

## 12 コマツナの生理障害

—銅—

五十嵐総一<sup>1</sup>, 八木啓二<sup>1</sup>, 添田英雄<sup>1</sup>, 有隅孝子<sup>1</sup>, 加島信一<sup>1</sup>

キーワード 植害試験, コマツナ, 銅, 過剰症状, 下葉の黄化

### 1. はじめに

肥料中の有害成分による植物の異常症状の有無を判定する手段として、植物に対する害に関する栽培試験(以下、「植害試験」という)の方法が農林水産省農蚕園芸局長通知<sup>1)</sup>により定められている。普通肥料の公定規格<sup>2)</sup>では、副産肥料や汚泥肥料等で植害試験の結果、植物に害の認められないことが求められている。植害試験では、原則として供試作物にコマツナを用い、その生育状況から肥料中の植物に有害な成分の有無を判定する。しかし、試験中に発生する異常症状には、有害成分の他にも、病虫害、必須成分の欠乏又は過剰、多量施肥等様々な要因がある。発生した症状が、有害成分によるものか、他の要因によるものかを判別することは難しい。また、窒素、りん酸等植物の必須成分の欠乏又は過剰に起因する症状を生理障害というが、コマツナを対象として生理障害の詳細を記した文献は少ない。

そこで、独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC)では、植害試験中に発生する症状を的確に判定することを目的として、意図的にコマツナの生理障害を発生させて、その症状を観察・記録した資料の作成を行っている。加えて、今後FAMICで作成を予定している植害試験法の詳細な手順及び解説書の基礎データとして蓄積する。今回は植物に対して銅(以下、「Cu」とする)の効果を目的に肥料材料として使用される試薬を対象に過剰症状確認試験を実施したので、その結果を報告する。

なお、Cuの欠乏症状は麦類で発生が認められているものの、その他作物ではあまり確認されておらず<sup>3)</sup>、植害試験においてコマツナの作物体における欠乏症状は発生する可能性が極めて低いと考えられること、及び誘発が困難なため、欠乏症状確認試験は省略することとした。

### 2. 材料及び方法

#### 1) 供試土壌、肥料等

##### (1) 供試土壌

過剰症状確認試験用には灰色低地土を選定した。選定根拠として、灰色低地土はCuを固定する腐植が他の土壌と比較して少ないこと、及び土壌pHが過剰症状確認試験に適していることが挙げられる。

土壌中のCuの溶解・利用度はpHに大きな影響を受ける。過剰症状を発現させるためには供試土壌は概ねpH 5.0~pH 6.5<sup>4)</sup>である必要があり、さらに供試作物のコマツナの生育最適pHは5.5~6.5<sup>5)</sup>である。供試土壌はこの条件を満足している。土壌の理化学性を表1に示した。

<sup>1</sup> 独立行政法人農林水産消費安全技術センター福岡センター

表1 供試土壌の理化学性

土壌の種類	土性	水分 (%)	pH (土:H <sub>2</sub> O=1:5)	電気伝導率 (mS/cm)	容積重 (g/500 mL風乾土)	最大容水量 (mg/100g乾土)	可給態りん酸 (mg/100g乾土)
灰色低地土	CL	9.8	6.13	0.07	528	64	11

(2) 供試肥料

供試した Cu は表 2 に示す 3 試薬を使用した。

これらは肥料材料<sup>6)</sup>として流通肥料に使用実績のあるものを選定した。

表2 供試試薬

供試試薬名	化学式	規格
硫酸銅 (II) 五水和物	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	特級
硝酸銅 (II) 三水和物	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	特級
Cu(II)-EDTA	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub> Na <sub>2</sub> Cu·4H <sub>2</sub> O	特級

(3) 供試作物

コマツナ(品種名:夏楽天)

(4) 試験規模

1/10000 a ノイバウエルポットを用い, 1 試験区 1 連とした。

2) 試験方法

(1) Cu 濃度設定のための発芽試験

構成した各試験区の Cu 濃度は発芽試験による結果を根拠に設定した(表 3)。

硫酸銅(II)五水和物(以下,「硫酸銅」という。)については, 予備試験において 2000 mg/pot 区で症状が十分確認できることが判っていたため, これに基づいて 1400 mg~1800 mg の範囲で設定した。

硫酸銅の予備試験において 2000 mg/pot 区は栽培後の乾物重が 1.1 g であり, 作物体の分析に必要な乾物重 1.0 g をやや上回り, 発芽率が 60 %であったことから, シャーレ発芽試験結果において発芽率が 60 %以上になった区の Cu 濃度を本試験に採用した。なお, 発芽率 60 %以下で施用量の推定が困難場合は他供試試薬の発芽率を考慮し, 設計を立てた。

なお, 発芽試験は, は種後 6 日目に測定し, Cu 施用量及び土壌量は 1/10000 a ノイバウエルポット条件の 10 分の 1 スケールとした。窒素, りん酸及び加里源になる試料は施用せず, 栽培条件は 2) (3)に準じた。

表3 は種6日目 発芽率 (%)<sup>a)</sup>

供試試薬	試験区 (Cu mg/pot) <sup>b)</sup>					
	50	100	200	500	1000	2000
硝酸銅 (II) 三水和物	-	-	-	25	0	0
Cu(II)-EDTA	80	85	0	-	-	-

a) 発芽率は (発芽した個体 / は種数 20 粒)×100 によって算出

b) 1区1連にて実施

## (2) 試験区の構成及び施用量

試験区の構成及び施用量を表4に示した。

試験区の構成は硫酸銅をCuとして1ポット当たり1400 mg～1800 mgの範囲で施用した3区、硝酸銅(II)三水和物(以下、「硝酸銅」という。)をCuとして1ポット当たり100 mg～400 mgの範囲で施用した3区、Cu(II)-EDTA(以下、「EDTA銅」という。)50 mg～150 mgの範囲で施用した3区及びCu無施用の標準区の計10区とした。

また、各試験区には窒素、りん酸、加里源として硫酸アンモニア、過りん酸石灰及び塩化加里を各々100 mg/potになるよう施用した。Cuの供試試薬において窒素源が含まれる場合は、窒素が100 mg/potになるように硫酸アンモニア施用によって窒素を補填し、Cuの供試試薬施用によって窒素が100 mg/potを超過する場合は硫酸アンモニアを施用しなかった。

表4 試験区の構成

	Cu施用量 (mg/pot)	硫酸 <sup>a)</sup> (mg/pot)	硝酸 <sup>a)</sup> (mg/pot)	EDTA <sup>a)</sup> (mg/pot)	供試試薬施用量 (g/pot)	供試試薬含有窒素量 (mg/pot)
硫酸銅	1400	2160	-	-	5.50	-
	1600	2471	-	-	6.29	-
	1800	2777	-	-	7.07	-
硝酸銅	100	-	99	-	0.38	44
	250	-	248	-	0.95	110
	400	-	396	-	1.52	176
EDTA銅	50	-	-	320	0.37	22
	100	-	-	640	0.74	44
	150	-	-	960	1.11	66
標準区	0	-	-	-	0	-

a) 銅以外の化学グループの施用量

## (3) 栽培方法

耕種概要を表5に示した。栽培期間は通常の植害試験と同じ21日間とした。ノイバウエルポットに、施肥後の供試土壌を500 mL充填し、供試作物のコマツナを20粒播種した。栽培条件は、人工気象装置(小糸工業製コイトロンKG50-HLA型)内で照度約30000 lx、照明時間12時間、気温昼間25℃、夜間15℃、湿度70%とした。灌水は最大容水量の60%を目安に管理し、ローラーポンプ式自動給水装置(古江サイエンス製RP-MRFS)を併用した。栽培条件を均一にするため、人工気象装置内でのポットの配置は休日を除き、毎日無作為に換えた。

表5 耕種概要

施肥	播種	発芽率確認		収穫
		1回目	2回目	
平成26年7月25日	7月25日	7月28日	7月31日	8月15日

### 3) 調査項目及び収穫物の分析方法

#### (1) 調査項目

発芽率, 葉長, 収穫物の葉体重量(生体重, 乾物重), 異常症状の確認, 跡地土壌の pH, EC, 葉体の Cu, 鉄(以下, 「Fe」とする.) 含有率(乾物当たり)について調査した.

#### (2) 収穫物の分析方法

収穫後, 生体重を測定したコマツナを定温乾燥機にて 65 °C で約 24 時間乾燥した. その後, 乾物重を測定し, 粉碎機で 0.5 mm メッシュを使用して粉碎した. 試料約 0.1 g ~ 1.0 g (生育不良となった試験区は乾物重 0.1 g 程度の試料しか供試できなかった.) を王水分解し, 分解液を希釈後, 原子吸光法によって各試験区の Cu, Fe 含有率(乾物当たり)を測定した.

## 3. 結 果

### 1) 銅の生理作用

植物の必須要素は多量要素と微量元素に大別される. 微量元素は, 光合成等の代謝過程における酵素の構成元素として, また, 酵素の活性化因子として重要な役割を果たしている. Cu はこの微量元素に属している元素であり, 葉緑素の形成に寄与する. なお, 土壌や肥料由来の Cu は  $\text{Cu}^+$  もしくは  $\text{Cu}^{2+}$  として植物に吸収されることが知られている<sup>7)</sup>.

植物体内で Cu が過剰に蓄積された場合, 異常症状が下葉から発症する. これは植物体内の Cu が転流されにくい性質であるため, 下葉に銅が過剰蓄積されるためだと考えられている<sup>8)</sup>.

また, Cu は Fe と拮抗作用があるため植物体中に過剰な Cu が蓄積されると, Fe の吸収量が正常時と比較して劣ってしまい, 結果的に鉄欠乏症であるクロロシスを誘発する場合がある<sup>8,9)</sup>.

### 2) 銅過剰障害

#### (1) 作物体及び跡地土壌の分析結果

銅過剰症状確認試験の作物体及び土壌における試験結果を表 6 に示した.

各試験区の発芽率は 60 % 以上が得られ, 2)(2) に記述した予備試験を踏まえた濃度設定はほぼ良好であったといえる. しかしながら, EDTA 銅 150 mg/pot 区は生育が著しく悪く, 乾物重が 0.1 g だったため, 作物体の分析に必要な量の 1.0 g を大きく下回った.

作物体の Cu の濃度については, 硫酸銅区及び EDTA 銅区が標準区を大きく上回る傾向にあった. 硝酸銅区においては標準区を上回ったものの, 硫酸銅区及び EDTA 銅区の傾向とは異なる結果となった. 作物体の Cu の吸収量も同様の傾向が窺われたが, EDTA 銅 150 mg/pot 区では生育が著しく悪かったため Cu 及び Fe の吸収量は標準区よりも低かった.

跡地土壌の pH は硫酸銅区が他区より低い傾向にあり, 最も酸性であることがわかった.

また, EC は硫酸銅区が他区より高い傾向にあることがわかった.

表6 試験結果

供試 試葉	Cu 負荷量 (mg/pot)	発芽率 <sup>a)</sup>		葉長 (cm)	生体 重 (g/pot)	乾物 重 (g/pot)	作物体の元素濃度		作物体の吸収量		異常 症状	跡地土壌	
		1回目 (%)	2回目 (%)				Cu <sup>b)</sup> (mg/kg)	Fe <sup>b)</sup> (mg/kg)	Cu <sup>b)</sup> (μg/pot)	Fe <sup>b)</sup> (μg/pot)		pH (H <sub>2</sub> O) <sup>c)</sup>	EC <sup>d)</sup> (mS/cm)
硫酸 銅	1400	70	80	11	12	1.9	97	1700	184	3230	有	4.5	1.2
	1600	90	90	7.5	11	1.9	92	1370	175	2603	有	4.4	1.8
	1800	65	75	6.1	7	1.5	136	2170	204	3255	有	4.3	2.0
硝酸 銅	100	100	95	4.7	35	3.8	22	560	84	2128	無	5.6	0.5
	250	100	90	10.2	40	3.9	14	980	55	3822	無	6.3	0.2
	400	100	100	10.7	39	3.7	13	540	48	1998	無	6.3	0.2
EDTA 銅	50	100	100	6	21	2.5	47	1230	118	3075	有	5.6	0.5
	100	95	95	9.5	7	0.9	170	3740	153	3366	有	5.9	0.6
	150	90	85	6.5	1	0.1	229	4050	30	527	有	6.0	0.8
標準区	0	100	100	7.5	36	4.0	10	370	40	1480	無	5.3	0.4

a) 発芽率は(発芽した個体 / は種数 20 粒)×100 によって算出

b) 乾物値

c) pH(H<sub>2</sub>O)は土壌1:水5の懸濁液を測定

d) EC(電気伝導率)は土壌1:水5の懸濁液を測定

## (2) 異常症状の観察

硫酸銅を負荷した試験では次の2症状の特徴があった。

### ○ 下位葉の黄色化

は種後 12 日目頃から子葉に発現し、数日で枯死する個体が見られた。成長を続けた個体はその後、本葉第一葉へ黄色化が移行していき、は種後 21 日目には本葉第三葉まで進行した。本葉は 5 枚目まで生育し、この本葉第五葉及び第四葉には症状は発現しなかった。黄色化は下位葉の先端または中央付近から発現する特徴が見られた。

### ○ 生育抑制

標準区と比較すると硫酸銅の過剰施用によって発芽率及び生体重が低くなる結果が得られた。



(写真 1)

硫酸銅 1800 mg/pot 区 は種後 21 日目の様子。黄色化は古い葉である下位葉から新しい葉である上位葉へ順に進行していき、新葉には発現しなかった。



(写真 2)

は種後 21 日目。写真左は標準区の正常なコマツナの個体。正常な個体には黄色化は発現しなかった。

一方、硫酸銅 1800 mg/pot 区は子葉が脱落し、本葉第一葉の中央から葉先にかけて黄色化が著しく、一部が壊死するものもあった。



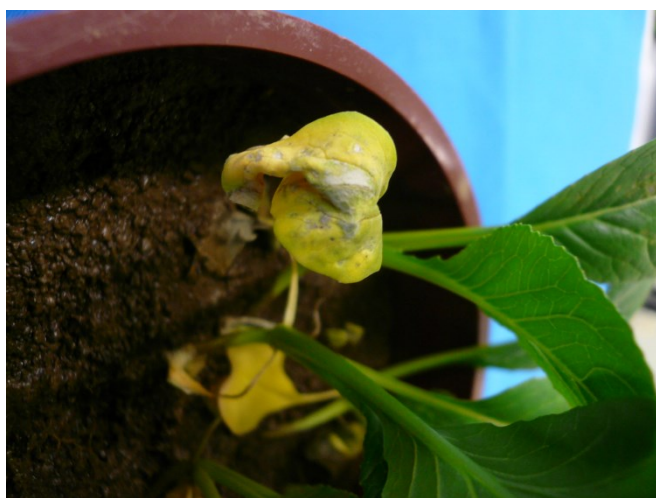
(写真 3)

硫酸銅 1800 mg/pot 区は種後 17 日目の症状が発現し始めている本葉第一葉の様子。新葉と比較すると葉の色が薄くなっており、一部壊死が見られる。子葉も黄色化が見られ、一部が脱落している。



(写真 4)

硫酸銅 1800 mg/pot は種後 18 日目の症状が進行した様子. 進行のスピードが速く, 1 日の変化が激しい. 部分的な壊死が増え, 黄色化が進行している.



(写真 5)

硫酸銅 1800 mg/pot は種後 20 日目には葉全体が丸まり, 枯死に至った.

硝酸銅を負荷した試験では初期の生育速度は標準区より劣っているように見えたが, 収穫後の生体重は標準区と比較してほぼ同等であり, 異常症状は観察されなかった.

また, 作物体中の Cu 吸収率は標準区とあまり大差が無く, 硝酸銅由来の Cu は硫酸銅区及び EDTA 銅区と比較して作物体にはほとんど移行しなかった.



(写真 6)

は種後 7 日目の様子. 標準区(左)に比べると硝酸銅 400 mg/pot 区(右)の生育は遅かった.



(写真 7)  
 は種後 13 日目  
 標準区(左)に比べると硝酸銅 400 mg/pot 区(右)の生育はやや劣った.



(写真 8)  
 は種後 21 日目になると  
 硝酸銅 400 mg/pot 区(右下)は標準区(右上)を上回った. 硝酸銅 400 mg/pot 区は標準区より窒素の供給量が多いことから葉色が濃緑色を呈していると考えられた.  
 なお, 左上は硫酸銅 1800 mg/pot 区であり, 左下は EDTA 銅 150 mg/pot 区である.

EDTA 銅を添加した区では, 次の 2 症状が観察された.

○ 著しい生育不良

標準区と比較するとは種後 7 日目における生育は著しく悪かった. その後, 生育が止まる個体が見られたが, 生育スピードは遅いながらも成長を続ける個体も見られた.

○ 黄色化に伴う葉のモザイク症状

は種後 14 日目頃から黄色化見られ, 18 日目にはほぼ全体的な範囲で黄色化した. また, それに伴い, 本葉の葉縁の色が薄くなり, モザイク模様な症状を呈した.





(写真 9)

は種後 7 日目 EDTA 銅 150 mg/pot 区の様子. 発芽後に生育が止まっている個体や生育スピードは遅いものの成長を続ける個体が観察された.



(写真 10)

は種後 7 日目の様子. 左が標準区, 右が 150 mg/pot 区である. 標準区と比較すると生育が明確に劣った.



(写真 11)

は種後 10 日目 EDTA 銅 150 mg/pot 区において根が萎縮し, 倒れる個体が観察された.



(写真 12)

は種後 12 日目 EDTA 銅 100 mg/pot 区の様子。発芽後の枯死が見られなかった個体は生育速度が遅いものの成長を続けた。



(写真 13)

は種後 18 日目 EDTA 銅 100 mg/pot 区の様子。は種後 14 日目ごろから黄色化が発現しはじめ、18 日目には全体的に黄色化が明確に現れた。



(写真 14)

は種後 18 日目 EDTA 銅 100 mg/pot 区の様子。標準区(左)と比較すると EDTA 銅 100 mg/pot 区(右)の黄色化が顕著であった。本葉は葉縁及び葉脈間の色が薄くなっており、モザイク状の様な症状を呈した。

#### 4. 考 察

##### (1) 作物体分析結果

作物体の分析結果は表 6 のとおりである。硫酸銅施用区及び EDTA 銅区では標準区より高い濃度で Cu が吸収されていた。一方で硝酸銅区では標準区との差は硫酸銅施用区及び EDTA 銅区ほどではなかった。Cu の吸収量も同様の傾向であった。

硫酸銅は施用後、土壤中では銅イオン及びカウンターイオンである硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )に解離する。銅イオンは土壤中の有機物や金属とキレートを形成し<sup>10)</sup>、植物に対する可給性は比較的低い形態になるといわれている<sup>11)</sup>。そのため、植害試験において、過剰の Cu を施用した場合もほとんどの Cu が土壤に固定され、銅は作物体へほぼ吸収されないと予想された。

しかしながら、硫酸銅区では標準区と比較すると高い濃度で作物体中に Cu が吸収されていた。Cu の吸収量についても同様であった。これは、1/10000 a ノイバウエルポットを使用する閉鎖系の植害試験においては、露地栽培と比較するとコマツナの根が Cu と接触しやすい状況となるため Cu 吸収が促進されること、及び供試土壤は Cu の溶解・利用度が高くなる pH の範囲(概ね pH5.0~6.5)の酸性土壤であること、さらに供試土壤中の有機物が比較的少ないため植物に対して Cu の可給性が予想以上に高かったため、作物体の Cu を吸収する条件が揃っていたことが原因かと考えられる。

また、EDTA 銅区においても標準区以上の Cu が吸収されており、これは硫酸銅区より顕著なものであった。EDTA 銅は作物体への移動性が高いことが報告されており<sup>12)</sup>、植害試験の条件下でも EDTA 銅は作物体へ吸収されやすい可能性がある。

一方で、硝酸銅区では他区と比較すると標準区との銅濃度差はみられなかった。硫酸根が残るため跡地土壤の pH が標準区と比較して低くなった硫酸銅区とは対照に、硝酸銅区 pH の変化はそれほど見られなかった(表 6)。すなわち、硫酸銅区では跡地土壤の pH が低くなることで Cu の作物体への吸収が促進されたが、硝酸銅区では pH はほぼ変化がなかったため、硫酸銅区と比較すると、Cu の吸収が劣ったものと考えられる。

また、硝酸銅の硝酸イオンは作物体に吸収され、害症状を示すことなく栄養に供されたと推察されるため、硝酸銅による過剰症状を出すには大幅に施用量を増やす必要があると考えられた。

## (2) Fe の吸収量について

作物体へ過剰に吸収された Cu の拮抗作用として鉄欠乏症状の誘発があると考えられている。そのため、作物体中の Fe 濃度を測定した結果、EDTA 銅 150 mg/pot 区では生育が著しく悪かったため Cu 及び Fe の吸収量は標準区よりも低かったものの、ほとんどの区で標準区以上の Fe が吸収されていた(表 6)。そのため、当該調査における異常症状は鉄欠乏症状には該当しないことが推察された。

なお、標準区と比較して全ての区で Fe が高濃度であった原因は不明であるが、硫酸銅区では跡地土壤の pH が低くなったことから、Fe の溶解・利用度が高まったことが一因ではないかと考えられる。

## (3) 作物体 Cu 及び Fe 濃度の影響及び関係性

作物体に吸収された Cu 及び Fe が生育(生体重及び乾物重)に与えた影響について調査した(図 1, ~図 4)。その結果、作物体の Cu 及び Fe 濃度が高いほど生育は劣る傾向が見られた。つまり、Cu だけではなく、Fe の過剰吸収が生育不良の原因となった可能性が示唆された。

一方で、作物体 Cu 及び Fe 濃度の関係性について調査した。前述のとおり、作物体へ過剰に吸収された Cu の拮抗作用として鉄欠乏症状の誘発が考えられているが、本銅過剰症状確認試験結果では Fe はむしろ作物体へ吸収されており、さらに作物体 Cu 濃度と高い相関が確認された(図 5)。植害試験の条件下においては、銅過剰症状によって鉄過剰症状を誘発する可能性があると考えられた。

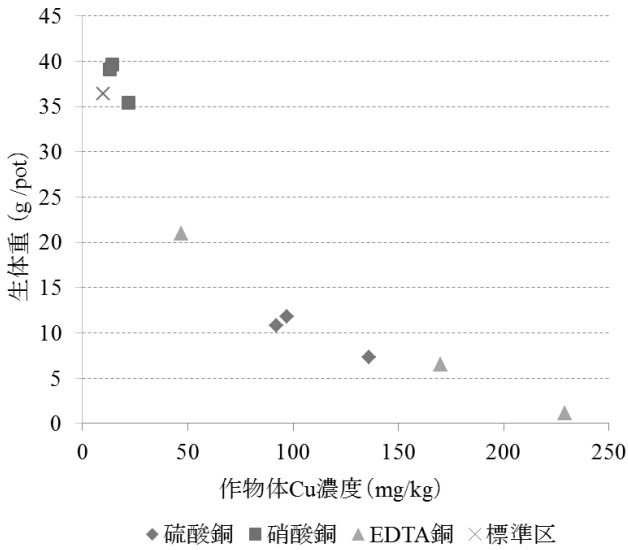


図1 作物体Cu濃度と生体重の分布

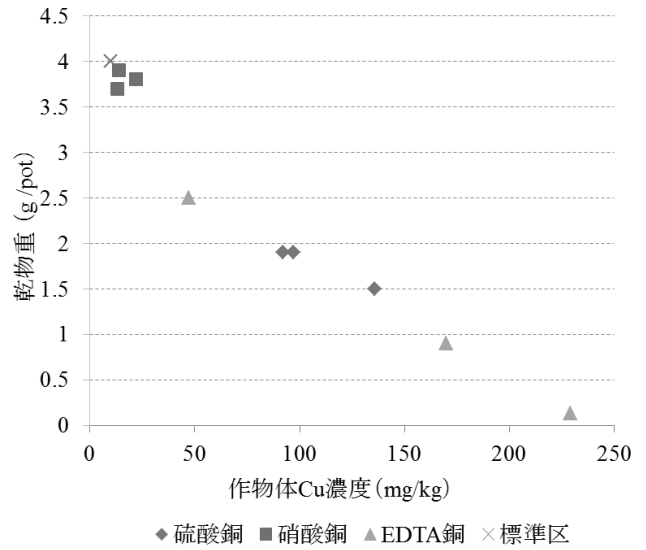


図2 作物体Cu濃度と乾物重の分布

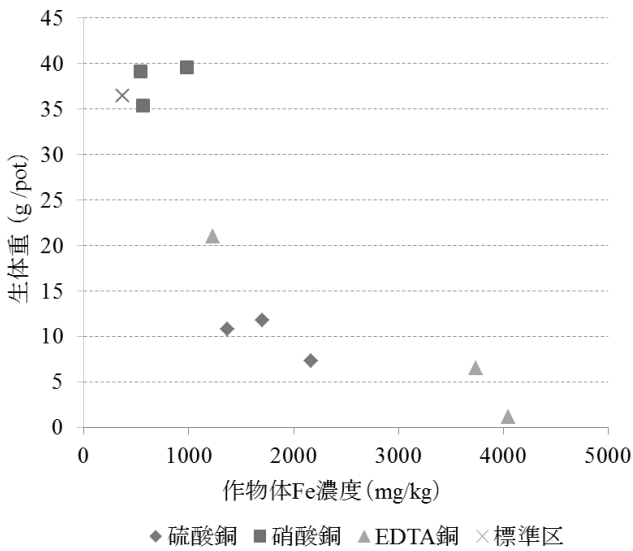


図3 作物体Fe濃度と生体重の分布

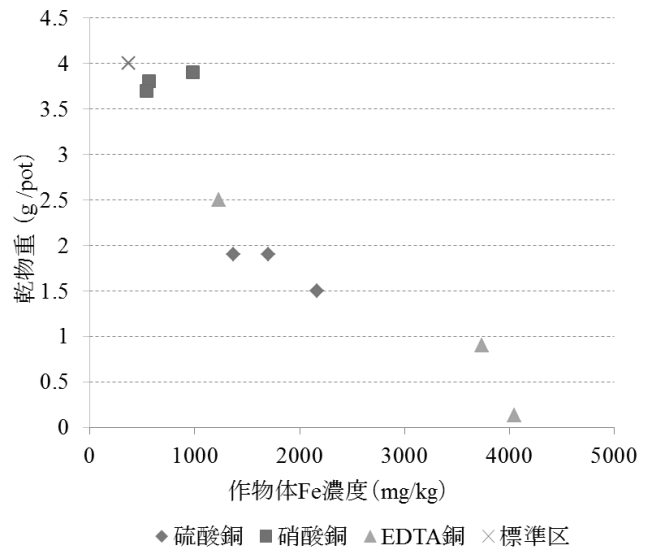


図4 作物体Fe濃度と乾物重の分布

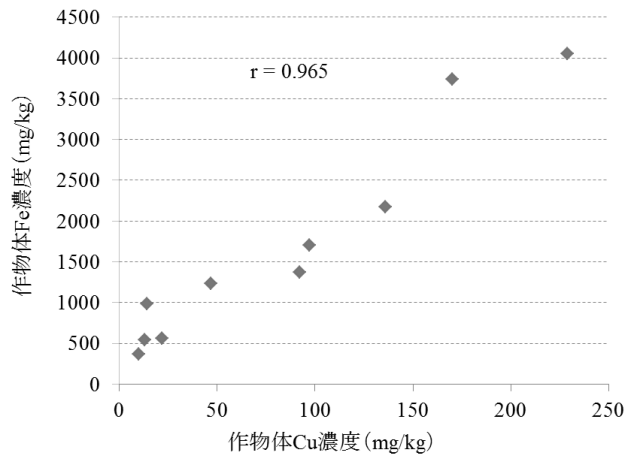


図5 作物体Cu及びFe濃度の関係性

#### (4) 異常症状の観察

硫酸銅区では下位葉の黄色化が観察された。は種後 12 日目頃から子葉に発現し、その後、本葉第一葉から第三葉の順に症状が確認された。Cu は作物体中において移動しにくい<sup>9)</sup>ため Cu の過剰症状は下位葉から生じると考えられており<sup>9)</sup>、本銅過剰症状確認試験の確認試験と矛盾がないものであった。

そのため、本調査の症状は Cu の過剰症状である可能性があると思われる。

加えて、硫酸銅区では硫酸イオンによる過剰症状の可能性もある。硫酸イオンは一般的に土壤コロイドに吸着されにくい<sup>13)</sup>と考えられているが、植物に対してはあまり吸収されないといわれている<sup>14)</sup>。

その一方で、植害試験における窒素の生理障害試験の報告<sup>15)</sup>では、本調査と供試土壤が異なるものの、同様の黄色化症状が発現している。同報では窒素(以下、「N」とする。)200 mg/pot 区～600 mg/pot 区で黄色化の症状が見られ、この原因はアンモニア害もしくは硫酸イオンの影響であることを示唆している。また、同報の供試試薬である硫酸アンモニアの施用量は N として 200 mg/pot～600 mg/pot、すなわち、硫酸アンモニア現物としての施用量は、943 mg/pot～2830 mg/pot、よって混入する硫酸は 700 mg/pot～2100 mg/pot になったと推測される。本銅過剰症状確認試験で混入した硫酸の量は 2160 mg/pot～2777 mg/pot(表 3)であり、窒素の生理障害試験の報告以上に高い範囲であったことから、植物に対する硫酸イオンの害が発現しやすい条件であったといえる。そのため、本銅過剰症状確認試験で観察された黄色化症状は Cu だけではなく、硫酸イオンによる影響が要因になったと考えられる。

また、一般的な作物体に対する Cu の過剰害の一つとして鉄欠乏症状による上位葉のクロロシスが挙げられるが、本銅過剰症状確認試験では観察されなかった。

次に、EDTA 銅による過剰症状は硫酸銅区の症状とは著しく異なるものであった。硫酸銅区では下位葉から黄色化が徐々に進行したのに対して、EDTA 銅区では、は種後 18 日目頃から作物体全体が急速に黄色化し、収穫時には葉がモザイク状を呈していた。また、発芽後に根が萎縮して倒れる個体も観察された。EDTA 銅区における作物体の Cu 濃度が標準区と比較して極端に高いため、Cu による影響が考えられるが、同様に Fe の濃度も非常に高濃度の値が検出された。並びに、EDTA 銅のキレート剤である EDTA による過剰害である可能性もある。そのため、EDTA 銅区では複合的な要因によって過剰症状が発現されたものと考えられるため、Cu の過剰症状を特定するには至らなかった。

一方で、硝酸銅区では栽培初期は標準区と比較してやや生育が遅いように見られたが、収穫時には標準区の生体重を追い越し、異常症状は特段確認されなかった。

## 5. まとめ

植害試験で発生した症状を正確に判定するための基礎資料作成を目的として、コマツナを用い、Cu の効果を目的に肥料材料として使用される試薬を対象に過剰症状確認試験を実施した。過剰症状確認試験では供試土壤として灰色低地土を用い、硫酸銅、硝酸銅及び EDTA 銅を段階的に施用し、21 日間栽培した。その結果、(1) 下葉の葉縁部黄化及び葉脈間脱色、(2) 生育抑制、(3) 根の伸長不良、(4) 葉のモザイク状の症状、以上 4 症状を確認した。いずれの症状も Cu、Fe、硫酸イオン及び EDTA の過剰症状であるものと推察されたが原因の特定には至らなかった。

## 文 献

- 1) 農林水産省農蚕園芸局長通知:肥料取締法の一部改正に伴う今後の肥料取締りについて、別添 1、植物

- に対する害に関する栽培試験, 昭和 59 年 4 月 18 日, 59 農蚕第 1943 号 (1984)
- 2) 農林水産省告示:肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件, 昭和 61 年 2 月 22 日, 農林水産省告示第 284 号, 最終改正平成 26 年 9 月 1 日, 農林水産省告示第 1146 号 (2014)
  - 3) 一般財団法人日本土壌協会:土壌診断と対策 – 生理障害, 土壌病害中, コスト低減等対策 –, p.128 (2013)
  - 4) HENRY D. FOTH:土壌肥科学の基礎 江川友治監訳, p.189~191, 養賢堂, 東京 (1986)
  - 5) 農林水産省:都道府県施肥基準等  
<[http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen\\_type/h\\_sehi\\_kizyun/pdf/siryos3.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/siryos3.pdf)>
  - 6) 農林水産省:肥料取締法施行規則, 農林水産省令第 47 号 (2014)
  - 7) ポケット肥料要覧 2013/2014 p.94~95 農林統計協会 (2015)
  - 8) 農林水産省:持続可能的農業を推進する静岡県土壌肥料ハンドブック, 第 3 部 4 作物の生理障害と対策  
<[http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen\\_type/h\\_sehi\\_kizyun/pdf/sdojo18.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/sdojo18.pdf)>
  - 9) 独立行政法人農業環境技術研究所:植物の金属元素含量に関するデータ集録, p.167, 昭和 52 年 2 月 農林水産技術会議事務局 <<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/hvymetal/14cumzn.pdf>>
  - 10) Hodgson, J.F., Lindsay, W.L., and Trierweiler, J.F.:Micronutrient cation complexing in soil solution. II. Complexing of zinc and copper in displacing solution from calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 30, 723~726 (1966)
  - 11) 岩崎貢三:土壌中における銅の存在形態と植物による吸収, 移行に関する研究 (1990)
  - 12) 井上博道, 佐伯和利, 筑紫二郎:銅汚染土壌のファイトレメディエーションにおける EDTA の添加効果, 日本土壌肥科学雑誌, 74 (2), 169~174 (2003)
  - 13) 全国農業協同組合連合:施肥コストの低減  
<[https://www.zennoh.or.jp/activity/hiryo\\_sehi/pdf/qa\\_dojo.pdf](https://www.zennoh.or.jp/activity/hiryo_sehi/pdf/qa_dojo.pdf)>
  - 14) 藤原俊六郎, 安西徹郎, 小川吉雄, 加藤哲郎:土壌肥料用語辞典 第 2, p.67, 農文協, 東京 (2010)
  - 15) 阿部文浩, 恵智正宏:コマツナの生理障害 ー窒素ー, 肥料研究報告, 5, 147~155 (2012)

## Physiological disorder of Komatsuna - Copper -

Souichi IGARASHI<sup>1</sup>, Keiji YAGI<sup>1</sup>, Hideo SOETA<sup>1</sup>, Takako ARISUMI<sup>1</sup>, Shinichi KASHIMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center, Fukuoka Regional Center

This study was intended to accurately judge the symptoms that occur in the vegetation test on the harm against plants. The physiological disorder confirmation test, in which it was occurred the copper excessive symptoms about Komatsuna (*Brassica rapa var. perviridis*) intentionally, was undertaken. Three of the reagents containing copper were chosen under this study. These were copper sulfate, copper nitrate, and copper(II)-EDTA, and are used generally to raise fertilizer quality for aiming at the purpose of copper's physiological effects against plants. As the copper excessive symptoms confirmation examination, it was observed (1) the border part of lower leaves turned yellow and the decoloration between veins of lower leaves, (2) the poor growth of leaves, (3) the extension failure of root, (4) showing symptom of tessellated leaves. These symptoms were regarded as the high salts obstacle such as sulfate ion, and EDTA in copper(II)-EDTA with excessive application amount. On the other hand, these were guessed to be due to the adsorption of copper and iron excessively against Komatsuna. Therefore it should pay attention the iron excessive symptoms as well as the copper excessive symptoms. However, it could not identify the direct causes of symptoms.

*Key words*    vegetation test on the harm against plants, komatsuna, copper, excessive symptoms,  
                  yellowing of lower leaves

(Research Report of Fertilizer, 9, 170-184, 2016)