

# 輪菊「精興の誠」の立ち枯れ症と亜鉛およびリン酸の関係

五十嵐総一，諸岡淳司<sup>1)</sup>

キーワード：過剰蓄積，家畜ふん堆肥，可溶性亜鉛，精興の誠，有効態リン酸

The Relationship Between Chrysanthemum 'Seikou-no-makoto'  
Damping-off and Zinc and Phosphorus

Soichi IGARASHI, Junji MOROOKA

## 目次

1. 緒言
2. 材料および方法
  - 1) 土壌の化学性
  - 2) 植物体成分
  - 3) 立ち枯れ症発生圃場の土壌断面調査
3. 結果
  - 1) 土壌の化学性
  - 2) 植物体成分
  - 3) 立ち枯れ症発生圃場の土壌断面調査
4. 考察
  - 1) 家畜ふん堆肥の施用と立ち枯れ症発生について
  - 2) 立ち枯れ症発生圃場の土壌分析結果について
  - 3) 立ち枯れ症発生圃場の植物体分析結果について
  - 4) 立ち枯れ症の要因
5. 摘要
6. 引用文献

## Summary

---

<sup>1)</sup>長崎県県央振興局

本報告は2021年九州農業研究発表会 土壌肥料部会で発表した

## 1. 緒言

2020年3月、島原市で発生した輪菊「精興の誠」の異常症状の原因究明について島原振興局から農林技術開発センター（以下、「センター」）に支援依頼があった。この異常症状は、生育後期の着蕾後に下位葉から中位葉にかけて黄化症状が広がった後、葉が枯れあがる特徴があり、特定の生産者圃場で広範囲に発生した。

当初、糸状菌 (*Verticillium dahliae*) による半身萎凋病が疑われたが、病理検査の結果、病原菌は不検出だったことから、土壌化学性や物理性の影響が考えられた。先行研究によると、土壌のリン

酸過剰が要因となり、輪菊の中位葉から下位葉に黄斑点が発生する「黄斑点症」が愛知県から報告されているが、本事例では、この黄斑点は確認されず、別の要因が考えられた。

島原振興局の聞き取りの結果、過去に家畜ふん堆肥が過剰施用された圃場であることがわかり、異常症状との関連性を調査した。

本報告では、この異常症状のことを「立ち枯れ症」と表現し、原因究明の調査によって得られた知見をここに報告する。

## 2. 材料および方法

### 1) 土壌の化学性

調査圃場は、全て施設栽培の条件下である。

2020年3月、輪菊「精興の誠」の立ち枯れ症が発生したA氏2圃場の土壌を採取するとともに、異常症状が見られない近隣生産者B氏およびC氏の圃場から1圃場ずつ、土壌を採取した。採取した土壌はセンターでアンモニア態窒素、硝酸態窒素、亜鉛（以下、0.1mol/L HCl可溶性亜鉛を「亜鉛」とする。）および銅、pH、EC、熱水可溶性ホウ素を、島原振興局で有効態リン酸、交換性陽イオン、腐植を分析した。センターにおける土壌分析は日本土壌協会が定める方法（2001）および土壌養分分析法（1970）に準じ、熱水可溶性ホウ素は秋友ら（2006）のクルクミンシュウ酸法とした。島原振興局の土壌分析は土壌・作物体総合分析装置（富士平工業株式会社製SFP-4i）を使用した簡易分析を行った。

### 2) 植物体成分

2020年4月、立ち枯れ症が発生した輪菊「精興の誠」（図1）および近隣生産者圃場C氏における輪菊「神馬」を5株ずつ採取した。採取した植物体は、上位葉、中位葉、下位葉に分け、それぞれの葉20gに対して水200mlを加え、ミキサーで粉碎後、ろ過し汁液試料とした。これとは別に、同じ位置の葉を65℃で2日間乾燥後、粉碎し乾物試料を調整した（図2）。

汁液は、陰イオン（NO<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>、PO<sub>4</sub>、Cl）をイオンクロマトグラフ（DIONEX製DX-120）、陽イ

オン（K、Ca、Mg、Mn、Zn、Cu、Fe）を原子吸光光度計（SHIMADZU製AA-7000）で測定した。乾物試料は0.2gをはかり取り、硝酸・過塩素酸分解による全量分析（P、K、Ca、Mg、Mn、Zn、Cu、Fe、B）を実施した。なお、汁液中の「PO<sub>4</sub>」、乾物試料中の「P」を各々リンと表現する。

### 3) 立ち枯れ症発生圃場の土壌断面調査

1),2)の分析結果を踏まえ、2020年9月18日に立ち枯れ症が発生した圃場の土壌断面を1ヵ所調査した。土性は国際法で判定した。地表から70cmまでスコップで掘削し、土壌化学性を分析するため、地表から50cmまで10cm毎に土壌を採取した。

採取した土壌はセンターで亜鉛を、島原振興局でpH、EC、有効態リン酸、交換性陽イオン、腐植を分析した。また、土壌物理性を測定するため、土壌断面を0~20cm、20~40cm、40~70cmの3層に分け、各層から採土管で土壌をサンプリングした。土壌物理性は三相分布、飽和透水係数を測定し、孔隙率と仮比重を算出した。なお、三相分布の測定にはデジタル実容積測定装置（Daiki製DIK-1150）を使用し、飽和透水係数は変水位透水性測定器5点式（Daiki製DIK-4050）を使用し計測した。



図1 立ち枯れ症の症状

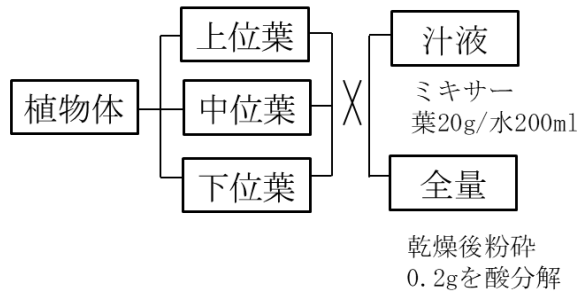


図2 サンプルの調整方法

### 3. 結果

#### 1) 土壌の化学性

立ち枯れ症が発生した圃場は、亜鉛が195~229mg/kgの範囲にあり、近隣生産者圃場の30~101mg/kgに比べて非常に高かった(表)。

有効態リン酸は、県基準値(長崎県農林部, 2019)に対して3~5倍高く、交換性カリは県基準値の約2倍だった。ただし、異常症状が見られなかったB氏圃場においても有効態リン酸が県基準値の約2倍、カリは約3倍検出された。交換性苦土は近隣農家の圃場を含めて県基準値の5~7倍蓄積していた。

アンモニア態窒素は異常症状が発生するレベルでなく、pHおよびECも同様に基準値内だった。

#### 2) 植物体成分

##### (1) 汁液

立ち枯れ症が発生した障害株(以下、障害株)の亜鉛は5.8~8.7mg/kgで、立ち枯れ症の発生が認められない株(以下、正常株)の1.7~4.5mg/kgと比較して高かったが、群馬県の上位葉における汁液診断基準と比較すると、基準値内だった。

障害株のリンは上位葉および中位葉で正常株と比べて低かった。しかし障害株の下位葉においては、正常株と比較して高濃度のリンが検出された(表2)。なお、群馬県の診断基準に比べ、障害株および正常株における上位葉のリンは基準の約2倍だった。

障害株の上位葉~中位葉に含まれるマンガンは正

常株より低い。下位葉に含まれるマンガンは正常株の約2倍多かった。なお、障害株の上位葉は、群馬県の汁液診断基準値内だった。

正常株の中位葉および下位葉で検出された硝酸態窒素は、障害株では中位、下位葉で不検出であり、上位葉では正常株の約8分の1と低く、群馬県の上位葉における汁液診断と比較しても基準値を下回った。

##### (2) 乾物試料

障害株の亜鉛は152~240mg/kgであり、正常株37~79mg/kgと比べて高く、特に下位葉において亜鉛が高かった(表3)。田中, 小久保(2004)の調査では黄斑点症が多発した秋ギク「精興の誠」における植物体中の亜鉛は45~60mg/kgであったと示しており、これと比較しても障害株中の亜鉛は高かった。

障害株の汁液で高濃度検出されたリンは、乾物試料では正常株と同等の範囲で、田中らの調査結果と比較しても中庸な値だった。

障害株の下位葉における汁液で、正常株より高く検出されたマンガンは乾物試料中においては35~115mg/kgと、正常株より低く、愛知県の黄斑点症が多発した輪菊「精興の誠」における分析結果と比較しても低かった(表3)。

#### 3) 立ち枯れ症発生圃場の土壌断面調査

##### (1) 土壌化学性

土壌中の亜鉛は、地表から30cmまで約100mg/kgと

一定しており、30~40cmで61mg/kg、40~50cmで14mg/kgと大幅に低下した(表4)。

有効態リン酸は、地表から30cmまで580~666mg/100gの範囲であり、30~40cmでは303mg/100gと上層の半分程度に下がったが、それでも作土層における県基準値と比較すると約3倍高かった。地表下40~50cmの層においては、71mg/100gと県基準値の範囲内に収まった。

交換性石灰は地表から40cmまで425~799mg/100gと、作土層における県基準値と比較すると2~3倍高かった。

同様に交換性苦土も地表から40cmまで124~231

mg/100gの範囲であり、作土層における県基準値と比較し4~7倍高かった。

## (2) 土壌物理性

調査圃場の土壌は淡色黒ボク土壌で、土性は全層とも壤土(L)だった。

土壌三相における気層率は全層で24~43%と長崎県土壌診断基準(1985)の20%以上を確保していた(表5)。飽和透水係数は全層で $10^{-3}$ と長崎県土壌診断基準(長崎県農林部・長崎県施肥合理化協議会、1985)にある $10^{-4}$ 以上で排水性は良好な圃場条件だった。

表1 立ち枯れ症発生の有無と土壌化学性

| 立ち枯れ症発生         | 生産者 | アンモニア態窒素(A) | 硝酸態窒素(B) | 無機態窒素(A)+(B) | pH      | EC    | 有効態リン酸 | 交換性カリ | 交換性石灰 | 交換性苦土 | 腐植  | 亜鉛  | 銅  | 熱水可溶性ボウ素 |
|-----------------|-----|-------------|----------|--------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|----|----------|
|                 |     | (mg/100g)   |          |              |         |       |        |       |       |       |     |     |    |          |
| 有               | A-1 | 1.3         | 10.7     | 12.0         | 6.7     | 0.3   | 349    | 68    | 623   | 176   | 6.5 | 195 | 13 | 1.8      |
|                 | A-2 | 0.8         | 7.8      | 8.6          | 6.4     | 0.2   | 480    | 89    | 738   | 212   | 7.3 | 229 | 14 | 1.7      |
| 無               | B   | -           | -        | -            | 6.3     | 0.2   | 217    | 134   | 765   | 159   | 7.2 | 101 | 11 | -        |
|                 | C   | -           | -        | -            | 6.4     | 0.1   | 35     | 37    | 431   | 183   | 5.8 | 31  | 7  | -        |
| 基準 <sup>2</sup> |     | -           | -        | -            | 6.0~6.5 | 0.3以下 | 10~100 | 15~40 | 280   | 30    | 5以上 | -   | -  | -        |

<sup>2</sup> 長崎県農林業基準技術 (2019)

表2 立ち枯れ症発生の有無と植物体汁液中の成分

| 立ち枯れ症発生           | 生産者 | 品種   |     | NO <sub>3</sub> | NO <sub>2</sub> | PO <sub>4</sub> | Cl   | K         | Ca       | Mg      | Mn      | Zn      | Cu  | Fe      |
|-------------------|-----|------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----|---------|
|                   |     |      |     | (mg/kg)         |                 |                 |      |           |          |         |         |         |     |         |
| 有                 | A   | 精興の誠 | 上位葉 | 709             | 359             | 849             | 880  | 3134      | 436      | 323     | 1.8     | 7.9     | 2.9 | 1.5     |
|                   |     |      | 中位葉 | 0               | 428             | 694             | 792  | 1972      | 445      | 292     | 1.2     | 5.8     | 0.8 | 0.9     |
|                   |     |      | 下位葉 | 0               | 693             | 700             | 1396 | 2233      | 914      | 462     | 4.4     | 8.7     | 1.1 | 1.1     |
| 無                 | C   | 神馬   | 上位葉 | 5412            | 45              | 1022            | 1886 | 4301      | 430      | 334     | 6.1     | 4.5     | 3.8 | 2.8     |
|                   |     |      | 中位葉 | 3232            | 697             | 714             | 1292 | 3941      | 264      | 202     | 3.0     | 1.7     | 2.1 | 1.4     |
|                   |     |      | 下位葉 | 1870            | 891             | 0               | 833  | 3266      | 143      | 152     | 1.8     | 1.7     | 1.3 | 1.1     |
| (参考) <sup>2</sup> |     | 精興の誠 | 上位葉 | 1500~3500       | -               | 150~400         | -    | 6000~7500 | 600~1100 | 350~600 | 1.1~2.3 | 4.3~8.2 | -   | 1.8~5.1 |

<sup>2</sup> 群馬県土壌診断基準

表3 立ち枯れ症発生の有無と乾物試料中の成分

| 立ち枯れ症<br>発生       | 生産者 | 品種   |     | P    | K   | Ca  | Mg   | Mn      | Zn  | Cu | Fe  | B   |
|-------------------|-----|------|-----|------|-----|-----|------|---------|-----|----|-----|-----|
|                   |     |      |     | (%)  |     |     |      | (mg/kg) |     |    |     |     |
| 有                 | A   | 精興の誠 | 上位葉 | 0.28 | 4.7 | 1.2 | 0.57 | 35      | 152 | 12 | 204 | 0.8 |
|                   |     |      | 中位葉 | 0.25 | 4.1 | 1.5 | 0.77 | 45      | 156 | 15 | 217 | 2.0 |
|                   |     |      | 下位葉 | 0.22 | 3.8 | 2.2 | 0.94 | 115     | 240 | 18 | 452 | 0.9 |
| 無                 | C   | 神馬   | 上位葉 | 0.31 | 6.2 | 1.3 | 0.49 | 132     | 79  | 14 | 173 | 1.7 |
|                   |     |      | 中位葉 | 0.27 | 6.7 | 1.4 | 0.53 | 149     | 37  | 9  | 229 | 2.0 |
|                   |     |      | 下位葉 | 0.38 | 7.0 | 1.8 | 0.54 | 190     | 51  | 9  | 296 | 2.1 |
| (参考) <sup>z</sup> |     | 精興の誠 | 上位葉 | 0.31 | 4.6 | 1.3 | 0.45 | 78      | 51  | 5  | 99  | -   |
|                   |     |      | 中位葉 | 0.35 | 3.8 | 1.3 | 0.40 | 63      | 34  | 7  | 115 | -   |
|                   |     |      | 下位葉 | 0.43 | 2.8 | 2.1 | 0.51 | 98      | 48  | 10 | 399 | -   |

<sup>z</sup> 田中, 小久保 (2004)

表4 立ち枯れ症発生圃場における層別の土壌化学性

| 土壌層位<br>(cm) | 亜鉛<br>(mg/kg) | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | EC<br>(mS/cm) | 腐植<br>(%) | 有効態       | 交換性 | 交換性 | 交換性 |
|--------------|---------------|--------------------------|---------------|-----------|-----------|-----|-----|-----|
|              |               |                          |               |           | リン酸       | カリ  | 石灰  | 苦土  |
|              |               |                          |               |           | (mg/100g) |     |     |     |
| 0~10         | 99            | 5.7                      | 0.7           | 6.2       | 666       | 117 | 799 | 231 |
| 10~20        | 107           | 5.8                      | 0.6           | 6.3       | 615       | 96  | 660 | 192 |
| 20~30        | 105           | 6.2                      | 0.3           | 6.4       | 580       | 83  | 593 | 151 |
| 30~40        | 61            | 5.9                      | 0.3           | 6.7       | 303       | 84  | 425 | 124 |
| 40~50        | 14            | 5.4                      | 0.2           | 7.6       | 71        | 56  | 211 | 65  |

表5 立ち枯れ症発生圃場における層別の土壌物理性

| 土壌層位<br>(cm) | 三相分布 |    |    | 孔隙率<br>(%) | 飽和透水係数<br>(cm/sec)   | 仮比重<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|------|----|----|------------|----------------------|-----------------------------|
|              | 固相   | 液層 | 気層 |            |                      |                             |
|              |      |    |    | (%)        |                      |                             |
| 15~20        | 33   | 24 | 43 | 67         | 6.1×10 <sup>-3</sup> | 0.8                         |
| 30~35        | 43   | 32 | 24 | 57         | 3.1×10 <sup>-3</sup> | 1.1                         |
| 50~55        | 39   | 32 | 29 | 61         | 4.3×10 <sup>-3</sup> | 1.0                         |

## 4. 考察

### 1) 家畜ふん堆肥の施用と立ち枯れ症発生について

島原振興局による生産者A氏への聞き取りによると、障害株発生圃場において、2014年頃から数年間、豚ふん堆肥を4~5t/10a、さらに鶏ふん堆肥400~500kg/10aを毎作投入した履歴があることが分かった。一方、生産者B氏とC氏圃場における家畜ふん堆肥の種類と施用量は、1作で牛ふん堆肥を2t/10a程度と県施肥基準に準じていた。

また、本来、A氏圃場の栽培品種は「神馬」だったが、立ち枯れ症発生のため比較的症状が軽い「精興の誠」に切り替えた経緯を確認した。なお、立ち枯れ症が確認され始めた2018年頃に家畜ふん堆肥の施用を止めている。

土壌分析の結果、判明した亜鉛、有効態リン酸や交換性陽イオン等はこれら堆肥に由来していると推測される。施用された堆肥の成分分析が可能であれば原因特定の糸口になり得たが、2019年時点で施用した堆肥は入手できず、投入した堆肥の分量を算出することができなかった。

家畜ふん堆肥の成分組成の調査結果（大津ら、2012）によると、豚ふん堆肥に含まれるリン酸および亜鉛は牛ふん堆肥や鶏ふん堆肥と比較して最も高い。また、折原ら（2002）は、神奈川県内で生産される家畜ふん堆肥の重金属含有量を調査解析しており、豚ふん堆肥では、亜鉛および銅が牛ふんおよび鶏ふん堆肥に比べて高いことを示している。家畜ふん堆肥に含まれる亜鉛や銅は、家畜増体量の促進を狙い、飼料に添加されるもので、中央畜産会が定める日本飼養標準で添加量が決められる。

また、家畜ふん堆肥以外に施用した化学肥料は慣行栽培どおりであることをA氏から聞き取った。これらのことから、「精興の誠」の障害株発生圃場における家畜ふん堆肥の過剰施用によって、栽培土壌に亜鉛やリン酸等が蓄積した可能性が考えられた。

### 2) 立ち枯れ症発生圃場の土壌分析結果について

立ち枯れ症発生圃場の作土層における土壌分析の結果、亜鉛や有効態リン酸が過剰蓄積していた。

土壌中の亜鉛蓄積による農作物への影響は報告が散見されるが、観賞用の輪菊における亜鉛過

剰症のデータは知見が少なく、農業環境技術研究所のデータ集録（農林水産技術会議事務局、1977）にもリスト化されていない。一般的な亜鉛過剰症として、日本土壌協会（2012）によると、土壌中の亜鉛が100mg/kg以上のとき、亜鉛過剰症状の危険性が高いことが示されている。本調査の立ち枯れ症発生圃場における土壌中亜鉛は200mg/kg程度であり、加えて、生育が正常だった近隣農家圃場における土壌中の亜鉛が31~101mg/kgと障害株発生圃場と比較して低いことから、亜鉛過剰による植物への影響が考えられる。

一方、土壌中のリン酸の過剰蓄積による影響も懸念され、田中、小久保（2004）の調査では、異常症状発生圃場における土壌中の有効態リン酸含量が高く、検証試験の結果、植物体にリンが過剰吸収されることで黄斑点症が発生することを突き止めている。この事例と比較すると、本調査における立ち枯れ症発生土壌の有効態リン酸は、349~480mg/100gと田中、小久保（2004）の調査における黄斑点症多発土壌：433mg/100g、微発土壌：367mg/100g）とほぼ同程度のリン酸が蓄積していた。このことから、リン酸過剰による影響も考えられる。

### 3) 立ち枯れ症発生圃場の植物体分析結果について

立ち枯れ症が発生した障害株の汁液で亜鉛およびリンの濃度が高く、乾物試料中では亜鉛が多かった。

障害株の亜鉛は、下位葉では約5倍、中位葉では約3倍、正常株と比べて高かった。このことは、障害株の症状が下位葉から中位葉で顕著だったことから亜鉛吸収による影響が示唆される。

障害株のリンは、中位葉で正常株と同等だったが、下位葉では高濃度検出された。また、上位葉のリンは群馬県の基準値の上限を2倍以上回った。

障害株と正常株は品種が異なるため、単純な比較はできないものの、立ち枯れ症発生土壌中の有効態リン酸が高いことから、障害株の下位葉においてリンの過剰吸収があったものと推測される。

また、障害株の硝酸態窒素は中位葉~下位葉で不検出で、上位葉は群馬県の基準値の下限値の

2分の1以下であった。土壌の無機態窒素の診断基準は見当たらないが、日本土壌協会（2012）によるとキュウリやカボチャの栽培前の無機態窒素は10～30mg/100gが適することを示しており、これと比べると立ち枯れ症発生圃場の無機態窒素は中庸な分析結果だった（表1）。

したがって、土壌中に窒素分は十分にあるが、植物体が窒素を吸収できない条件下にあったと思われる。

障害株乾物試料中の亜鉛は、上位葉～下位葉で検出され、その濃度は下位葉>中位葉>上位葉と、立ち枯れ症が発生する順と符合した。特に障害の程度が大きい下位葉は、正常株の約4倍で、田中、小久保（2004）の調査と比較しても約4倍と、亜鉛の過剰吸収が確認され、亜鉛吸収と立ち枯れ症に関連があるものと見られる。

障害株のリンは、上位葉～下位葉で正常株と同等の結果であり、愛知県の事例と比較すると、黄斑点病が発生する範囲以下であった。汁液分析では障害株におけるリンの過剰吸収が確認されたが、乾物試料中ではその傾向は無く、この差異の要因は不明である。

#### 4) 立ち枯れ症の要因

立ち枯れ症発生圃場は、地表からおおむね40cmまで亜鉛やリン酸が過剰蓄積していた。

一般的に植物の亜鉛過剰症状は、上位葉の黄化（クロロシス）であり、拮抗作用による鉄欠乏症などの誘発が考えられる（渡辺，1986：清水，1990）。本調査では上位葉よりむしろ下位葉～中位葉にかけて葉齢が進んだ葉で発生する特徴があったため、症状の外観だけで判断すると、亜鉛過剰と結び付けることは難しい。しかし、生理障害の要因は土壌および植物体の分析結果に基づく

ものであり、本調査で亜鉛は、異常症状が起きるレベルで検出されたことから、亜鉛による影響は大きいと考えられる。

さらに、土壌のリン酸過剰蓄積による影響を考慮すると、立ち枯れ症は、亜鉛およびリン酸過剰による複合的な要因が強いと考えられる。

立ち枯れ症の原因を特定するには、「精興の誠」に亜鉛およびリン酸を過剰施用した検証試験を実施する必要がある。

本調査では作土層だけでなく、土壌断面調査を実施し、地表面から70cmまでの下層を調査した。作土層における亜鉛とリン酸の過剰蓄積は亜鉛で地表から30cmの深さ、リン酸については地表からおおむね40cmまで確認された。生産者A氏への聞き取りによると、「精興の誠」の立ち枯れ症対策のため、地表からおおむね30cmまで深耕した履歴があることがわかった。このため、地表に過剰投入された亜鉛やリン酸分が地表から30cmまである程度均一に分散されていることが考えられた。また、亜鉛は土壌中の移行性が鈍いと考えられ（King,D.L. 1988：五十嵐ら，2017），地表から30cmまでの亜鉛はそれ以深に移行しにくいと思われる。下層における土壌分析結果からも地表30～50cmにおける亜鉛は上層と比べて低濃度だった。

以上のことから、地表から30cmまでに過剰蓄積した亜鉛やリン酸が「精興の誠」の立ち枯れ症に影響を与えたものと考えられる。

立ち枯れ症の対策として、地表下30cmまで亜鉛やリン酸除去を実施することが第一であるが、重労働であり非現実的である。このため、堆肥や基肥の過剰施用に留意し、可能な限り客土することが有効な対策だと考えられる。

## 5. 摘要

輪菊「精興の誠」の立ち枯れ症が発生した土壌および植物体を調査した結果、以下の点が明らかになった。

- 1) 家畜ふん堆肥の過剰施用による亜鉛やリン酸の過剰蓄積が「精興の誠」の立ち枯れ症の発生要因となったと考えられる。
- 2) 立ち枯れ症発生圃場の作土層における土壌分析

の結果、亜鉛や有効態リン酸が過剰蓄積していた。

- 3) 立ち枯れ症が発生した障害株の汁液で亜鉛およびリンの濃度が高く、乾物試料中では亜鉛が多かった。
- 4) 地表からおおむね40cmまでの土壌に亜鉛やリン酸が過剰蓄積していた。

## 6. 引用文献

- 秋友 勝・本名俊正・増永二之・藤山英保. 2006. 土壌の熱水可溶性ホウ素分析における抽出条件および定量法の検討. 日本土壌肥科学雑誌. 77(2). 195-199
- 土壌養分測定法委員会. 1970.土壌養分分析法. p 388-391
- 群馬県土壌診断基準 土壌の化学性の測定 3.汁液診断 <http://aic.pref.gunma.jp/wp/wp-content/uploads/2022/06/%E8%A1%A8PDF280KB.pdf>
- 五十嵐総一・平田絵理香・添田英雄・加島信一. 2017. コマツナの生理障害 -亜鉛-. 独立行政法人農林水産消費安全技術センター肥料研究報告. 10. 208-241
- King,D.L. 1988. Retention of metals by several soils of the southeastern United States. *Environ. Qual.* 17. 239-246
- 長崎県農林部. 2019. 長崎県農林業基準技術 平成31年2月版. p747
- 長崎県農林部・長崎県施肥合理化協議会. 1985. 土づくり手引書. p202
- 日本ペドロロジー学会. 2021. 改訂新版土壌調査ハンドブック. p77-80
- 日本土壌協会. 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質および作物体分析法. p3-34, p39, p75-79, p151-156, p255-257
- 日本土壌協会. 2012. 土壌診断と対策 -生理障害, 土壌病虫害, コスト低減等対策-. p137
- 農林水産技術会議事務局. 1977. 植物の金属元素含量に関するデータ集録, 14 銅 (Cu), マンガン (Mn), 亜鉛 (Zn). p167-257
- 大津善雄・藤山正史・生部和宏. 2012. 長崎県で生産される家畜ふん堆肥の化学性 ～県堆肥コンクールの出展堆肥からの事例～. 長崎県農林技術開発センター研究報告. 3. 67-79
- 折原健太郎・上山紀代美・藤村俊六郎. 2002. 家畜ふん堆肥の重金属含有量の特性, 日本土壌肥科学会誌, 73(4). 403-409
- 清水 武. 1990. 原色要素障害診断事典. 農文協, p172
- 田中英樹・小久保恭明. 2004. 秋ギク「精興の誠」における葉の黄斑点症の発生に及ぼすリン酸及びマンガンの影響. 愛知農総試研報. 36. 53-57
- 渡辺和彦. 1986. 原色生理障害の診断法 野菜・果樹・花・作物. 社団法人農山漁村文化協会. p176-177

## Summary

The results of an investigation to investigate the cause of chrysanthemum 'Seikou-no-makoto' damping-off that occurred in a specific chrysanthemum farm in Shimabara City were as follows.

- 1) Excessive accumulation of zinc and phosphoric acid due to excessive application of livestock manure compost is thought to be the cause of the wilt disease of chrysanthemum 'Seikou-no-Makoto'.
- 2) Soil analysis of plowed soil in fields with chrysanthemum 'Seikou-no-makoto' damping-off revealed excessive accumulation of zinc and phosphoric acid.
- 3) As a result of analyzing the diseased strain that caused chrysanthemum 'Seikou-no-makoto' damping-off, high concentrations of zinc and phosphorus were detected in the juice, and high concentrations of zinc were detected in the dry matter sample.
- 4) As a result of the soil profile survey, zinc and phosphoric acid were excessively accumulated up to 40 cm from the surface.