

令和7年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 3102-335351 （経常（各部）研究）

1. 研究課題名と成果の要約

- 1) 研究成果名：花ゆりの栄養障害簡易判別技術の開発
(研究課題名：花ゆりの栄養障害簡易診断手法の開発)
- 2) キーワード：花ゆり、微量元素、ビジュアル資料、AI、画像
- 3) 成果の要約：花ゆりの栄養障害の特徴を明らかにし、スミ症は鉄や亜鉛の過剰、まだら症はマンガン過剰や鉄欠乏、下位葉の葉先枯れ症状はホウ素過剰によることを確認した。また、画像分類モデル作成のためにスキャナによる画像取得方法を設定した。取得した画像を学習した試作モデルは正答率 66.8%となり、画像の有効性を確認した。

2. 研究機関名

- 1) 代表試験場・所属・担当者：花・野菜技術センター・研究部・生産技術グループ・主査 長田 亨
- 2) 分担試験場（協力試験場）：
- 3) 共同研究機関（協力機関）：

3. 研究期間：令和5～7年度（2023～2025年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

花ゆりの生産現場ではスミ症やまだら症といった栄養障害に起因するとされる症状がたびたび発生し、その対策が重要課題となっている。栄養障害の原因を特定するには土壌や作物の化学分析が必要であり、それには多大な時間と労力を要する。

2) 研究の目的

生産現場における花ゆりの栄養障害の簡易・迅速な診断および初動調査に資するため、微量元素の過剰・欠乏症の症状を体系的に整理したビジュアル資料を作成するとともに、AIによる栄養障害の画像分類手法を開発する。

5. 研究内容

1) 微量元素の過剰および欠乏に伴う栄養障害のビジュアル資料作成（R5～7年度）

- ・ねらい：微量元素の欠乏および過剰によって障害症状の特徴を明らかにするとともに、それらを体系的に整理したビジュアル資料を作成する。
- ・試験項目等：〔供試品種〕オリエンタル系「シベリア」、「クリスタルブランカ」、「オバダ」、「セブ」、〔試験場所〕花・野菜技術センター内ガラス温室、〔栽培様式〕人工培地（ロックウール、親水性ウレタン）を使用した養液栽培（培養液組成を制御）、〔試験処理〕微量元素（Fe, Mn, Cu, Zn, B）の過剰（対象要素濃度 30～6000 倍）および欠乏処理（対象要素を欠如）、比較として一部多量要素（P, K, Ca, Mg）の欠乏処理、〔調査項目等〕作物体養分濃度、外観症状観察、画像撮影、ビジュアル資料作成

2) AIによる栄養障害の画像分類手法の開発（R5～7年度）

- ・ねらい：栄養障害に起因する葉身の外観症状から原因要素を予測する画像分類手法を開発する。
- ・試験項目等：〔供試試料〕1) の処理別に葉身を定期的に採取、〔画像分類モデル作成〕Neural Network Console (AI モデル開発ソフトウェア)、〔検討項目等〕画像取得方法の検討、試作モデルの精度評価

6. 研究成果

- 1) ① 鉄過剰処理では、重症の場合には出蕾前から下位葉先の葉脈間に斑点状のクロロシスを呈し、やがて葉先端が黒褐変したのちに壊死した。一方、軽症の場合には開花頃に下位葉先が黒変するスミ症を発症した。マンガン過剰処理では、出蕾前に上位葉が淡くなり、やがて上位葉に葉脈の濃緑色を残してクロロシスを呈するまだら症を発症した。銅過剰処理では、生育抑制に伴って全体が淡緑色化した。亜鉛過剰処理では全体がやや淡緑色化したのちに開花期頃から下位葉先が黒変するスミ症を発症した。ホウ素過剰処理では、下位葉先に生じた褐変がやがて壊死し、全葉や花蕾に症状が進行した（図1, 表1）。
② 鉄欠乏処理では、出蕾前から上位葉が淡くなり、やがて葉脈の濃緑色を残してクロロシスを呈するまだら症を発症した。ホウ素欠乏処理では、開花頃から上位葉が葉脈にそって内側に巻き込む症状や、重症の場合には花蕾の部分的壊死、奇形化が観察された。マンガン、銅、亜鉛の欠乏処理では明瞭な外観症状は確認されなかった（図1, 表1）。
③ 微量元素以外について、カルシウム欠乏処理では展開直後の上中位葉に部分的なかすり状の白斑が生じ、重症の場合には、白斑部が褐変して縮れたのちに葉の枯死や茎部に曲がりや挫折症状、花蕾の壊死が発症した。マグネシウム欠乏処理では、開花頃に葉身の部分的な黄化症状が中下位葉から発症しはじめ、やがて全葉に進行した（表1）。
なお、いずれの症状も品種による強弱はあるが、その特徴に大きな差はなかった。
- 2) ① 画像分類モデル学習用の画像取得方法を次のように設定した。採取した葉を葉脈が長辺方向と平行になるようにクリアファイル中央に挟み、卓上スキャナ（JPG 形式、サイズ：826×1169、解像度：100dpi、色深度：24 ビット）で葉表面画像を取得する（葉先がファイル上端および下端向きになるように1枚の葉につき2方向の画像を取得）。
② モデル構造 ResNet-34 を使用し、令和5-6年度試験の画像1750枚を用いて類似する症状別に5区分するモデルを試作した。試作モデルは令和7年度試験の評価用画像394枚に対し正答率が66.8%となり、画像の有効性を確認した（表2）。ただし、試作モデルは症状が明瞭なy2区分の精度が高かったが、他の区分に対する精度が劣っていた。特に学習用画像に含まれていない品種「セブ」に対して誤答が多く、モデルの実用化には品種や栽培条件など、より多様な画像を学習させる必要性が示唆された。

< 具体的なデータ >

表 1 花ゆりの栄養障害に伴う外観症状の特徴

区分	要素		葉身			花蕾・他
			葉位	時期	症状	症状
微量 要素 過剰	鉄	重症	下位葉 →全葉	出蕾前	下位葉先の葉脈間に斑点状のクロロシス→全葉に症状進行、下位葉先は黒褐変したのち部分的壊死	生育抑制、 花蕾先が黒褐変
		軽症	中下位葉	開花期頃	下位葉先に黒変症状（スミ症）	－
	マンガン		上位葉	出蕾前	上位葉が葉脈の濃緑色を残しクロロシス（まだら症）、葉脈にそって内側に軽度の巻き込み、開花期頃の葉縁に部分的壊死症状	花蕾先が褐変、 奇形花
	銅		全葉	出蕾期頃	生育抑制に伴う全体の淡緑色化	生育抑制
	亜鉛		中下位葉	開花期頃	全体がやや淡緑色化、下位葉先に黒変症状（スミ症）	花蕾に部分的褐変
	ホウ素		下位葉 →全葉	出蕾前	下位葉先が褐変したのち壊死→全葉に症状進行	花蕾先が壊死、 開花不良
微量 要素 欠乏	鉄		上位葉	出蕾期頃	上位葉が葉脈の濃緑色を残しクロロシス（まだら症）、葉脈に沿って内側に軽度の巻き込み	－
	ホウ素		上位葉	開花期頃	上位葉がやや淡緑化し葉脈に沿って内側に巻き込み症状、重症の場合は部分的壊死	花蕾の部分的壊死、 奇形花
	マンガン、銅、亜鉛		－		処理により葉身濃度は低下も明瞭な外観症状は確認されず	－
その他 要素 欠乏	カルシウム		上中位葉	出蕾前	展開直後の若葉に部分的なかすり状の白斑症状、重症の場合は白斑部が褐変し縮れた後に枯れ落ちる	茎の曲がり・挫折、 花蕾の壊死
	マグネシウム		中下位葉 →全葉	開花期頃	中下位葉の中央部に部分的な黄化症状→全葉に症状進行	生育抑制
	リン酸、カリウム		－		処理により葉身濃度は低下も明瞭な外観症状は確認されず	－



図 1 栄養障害の外観症状例

左上：鉄過剰（スミ症），右上：ホウ素過剰，
左下：マンガン過剰，右下：鉄欠乏（まだら症）

表 2 スキャナ画像を学習した試作モデルの分類精度

		予測ラベル ¹⁾					計	再現率 (%)
		y'0	y'1	y'2	y'3	y'4		
正 解 ラ ベ ル ¹⁾	y0	56	16	2	1	17	92	60.9
	y1	1	103	0	0	6	110	93.6
	y2	4	4	59	0	1	68	86.8
	y3	1	0	0	18	9	28	64.3
	y4	10	47	0	12	27	96	28.1
計		72	170	61	31	60	394	
適合率(%)		77.8	60.6	96.7	58.1	45.0		
F値(%)		68.3	73.6	91.5	61.0	34.6		
正答率：66.8% ²⁾								
平均適合率：67.6%，平均再現率：66.7%，平均F値：65.8%								

1) 分類ラベル：y0（鉄過剰，亜鉛過剰）、y1（マンガン過剰，鉄欠乏）、y2（ホウ素過剰）、y3（カルシウム欠乏）、y4（銅過剰，ホウ素欠乏，マグネシウム欠乏）、2) 学習用画像にはR5-6年試験の画像、評価用画像にはR7年試験画像を使用した結果，正答率：全予測に対する正しい予測の割合，適合率：ある予測y'のうち実際に正解ラベル y と一致する割合，再現率：ある正解ラベル y のうち予測y'と一致する割合，F値：適合率と再現率の調和平均で算出され、F値が高いほどバランスが良い。

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- ビジュアル資料は営農指導機関などが現場段階における栄養障害の迅速な判別や初動調査に活用する。
- 栄養障害の判別に当たっては、栽培環境等に関する聞き取り調査を勘案して総合的に判断する。また、正確な診断には土壌および作物体の分析が必要である。
- 本試験で試作した画像分類モデルは提供しないが、モデルを自作し利用を希望する機関には、試験で取得した学習用画像を道総研の研究成果有体物取扱規程に従い提供する。提供する画像は生産現場などで得られる障害画像を追加し、実用化に向けたモデルの作成に活用できる。
- ビジュアル資料や画像の利用申請方法は令和 7 年度末までに道総研 WEB サイトで公開予定である。

2) 残された問題とその対応 なし

8. 研究成果の発表等 なし