

課題3. 「施設栽培で問題となるアザミウマ類の自動判別手法の開発」

(1) 高知県農業技術センター

担当機関・部署	高知県農業技術センター生産環境課昆虫担当
担当者	下八川裕司・田村悠

1. 背景および目的

施設野菜で問題となっているアザミウマ類は、発生初期に発生種に応じた防除対策を行うことが重要であるが、アザミウマ類は微小であるため熟練者でなければ種の同定は難しく、調査にかかる労力が大きい。高知県農業技術センターと農研機構農業情報研究センターが開発した画像診断アプリケーションは、粘着トラップに捕虫された主要なアザミウマ類5種を迅速に判別、計数することができることから、経験の浅い職員でも容易に調査をすることが可能で、作業時間が短縮できる技術として生産現場から期待されている。令和6年度に精度検証を実施した結果、発生するアザミウマの種構成の季節変化や、体色の変化が診断精度に大きな影響を与えることが確認された。そこで、令和6年度に精度検証を実施できなかった期間（春季、夏季）および地域（中山間部）において精度検証を行うとともに、粘着トラップの設置期間、保存期間・保存方法が診断精度に与える影響を検証する。また、画像診断アプリケーションを使用する際の作業手順や留意点を取りまとめた手順書を作成する。

2. 方法

(1) ほ場での診断精度の検証

2025年5月から12月に、高知県内の施設栽培ほ場2か所(甘長トウガラシ、グロリオサ)において、施設内および施設周辺の野外に粘着トラップを設置した(施設内:合計44枚(甘長トウガラシ24枚、グロリオサ20枚)、野外:合計22枚(甘長トウガラシ12枚、グロリオサ10枚)。トラップは概ね3週間間隔で交換し、回収したトラップは食品保存用ラップに包んで持ち帰り、捕殺されたアザミウマ類について片面ごとに実体顕微鏡を用いた目視診断および診断アプリを用いた自動診断(閾値0.5、以下同じ)で計数した。目視診断および自動診断の結果から、学習済みアザミウマごとに目視診断の結果を基準とした場合の見逃し数、誤検出数および絶対誤差を算出した。

(2) 粘着トラップの設置期間、保存期間が診断精度に与える影響の検証

施設ほ場内に粘着トラップ(3枚×3反復)を設置し、それぞれ14日後、28日後、42日後に回収して実体顕微鏡を用いた目視診断および診断アプリを用いた自動診断で計数し、目視で学習済みアザミウマと診断された対象を自動診断で正しく解答できる割合を算出

した。また、回収した粘着トラップを室温(約25℃)および低温(5℃)でそれぞれ保存し、回収14日後、28日後、42日後に診断アプリを用いた自動診断で計数し、経時的な変化を調査した。

(3) アザミウマ画像診断システム利用手順書の作成

作業手順や留意点等をまとめた利用手順書を作成する。

3. 結果

(1) ほ場での診断精度の検証

目視診断と自動診断で計数された学習済みアザミウマの総数を種別に比較すると、施設内ではミカン、ネギ、ミナミ、チャノキが、野外ではすべての種において、自動診断の方が多く、誤検出をすることが確認された(図1, 2)。

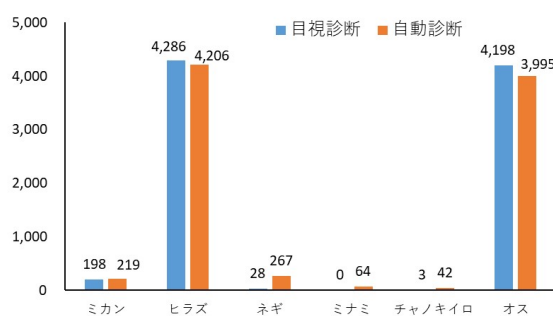


図1 施設内に設置したトラップの診断結果

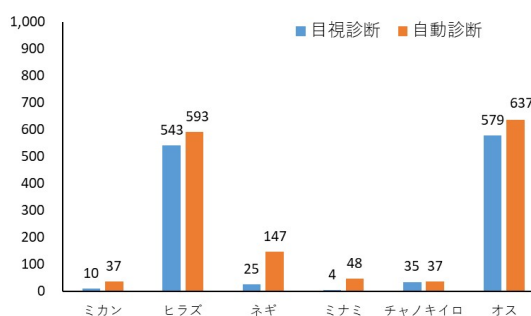


図2 野外に設置したトラップの診断結果

1) ミカンキイロ

目視診断では208頭(施設内198頭、野外10頭)、自動診断では256頭(施設内219頭、野外37頭)が計数された。トラップ1面あたりの絶対誤差は施設内で0.6頭、野外で0.7頭であった(表1)。ミカンキイロと誤検出された対象は、ヒラズハナが29頭(45.3%)、AIに学習させていないアザミウマ類であるビワハナアザミウマ(以下、ビワハナ(未学習))が17頭(26.6%)、同じくAIに学習させていないアザミウマ類であるハナアザミウマ(以下、ハナ(未学習))が5頭(7.8%)などであった(表2)。また、ミカンキイロを他の学習済みアザミウマと誤解答した割合は4.3%であった(表3)。

表1 ミカンキイロの診断結果比較

場所	目視診断 頭数	自動診断			
		頭数	見逃し	誤検出	絶対誤差
施設内	2.25	2.49	0.18	0.42	0.60
野外	0.23	0.84	0.05	0.66	0.70

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表2 ミカンキイロと誤検出した割合

誤検出した対象	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
ヒラズハナ	25	4	29	45.3
ビワハナ (未学習)	3	14	17	26.6
ハナ (未学習)	2	3	5	7.8
オス	1	0	1	1.6
コナジラミ類	1	0	1	1.6
その他の合計	5	6	11	17.2
総計	37	27	64	100

表3 ミカンキイロを誤解答した割合

誤解答した内訳	頭数	割合 (%)
ヒラズ	1	0.5
ネギ	4	1.9
ミナミキイロ	4	1.9
チャノキイロ	0	0
オス	0	0
合計	9	4.3

注) 目視診断による付着総数は208頭

2) ヒラズハナ

目視診断では4,829頭(施設内4,286頭、野外543頭)、自動診断では4,799頭(施設内4,206頭、野外593頭)が計数された。トラップ1面あたりの絶対誤差は施設内で2.68頭、野外で3.23頭であった(表4)。ヒラズハナと誤検出された対象は、ハナ(未学習)が74頭(52.1%)、AIに学習させていないアザミウマ類であるデンドロアザミウマ亜科と思われるアザミウマ類(未同定、以下、デンドロ(未学習))が35頭(24.6%)、ビワハナ(未学習)が3頭(2.1%)などであった(表5)。また、ヒラズハナを他の学習済みアザミウマと誤解答した割合は4.8%であった(表6)。

表4 ヒラズハナの診断結果比較

場所	目視診断 頭数	自動診断			
		頭数	見逃し	誤検出	絶対誤差
施設内	48.70	47.80	1.80	0.89	2.68
野外	12.34	13.48	1.05	2.18	3.23

注) 数値はトラップ1面あたりの数値

表5 ヒラズハナと誤検出した割合

誤検出した対象	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
ハナ (未学習)	49	25	74	52.1
デンドロ (未学習)	5	30	35	24.6
ビワハナ (未学習)	1	2	3	2.1
ミカンキイロ	1	0	1	0.7
ネギ	0	1	1	0.7
その他の合計	3	25	28	19.7
総計	59	83	142	100

表6 ヒラズハナを誤解答した割合

誤解答した内訳	頭数	割合 (%)
ミカンキイロ	29	0.6
ネギ	183	3.8
ミナミキイロ	20	0.4
チャノキイロ	2	0.04
オス	0	0
合計	234	4.8

注) 目視診断による付着総数は4,829頭

3) ネギ

目視診断では53頭(施設内28頭、野外25頭)、自動診断では414頭(施設内267頭、野外147頭)が計数された。トラップ1面あたりの絶対誤差は施設内で2.72頭、野外で2.91頭であった(表7)。ネギと誤検出された対象は、ヒラズハナが183頭(51.1%)、ハナ(未学習)が66頭(18.4%)、オスが23頭(6.4%)などであった(表8)。また、ネギを他の学習済みアザミウマと誤解答した割合は3.8%であった(表9)。

表7 ネギの診断結果比較

場所	目視診断 頭数	自動診断			
		頭数	見逃し	誤検出	絶対誤差
施設内	0.32	3.03	0	2.72	2.72
野外	0.57	3.34	0.07	2.84	2.91

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表8 ネギと誤検出した割合

誤検出した対象	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
ヒラズハナ	141	42	183	51.1
ハナ(未学習)	49	17	66	18.4
オス	20	3	23	6.4
ビワハナ(未学習)	4	10	14	3.9
デンドロ(未学習)	1	12	13	3.6
ミカンキイロ	4	0	4	1.1
その他の合計	17	38	55	15.4
総計	236	122	358	100

表9 ネギを誤解答した割合

誤解答した内訳	頭数	割合 (%)
ミカンキイロ	0	0
ヒラズハナ	1	1.9
ミナミキイロ	0	0
チャノキイロ	0	0
オス	1	1.9
合計	2	3.8

注)目視診断による付着総数は53頭

4) ミナミキイロ

目視診断では4頭(施設内0頭、野外4頭)、自動診断では112頭(施設内64頭、野外48頭)が計数された。トラップ1面あたりの絶対誤差は施設内で0.73頭、野外で1.05頭であった(表10)。ミナミキイロと誤検出された対象は、オスが46頭(45.5%)、ヒラズハナが20頭(19.8%)、ビワハナ(未学習)が10頭(9.9%)などであった(表11)。また、ミナミキイロを他の学習済みアザミウマと誤解答した割合は0%であった(表12)。

表10 ミナミキイロの診断結果比較

場所	目視診断 頭数	自動診断			
		頭数	見逃し	誤検出	絶対誤差
施設内	0	0.73	0.00	0.73	0.73
野外	0.09	1.09	0.02	1.02	1.05

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表 11 ミナミキイロと誤検出した割合

誤検出した対象	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
オス	46	0	46	45.5
ヒラズハナ	6	14	20	19.8
ビワハナ (未学習)	1	9	10	9.9
ミカンキイロ	4	0	4	4.0
ハナ (未学習)	1	0	1	1.0
その他の合計	4	16	20	19.8
総計	62	39	101	100

表 12 ミナミキイロを誤解答した割合

誤解答した内訳	頭数	割合 (%)
ミカンキイロ	0	0
ヒラズハナ	0	0
ネギ	0	0
チャノキイロ	0	0
オス	0	0
合計	0	0

注) 目視診断による付着総数は4頭

5) チャノキイロ

目視診断では38頭(施設内3頭、野外35頭)、自動診断では79頭(施設内42頭、野外37頭)が計数された。トラップ1面あたりの絶対誤差は施設内で0.49頭、野外で0.50頭であった(表13)。チャノキイロと誤検出された対象は、オスが39頭(73.6%)、ヒラズハナが2頭(3.8%)、ビワハナ(未学習)が2頭(3.8%)などであった(表14)。また、チャノキイロを他の学習済みアザミウマと誤解答した割合は13.2%であった(表15)

表 13 チャノキイロの診断結果比較

場所	目視診断 頭数	自動診断			
		頭数	見逃し	誤検出	絶対誤差
施設内	0.03	0.48	0.02	0.47	0.49
野外	0.80	0.84	0.23	0.27	0.50

注) 数値はトラップ1面あたりの数値

表 14 チャノキイロと誤検出した割合

誤検出した対象	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
オス	38	1	39	73.6
ヒラズハナ	1	1	2	3.8
ビワハナ (未学習)	0	2	2	3.8
コナジラミ類	1	0	1	1.9
その他の合計	1	8	9	17.0
総計	41	12	53	100

表 15 チャノキイロを誤解答した内訳

誤解答した内訳	頭数	割合 (%)
ミカンキイロ	0	0
ヒラズハナ	0	0
ネギ	0	0
ミナミキイロ	0	0
オス	5	13.2
合計	5	13.2

注) 目視診断による付着総数は38頭

6) オス

目視診断では4,777頭(施設内4,198頭、野外579頭)、自動診断では4,632頭(施設内3,995頭、野外637頭)が計数された。トラップ1面あたりの絶対誤差は施設内で2.83頭、野外で2.41頭であった(表16)。オスと誤検出された対象は、コナジラミ類が11頭(12.8%)、チャノキイロが5頭(5.8%)、ネギが1頭(1.2%)などであった(表17)。また、オスを他の学習済みアザミウマと誤解答した割合は2.3%であった(表18)

表 16 オスの診断結果比較

場所	目視診断	自動診断			
	頭数	頭数	見逃し	誤検出	絶対誤差
施設内	47.70	45.40	2.57	0.26	2.83
野外	13.16	14.48	0.55	1.86	2.41

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表 17 オスと誤検出した対象

誤検出した対象	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
コナジラミ類	8	3	11	12.8
チャノキ	0	5	5	5.8
ネギ	1	0	1	1.2
ハナ (未学習)	0	1	1	1.2
ビワハナ (未学習)	0	1	1	1.2
その他の合計	10	57	67	77.9
総計	19	67	86	100

表 18 オスを誤検出した内訳

誤解答した内訳	頭数	割合 (%)
ミカンキイロ	1	0.02
ヒラズハナ	0	0
ネギ	23	0.5
ミナミキイロ	46	1.0
チャノキイロ	39	0.8
合計	109	2.3

注) 目視診断による付着総数は4,777頭

7) 誤検出する割合が高いアザミウマ類

自動診断において学習済みアザミウマと誤検出する確率が高く、かつトラップに捕殺された数が多かった3種のアザミウマについて、誤検出した内訳を集計した。誤検出率、誤検出数ともに最大であったハナ (未学習) は、付着していた153頭のうち147頭(96.1%)を誤検出し、ビワハナ (未学習) は61頭のうち48頭(78.7%)、デンドロ (未学習) は107頭のうち46頭(43.0%)を誤検出した(図19~21)。誤検出する割合や内訳は令和6年度の精度検証と同じ傾向であった。

表 19 ハナ(未学習)を誤検出した割合

誤検出した内訳	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
ミカンキイロ	2	3	5	3.3
ヒラズハナ	49	25	74	48.4
ネギ	49	17	66	43.1
ミナミキイロ	1	0	1	0.7
チャノキイロ	0	0	0	0.0
オス	0	1	1	0.7
合計	101	46	147	96.1

注)目視診断による付着総数は153頭

表 20 ビワハナ(未学習)を誤検出した割合

誤検出した内訳	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
ミカンキイロ	3	14	17	27.9
ヒラズハナ	0	2	2	3.3
ネギ	4	10	14	23.0
ミナミキイロ	1	9	10	16.4
チャノキイロ	0	2	2	3.3
オス	0	3	3	4.9
合計	8	40	48	78.7

注)目視診断による付着総数は61頭

表 21 デンドロ(未学習)を誤検出した割合

誤検出した内訳	誤検出数			割合 (%)
	施設内	野外	合計	
ミカンキイロ	0	0	0	0
ヒラズハナ	5	30	35	32.7
ネギ	1	10	11	10.3
ミナミキイロ	0	0	0	0
チャノキイロ	0	0	0	0
オス	0	0	0	0
合計	6	40	46	43.0

注)目視診断による付着総数は107頭

(2) 粘着トラップの設置期間、保存期間が診断精度に与える影響の検証

1) 設置期間が診断精度に与える影響

目視で学習済みアザミウマと診断した対象を自動診断で正しく解答できた割合は設置期間の影響を受けなかった(図2)。また、目視診断の際にも付着したアザミウマ類の劣化等は確認されなかった。

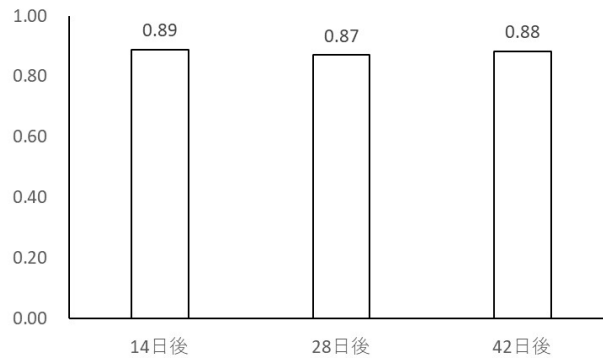


図2 設置期間別の診断精度

2) 保存期間が診断精度に与える影響

診断精度は保存方法や保存期間の影響を受けなかった(図3)。

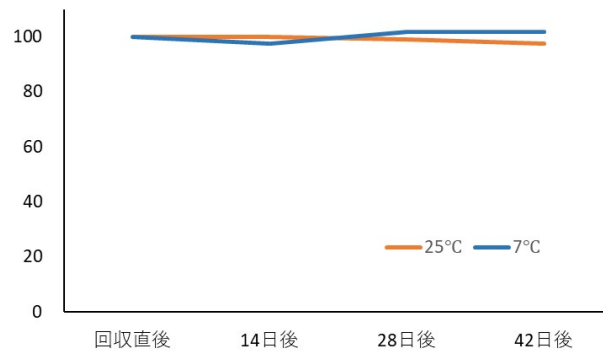


図3 保存方法別の自動診断頭数の推移
注) 数値は回収直後の頭数を100とした場合の相対値

(3) 作業手順書の作成

作業手順書を作成中である。診断用ソフトや学習済みパラメータの利用申請および許諾方法について検討中。

4. 考察

(1) 診断精度

診断精度に大きな影響を与えたのは誤検出であった。誤検出した対象のうち数が多かったのは、AIに学習させていない3種類のアザミウマ(ハナアザミウマ、ビワハナアザミウマ、デンドロアザミウマ亜科と思われるアザミウマ)で、主にネギやヒラズハナと誤回答された。この結果は令和6年度に平野部の冬春作型の施設野菜で実施した検証と同様であった。

見逃しについては確認されたものの、その内容は学習済みアザミウマを他の学習済みアザミウマと誤回答することに伴う見逃しが多く、トラップに付着した学習済みアザミ

ウマを計数しないケースは少なかったが、粘着トラップを食品保存用ラップで包むさいに発生するシワや気泡などが虫体と重なると診断されないことが確認されたため、回収の際のラッピングを丁寧に行うことが必要だと考えられる。

(2) 設置期間、保存期間が診断精度に与える影響

設置期間42日の粘着トラップについても、設置期間14日のものと同程度に診断することができたため、発生予察事業の調査頻度（概ね1か月）で使用する場合には、実用的に問題ないと考えられる。また、保存期間についても常温(25℃)で42日間の保存は診断精度に影響しなかったため、回収したトラップを一定期間保存後に、集中的に診断することで作業の省力化を図れると考えられる。ただし、過去の事例では、散水や薬剤散布等でトラップに水滴がついている状態でラッピングし保存すると、異臭の発生や付着したハエ目など大型の昆虫の腐敗が確認されているため、低温での保存が望ましいと考えられる。

5. 今後の課題

(1) 追加学習による精度向上

誤検出する対象の絞り込みは実施できたため、それらの画像データを用いて追加学習を実施し、診断精度の向上を図る必要がある。

(2) 発生予察事業での植物体見取り調査との比較

現状の植物体（葉、花など）を見取りで調査する方法と粘着トラップを用いた調査方法の比較を行う必要がある。

(3) 診断システムの利用許諾方法の検討

6. 要約

アザミウマ類を自動判別する画像診断アプリケーションについて、高知県内の施設栽培ほ場2か所(甘長トウガラシおよびグロリオサ)において診断精度と診断所要時間の検証を実施した。診断精度については、AIに学習させていないアザミウマ類（ハナアザミウマ、ビワハナアザミウマなど）が精度を低下させる要因であり、これは令和6年度に実施したナスやキュウリなどの果菜類と同じ傾向であった。診断に使用する粘着トラップは回収後1か月程度の常温保存が可能であった。誤検出する対象のデータを追加学習し診断精度を高めることで、より実用性の高いものになると考えられる。

7. 成果の公表および特許

なし