報告されている（Barbosa 1998, Gurr et al. 1998, Harrison et al. 2019）。また、多くの天敵が花蜜を生存のためのエネルギー源として、また花粉を卵生産などの繁殖のための餌源としていることが明らかとなっている。

・飼料用とうもろこしにおいて、植生が貧弱な裸地圃場では、栽培初期の除草剤散布により地上徘徊性の捕食性天敵や寄生性天敵の発生が影響を受ける。このため、春作では前年 12 月にシロガラシを、また夏作ではクリムゾンクローバーやアカクローバーなどの緑肥作物を播種する、またソバなどの天敵温存植物を 2 週間間隔で播種することで、天敵に花粉や花蜜を提供し、天敵の働きを強化する。

・ここでは、緑肥作物として代表的なシロガラシ、クローバー類、天敵温存植物としてソバの飼料用とうもろこし圃場で取り組み可能な利用方法を説明する。ただし、これらの緑肥作物については、摂食すると家畜に有害な場合もあるため、飼料に混入しないように注意する。

シロガラシ

・アブラナ科の緑肥作物であるシロガラシは、これに発生するコナガなどのチョウ目幼虫に寄生する寄生性天敵群集を保護できる。発生する寄生性天敵群集の中にはツマジロクサヨトウ幼虫に寄生するコマユバチ類もいるため、春作にツマジロクサヨトウが発生した場合に、寄生蜂類の働きを引き出すことができる。

処理方法：飼料用とうもろこしの栽培を予定している圃場の側縁部 1～2 m 幅にシロガラシを暖地であれば 12 月、3 月に播種する。播種量は 10 a 当り 1～3 kg。

クローバー類（クリムソンクローバー、アカクローバーなど）

・緑肥作物として植栽したクローバー類を圃場内や側縁部に残すと、ツマジロクサヨトウ幼虫を捕食するアオゴミムシ亜科をはじめとするゴミムシ類が維持され（図 技-3-10）、ツマジロクサヨトウによる被害株率を半分程度に減らすことができる（図 技-3-11）。

処理方法：5 月にクローバーを圃場全体に播種し、7 月梅雨明け後にクローバーの植栽を圃場内や側縁部に残して、飼料用とうもろこし播種用に畝を耕起し、飼料用とうもろこしを播種する。

ソバ

・ソバは天敵の働きを強化するために海外で広く利用されている作物である。ツマジロクサヨトウの幼虫寄生蜂ギンケハラボソコマユバチをモデルにした室内実験でも生存日数が大幅に延長され、産卵数も多くなることが明らかとなっている。また、ソバは捕食性天敵にも有効であり、ゴミムシ類の個体数が増加する（図 技-3-12）。ソバを植栽した圃場では被害株率の大幅な低下（約 40%→10%）が認められた（図 技-3-13）。

処理方法：圃場全面に 7 月播種し、8 月に圃場側縁部に幅 3 m のソバ植生を残して、飼料用とうもろこし播種用に畝部分を耕起する。

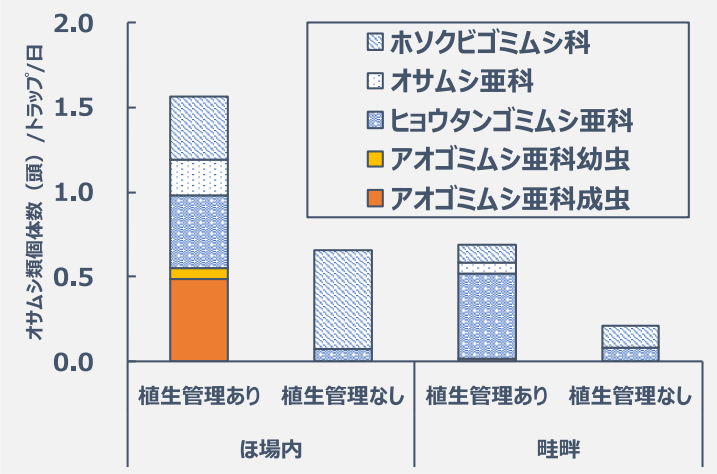


図 技-3-10　畦畔にクリムゾンクローバーを処理したとうもろこし圃場におけるゴミムシ類とオサムシ類のトラップ捕獲数

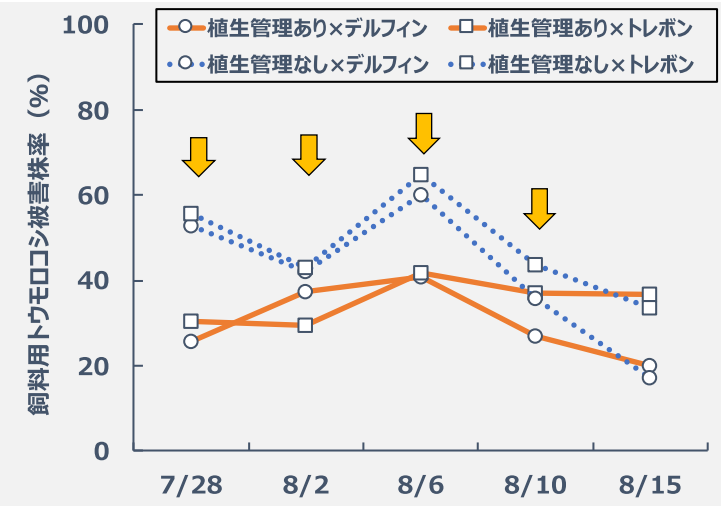


図 技-3-11　植生管理（クリムゾンクローバー）の有無が飼料用とうもろこしの被害株率に与える影響
デルフィン（顆粒水和剤）は BT 剤、トレボン（フロアブル）はピレスロイド系殺虫剤。植生管理あり区で被害株率が低く推移した。（※トレボンは 2025 年 1 月現在、飼料用とうもろこし（青刈り）未登録）

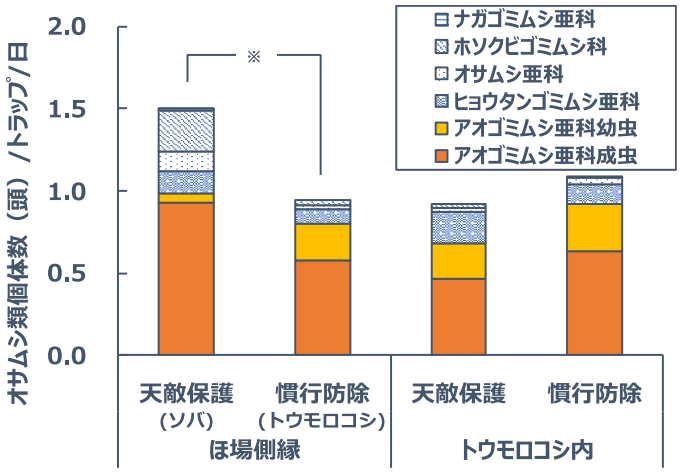


図 技-3-12　ソバの植栽がとうもろこし圃場におけるゴミムシ類とオサムシ類のトラップ捕獲数に与える影響

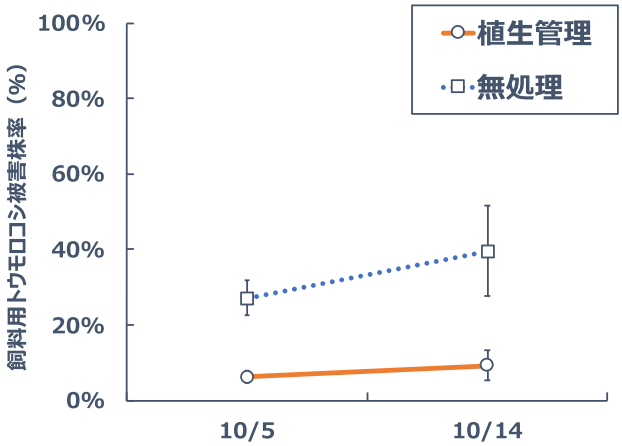


図 技-3-13　植生管理（ソバ）の有無がとうもろこしの被害株率に与える影響

文献リスト

Ⅰ-1　東アジアにおける侵入と現在の発生状況

Hidaka N, Sanada-Morimura S, Akiduki G, Oyadomari T, Higa S, Kinjo K, Ikenoue Y, Shin KC, Tayasu I, Otuka A (2024) Analysis of the occurrence of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in the winter season on the southwestern islands of Japan using the insect's strontium radiogenic isotope ratio ($^{87}Sr/^{86}Sr$). Journal of Applied Entomology 148: 632–642.

松村正哉、大塚彰、吉松慎一 (2019) ツマジロクサヨトウの中国における分布拡大と日本への侵入警戒. 植物防疫 73: 434–438.

Montezano DG, Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt TE (2018) Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. African Entomology 26: 286–300.

農林水産省消費・安全局植物防疫課、横浜植物防疫所 (2024) 「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル本編（第 3 版）. https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-12.pdf（2024 年 5 月 29 日参照）

大塚彰 (2022) ツマジロクサヨトウの日本への侵入と初飛来の解析. 農研機構技報 11: 34–37.

Otuka, A (2023) Prediction of the overseas migration of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to Japan. Insects 14: 804.

Wu MF, Qi GJ, Chen H, Ma J, Liu J, Jiang YY, Lee GS, Otuka A, Hu G (2021) Overseas immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), invading Korea and Japan in 2019. Insect Science 29: 505–520.

Yang XM, Song YF, Sun XX, Shen XJ, Wu QL, Zhang HW, Zhang DD, Zhao SY, Liang GM, Wu KM (2021) Population occurrence of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), in the winter season of China. Journal of Integrative Agriculture 20: 772–782.

Ⅰ-2　作物への加害性

Altaf N, Idrees A, Ullah MI, Arshad M, Afzal A, Afzal M, Rizwan M, Li J (2022) Biotic potential induced by different host plants in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Insects 13: 921.

CABI (2019) Crop Protection Compendium. Data sheet on *Spodoptera frugiperda*. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.29810#REF-DDB-181136（2023 年 1 月 6 日参照）

Chen Y, Chen D, Yang M, Liu J (2022) The effect of temperatures and hosts on the life cycle of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Insects 13: 211.

Cokola MC, Ndjadi SS, Bisimwa EB, Ahoton LE, Francis F (2021) First report of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on onion (*Allium cepa* L.) in South Kivu, Eastern DR Congo. Revista Brasileira de Entomologia 65: e20200083.

Fernandes F, Diniz JFS, Alves FM, Silva LOD (2012) Injury and spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in onion *Allium cepa* (Alliaceae) in Alto Paranaíba Ninas Gerais, Brazil. Entomological News 122: 257–260.

Firake DM, Behere GT (2020) Bioecological attributes and physiological indices of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) infesting ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) plants in India. Crop Protection 137: 105233.

Heo JW, Kim SB, Kim DS (2022) Effects of intergenerational host plant alterations on developmental parameters of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Asia-Pacific Entomology 25: 101945.

Herlinda S, Simbolon IPM, Hasbi, Suwandi S, Suparman (2022) Host plant species of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in South Sumatra. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 995: 012034.

Huang Q, Qin J, Huang X, Zhong Y, Li C, Wu B, Huang S, Huang F, Ling Y, Long L (2022) Feeding preference and growth adaptability of *Spodoptera frugiperda* on different sugarcane varieties and *Rottboellia cochinchinensis*. Journal of South China Agricultural University 43: 29–34.

Matti PV, Patil SB (2019) Life cycle of an invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on sugarcane. Journal of Experimental Zoology India 22: 1185–1187.

Montezano DG, Specht A, Sosa-Gomez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt TE (2018) Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. African Entomology 26: 286–300.

Murata M, Iida H, Akiduki G, Mitsunaga T (2023) An efficient rearing method for the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, under crowded conditions. JARQ 57: 123–130.

村田未果，飯田博之，田中彩友美，水谷信夫（2023）イネ科作物の国内栽培品種で飼育したツマジロクサヨトウの発育の比較．関東東山病害虫研究会報 70: 71–74.

Silva DM, Bueno AF, Andrade K, Stecca CS, Neves PMOJ, Oliveira MCN (2017) Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. Scientia Agricola 74: 18–31.

Sotelo-Cardona P, Chuang W-P, Lin M-Y, Chiang M-Y, Ramasamy S (2021) Oviposition preference not necessarily predicts offspring performance in the fall armyworm,

Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) on vegetable crops. Scientific Reports 11: 15885.

Tanaka S, Mizutani N, Murata M (2024) The development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on 8 major crops in Japan and its oviposition preference for maize and soybean. Journal of Economic Entomology 117: 899–906.

Wang W, He P, Zhang Y, Liu T, Jing X, Zhang S (2020) The population growth of *Spodoptera frugiperda* on six cash crop species and implications for its occurrence and damage potential in China. Insects 11: 639.

Wijerathna DMIJ, Ranaweera PH, Perera RNN, Dissanayake MLMCD, Kumara JBDAP (2021) Biology and feeding preferences of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on maize and selected vegetable crops. The Journal of Agricultural Sciences-Sri Lanka 16: 126–134.

Wu LH, Zhou C, Long GY, Yang XB, Wei ZY, Liao YJ, Yang H, Hu CX (2021) Fitness of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* to three solanaceous vegetables. Journal of Integrative Agriculture 20: 755–763.

Ⅰ-3　越冬する可能性のある地域

Keosentse O, Mutamiswa R, Plessis HD, Nyamukondiwa C (2021) Developmental stage variation in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) low temperature tolerance: implications for overwintering. Austral Entomology 60: 400–410.

Matsukura K, Izumi Y, Kumashiro S, Matsumura M (2014) Cold tolerance of the maize orange leafhopper, *Cicadulina bipunctata*. Journal of Insect Physiology 67: 114–119.

Matsukura K, Tanaka Y (submitted) Cumulative damage by indirect chilling injury restricts the distribution range of insects originated from tropical region.

Ramirez-Cabral NYZ, Kumar L, Shabani F (2017) Future climate scenarios project a decrease in risk of fall armyworm outbreaks. Journal of Agricultural Science 155: 1219–1238.

Tanaka Y, Matsukura K (2023) Quantitative effects of temperature and exposure duration on the occurrence and repair of indirect chilling injury in the fall armyworm *Spodoptera frugiper*da. Insects 14: 356.

Wang R, Jiang C, Guo X, Chen D, You C, Zhang Y, Wang M, Li Q (2020) Potential distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in China and the major factors influencing distribution. Global Ecology and Conservation 21: e00865.

Yoshida K, Wada T, Matsukura K, Shiba T (2022) Potential overwintering areas of the alien apple snail, *Pomacea canaliculate*, in Japan at its northern distribution limit. Aquatic Invasions 17: 402–414.

Ⅱ　フェロモントラップによるモニタリング

Fleischer SJ, Harding CL, Blom BE, White J, Grehan J (2005) *Spodoptera frugiperda* pheromone lures to avoid nontarget captures of *Leucania phragmatidicola*. Journal of Economic Entomology 98: 66–71.

Groot AT, Unbehend M, Hänniger S, Juárez ML, Kost S, Heckel DG (2016) Evolution of reproductive isolation of *Spodoptera frugiperda*. Pheromone Communication in Moths (ed. JD Allison & RT Cardé), p.291–300. University of California Press, Oakland, CA, USA.

Groot AT, Marr M, Schöfl G, Lorenz S, Svatos A, Heckel DG (2008) Host strain specific sex pheromone variation in *Spodoptera frugiperda*. Frontiers in Zoology 5: 20.

本郷智明 (2009) フェロモン等合成化学物質による発生予察法. 植物防疫 63: 784–791.

Jactel H, Bonifacio L, van Halder I, Vétillard F, Robinet C, David G (2019) A novel, easy method for estimating pheromone trap attraction range: application to the pine sawyer beetle *Monochamus galloprovincialis*. Agricultural and Forest Entomology 21: 8–14.

Meagher RL Jr, Agboka K, Tounou AK, Koffi D, Agbevohia KA, Amouze TR, Adjévi KM, Nagoshi RN (2019) Comparison of pheromone trap design and lures for *Spodoptera frugiperda* in Togo and genetic characterization of moths caught. Entomologia Experimentalis et Applicata 167: 507–516.

中村和雄 (1976) 鱗翅目昆虫の性フェロモンの拡散と雄成虫の誘引. 植物防疫 30: 417–420.

Prasanna BM, Huesing J, Peschke VM, Eddy R (ed.) (2021) Fall armyworm in Asia: a guide for integrated pest management, First edition. CIMMYT, 187 pp. https://repository.cimmyt.org/handle/10883/19204（2024 年 5 月 29 日参照）

Tabata J, Nakano R, Yasui H, Nakamura K, Takehara K, Matsuda H, Ikenoue Y, Kusuhata Y, Kinjo K, Nakama K, Tsuha Y, Ishikawa Y (2023) Sex pheromone of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: identification of a trace component that enhances attractiveness and specificity. Entomologia Experimentalis et Applicata 171: 535-541.

Takahashi S, Kawaradani M, Sato Y, Sakai M (1980) The components of the female sex pheromone of the lorey leafworm, *Leucania loreyi* Duponchel. Applied Entomology and Zoology 15: 499–501.

Tumlinson JH, Mitchell ER, Teal PEA, Heath RR, Mengelkoch LJ (1986) Sex pheromone of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Journal of Chemical Ecology 12: 1909–1926.

Unbehend M, Hänniger S, Meagher RL, Heckel DG, Groot AT (2013) Pheromonal divergence between two strains of *Spodoptera frugiperda*. Journal of Chemical Ecology 39: 364–376.

Wakamura S, Arakaki N, Yoshimatsu S (2020) Sex pheromone of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) of a “Far East” population from Okinawa, Japan. Applied Entomology and Zoology 56: 19–25.

Wall C, Perry JN (1987) Range of action of moth sex-attractant sources. Entomologia Experimentalis et Applicata 44: 5–14.
吉松慎一，綿引大祐，田端純 (2022) ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引されたチョウ目．植物防疫 70: 445–449.

Ⅲ　形態に基づいた同定法

広渡俊哉，那須義次，坂巻祥孝，岸田泰則（編）（2013）日本産蛾類標準図鑑 III.学研プラス，東京, 359 pp.
岸田泰則（編）（2011）日本産蛾類標準図鑑 II. 学研プラス，東京, 416 pp.
日本応用動物昆虫学会 (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑　(増補改訂版). 日本応用動物昆虫学会，東京, 387 pp.
農林水産省消費・安全局植物防疫課、横浜植物防疫所 (2024) 「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル本編（第 3 版）.
https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-12.pdf
（2024 年 5 月 29 日参照）
横浜植物防疫所（2021）ツマジロクサヨトウ及びとうもろこしでみられる主なチョウ目幼虫の各齢期における主な特徴並びに識別法.
https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-159.pdf （2024 年 5 月 29 日参照）
吉松慎一，綿引大祐，田端純 (2022) ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引されたチョウ目昆虫．植物防疫 70: 445–449.

Ⅳ　LAMP 法による同定法

Notomi T, Okayama H, Masubuchi H, Yonekawa T, Watanabe K, Amino N, Hase T (2000) Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Research 28: e63.

Ⅴ 飛来予測システム

Otuka, A (2023) Prediction of the overseas migration of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to Japan. Insects 14: 804.

Ⅵ-１　飼料用とうもろこし（青刈り）での被害と防除のポイント

加藤直樹，真田幸代，林征幸，山田明央，服部育男，金子真，松岡誠 (2022) 2020 年の飼料用トウモロコシ夏播き栽培で確認されたツマジロクサヨトウ (*Spodoptera frugiperda*) による加害状況と収量への影響．日本草地学会誌 68: 125–129.
農林水産省（2022）飼料をめぐる情勢（データ版）（令和 6 年 7 月），農林水産省，東京.
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/（2024 年 8 月 1 日参照）

Prasanna BM, Huesing JE, Eddy R, Peschke VM (ed.) (2018) Fall armyworm in Africa: A guide for integrated pest management, First edition. CIMMYT, 187 pp. https://repository.cimmyt.org/handle/10883/19204（2024 年 5 月 29 日参照）

技術情報-２　殺虫剤薬剤の室内試験における殺虫効果のデータと注意点

Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 265–267.

技術情報-３　天敵群集とその有効活用

Ashley TR (1986) Geographical distributions and parasitization levels for parasitoids of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. Florida Entomologist 69: 516–524.

Barbosa P (1998) Conservation Biological Control. Academic Press, San Diego, California, 396 pp.

Gurr GM, van Emden H, Wratten SD (1998) Habitat manipulation and natural enemy efficiency: Implications for the control of pests. In Conservation Biological Control. (Ed. P. Barbosa) Academic Press, San Diego, California, p155–183.

Harrison RD, Thierfelder C, Baudron F, Chinwada P, Midega C, Schaffner U, Van Den Berg J (2019) Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. Journal of Environmental Management 243: 318–330.

Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Heinrichs EA, Foster JE (2003) Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: An inventory. Florida Entomologist 86: 254–289.

Yu SJ (1991) Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Pesticide Biochemistry and Physiology 39: 84–91.

免責事項

本マニュアルは、発行時点での情報に基づいて作成しております。これを利用することにより生じたあらゆる損害等については一切責任を負いません。

本資料は、「私的使用」または「引用」など著作権法上認められた場合を除き、無断で転載、複製、放送、販売などの利用をすることはできません。内容に関するお問い合わせは、下記のお問い合わせフォームにお願いします。

〇本マニュアルに関するお問い合わせ（農研機構メールフォーム）:
https://www.naro.go.jp/inquiry/index.html

上記のお問い合わせフォームの「技術についてのお問い合わせ」からお問い合わせください。※「お問い合わせ内容」欄に、本マニュアル名を含めてお問い合わせ内容をご記入ください。

2025 年 1 月 28 日　発行

発行者　イノベ事業 02027C コンソーシアム
代表機関　国立研究開発法人農業･食品産業技術総合研究機構
共同機関　熊本県農業研究センター、宮崎県総合農業試験場、宮崎県畜産試験場、鹿児島県農業開発総合センター、沖縄県病害虫防除技術センター、国立大学法人宮崎大学、国立大学法人鹿児島大学、国立大学法人新潟大学、学校法人常翔学園摂南大学、大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境学研究所、一般社団法人日本植物防疫協会
発行者住所　熊本県合志市須屋２４２１　農研機構植物防疫研究部門（代表機関）
課題担当　大塚 彰、園田 亮一、真田 幸代、秋月 岳、日高　直哉、矢代　敏久、藤井 智久、水谷 信夫、田中 彩友美、加藤 直樹、林 征幸、安居 拓恵、田端 純、中野 亮、釘宮 聡一、村田 未果、飯田 博之、吉松 慎一、中谷 至伸、松倉 啓一郎、田中 良明（農研機構）; 戸田 世嗣、春山　靖成、江口　武志、岡島　大貴、樋口 聡志、中村 桂介、吉永 英樹（熊本農研セ）; 後藤 弘、竹原 剛史、下大園 佳由、椎葉 駿輔、黒木 修一、松浦 明（宮崎農試）; 黒木 邦彦、井上　優子、廣津　美和（宮崎畜試）; 池之上 祐紀、楠畑 勇祐、松田 浩、柿元 一樹、福田 健、西 八束、西岡 一也、山口 卓宏（鹿児島農総セ）; 金城 邦夫、金城 吉治、宮城 早苗、比嘉 真太、津波 優子、楠本 みさき、上里 卓巳、島谷 真幸、田場 秀卓、親泊 貴志（沖縄病害虫防技セ）大野 和朗、安達 鉄矢、石垣 元気（宮崎大）; 坂巻 祥孝、津田 勝男（鹿児島大）; 綿引 大祐（新潟大）; 石川 幸男（摂南大）; 陀安　一郎、申 基澈

（地球研）; 曽根 信三郎（日植防）

協力機関　神戸大学、愛媛大学、九州大学、南京農業大学、河南省農業科学院、広東省農業科学院

編集　大塚彰、水谷信夫、秋月岳、真田幸代