

16 コマツナの生理障害確認試験(ほう素)

青山恵介¹

キーワード 植害試験, コマツナ, ほう素, 過剰症状

1. はじめに

有害成分を含有するおそれが高い汚泥肥料や食品工業や化学工業由来の副産物を原料とした肥料等については、肥料の公定規格の制限事項として「植物試験の調査を受け害が認められないものであること。」と定められており¹⁾、肥料の安全性が確認されている。また、その試験法については「植物に対する害に関する栽培試験」(以下、「植害試験」という)が農林水産省農蚕園芸局長通知²⁾により定められている。

植害試験は原則コマツナを用いることとされており、その生育状況から肥料中に有害成分が含有しているか否かを判定する試験法である。調査内容は、発芽調査、生育調査、収量調査の他、植物体に見られる異常症状の有無を観察することによって行われる。異常症状の主な要因は、有害成分による障害及び窒素など植物体の必須成分が過剰又は欠乏した際に見られる生理障害の2つのケースが考えられる。

実際の試験において、有害成分による障害や生理障害に関する知見がなければ、有害成分による障害と生理障害を見分けることは困難であり、誤った判定をしてしまう恐れがある。

そこで、独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC)では生理障害に関する知見を得るためにこれまで窒素、りん酸及び加里等^{3~7)}についてコマツナの生理障害に関する調査を行ってきた。得られた知見については、植物に対する害に関する栽培試験の方法・解説⁸⁾に記載されている。

本検討では、肥料の主成分であるほう素について、コマツナの生理障害の調査を行った。さらに、ほう素の生理障害で確認された症状のうち、葉のカップ症状については除草剤であるクロピラリドによってトマト等様々な植物においても同様な症状が見られる⁹⁾ことから、コマツナに対するクロピラリドによる害についても確認したので報告する。

なお、ほう素欠乏症については石灰質肥料を過剰に施肥するなど土壌がアルカリ性の場合に見られる¹⁰⁾が、植害試験条件下では発生する可能性がきわめて低いと考えられること、またその誘発が困難であることから欠乏症状の確認については実施しなかった。

2. 材料及び方法

1) 供試土壌及び肥料等

(1) 供試土壌: 供試土壌は黒ボク土を目開き 2 mm のふるいを通したものをを用いた。理化学性について表 1 に示した。熱水性可溶性ほう素については、熱水でほう素を抽出した後、ICP 発光分析法で分析した¹¹⁾。

(2) 供試肥料: 窒素、りん酸及び加里の供給として、硫酸アンモニウム、過りん酸石灰及び塩化カリウムを用いた。また、ほう素の供給として、ほう酸、三酸化二ほう素及びほう酸塩肥料として四ほう酸ナトリウム 10 水和物(ほう砂)を用いた。過りん酸石灰については流通している肥料を用い、それ以外については試薬特級を用いた。

¹ 独立行政法人農林水産消費安全技術センター神戸センター

- (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 2 連で試験した.

表1 供試土壌の理化学性

土壌の種類	黒ボク土
土性	L
水分(%)	26.7
pH(土:H ₂ O=1:5)	5.5
交換酸度	0.3
電気伝導率(mS/cm)	0.27
塩基置換容量(meq/100 g乾土)	36.4
容積重(g/500 mL風乾土)	356
最大容水量(mL/100 g乾土)	98
熱水可溶性ほう素(mg/kg乾土)	0.24

2) 試験方法

(1) 試験区の構成及び施用量

試験区の構成及び施用量は表 2 に示したとおり, ほう酸, 三酸化二ほう素及びびほう砂をほう素(B₂O₃)として 0 mg, 10 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, 400 mg 及び 500 mg 相当量を施用した計 7 区について各 2 連で試験を実施した. なお, 全ての試験区に硫酸アンモニウムを窒素(N)として 100 mg, 過りん酸石灰をりん酸(P₂O₅)として 100 mg 及び塩化加里を加里(K₂O)として 100 mg 相当量を施肥した.

表2 施肥設計

試験区	窒素 ^{a)} (N) (mg)	りん酸 ^{b)} (P ₂ O ₅) (mg)	加里 ^{c)} (K ₂ O) (mg)	ほう素 ^{d)} (B ₂ O ₃) (mg)
ほう素施肥区	100	100	100	10
	100	100	100	100
	100	100	100	200
	100	100	100	300
	100	100	100	400
	100	100	100	500
標準区	100	100	100	0

a) 硫酸アンモニウムを使用

b) 過りん酸石灰を使用

c) 塩化加里を使用

d) ほう酸、三酸化二ほう素及びびほう砂の3種類を使用

(2) 栽培方法

植物に対する害に関する栽培試験の方法・解説(2017)⁸⁾にしたがってノイバウエルポットに施肥した土壌を充填し, その1日後にコマツナを20粒播種して21日間栽培した. 栽培条件は, 人工気象装置(小糸工業製 コイトロン KG50-HLA 型)内で光量子束密度約 310 μmol m⁻²s⁻¹, 照明時間 12 時間, 気温昼間 25 °C, 夜間 18 °C, 湿度 65 %の一定とした. 灌水は最大容水量の 60 %を目安に行い, 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. また, 人工気象装置内でのポットの配置は休日を除き, 毎日無作為に場所を

変更した。

3) 調査項目

発芽率, 葉長, 収穫物の生体重及び異常症状の確認を行った。

3. 結果

1) 発芽率及び生育調査

ほう酸区, 三酸化二ほう素区及びほう砂区の播種後 7 日目及び 21 日目の様子を(写真 1)～(写真 6)に示す。また, 発芽率, 葉長, 生体重及び生体重指数を表 3 に示す。

発芽率は図 1 に示したとおり, ほう酸区及び三酸化二ほう素区では, 0 mg/pot ~100 mg/pot で 100 %であったが, 200 mg/pot 以上で低下し, 500 mg/pot では 10 %台まで低下した。ほう砂については 200 mg/pot においても 100 %であったが, 300 mg/pot 以上で低下し, 500 mg/pot では 35 %まで低下した。

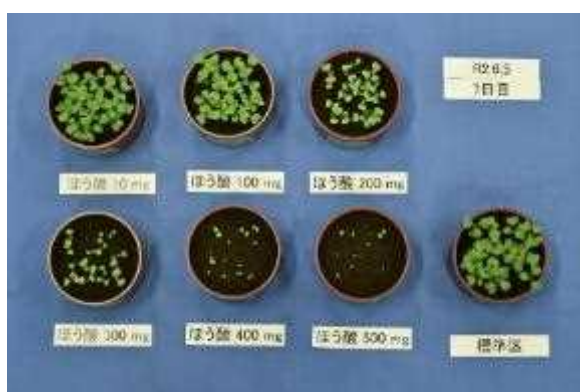
葉長(21 日目)は図 2 に示したとおり, ほう酸区, 三酸化二ほう素区及びほう砂区において 0 mg/pot ~300 mg/pot で同程度であったが, 400 mg/pot 以上で低下した。減少幅については, ほう砂区がほう酸区及び三酸化二ほう素区よりも小さかった。

生体重及び生体重指数は図 3 に示したとおり, 10 mg/pot においてはいずれの試験区においても生体重指数はほぼ 100 %であったが, 100 mg/pot ではほう酸区は 110 %, ほう砂区では 118 %まで上昇した。200 mg/pot 以上ではいずれも減少傾向になり, ほう酸区及び三酸化二ほう素区は 400 mg/pot 以上で 20 %以下となった。ほう砂区においても減少傾向であったが, 400 mg/pot 以上で 49 %以下であり, 減少幅については, ほう砂区がほう酸区及び三酸化二ほう素区よりも小さかった。

これらの結果, ほう素の過剰施肥によって, 発芽率の低下及び生育不良が認められた。なお, ほう酸及び三酸化二ほう素の方がほう砂よりも生育不良が顕著であった。

表3 発芽率及び生育調査の結果

試験区	ほう素施肥量 (mg)	発芽率 (%)	葉長(cm)		生体重 (g)	生体重指数 (%)
			(14日)	(21日)		
ほう酸区	0	100	9.0	10.4	32.8	100
	10	100	8.6	10.1	33.1	101
	100	100	8.1	10.8	36.1	110
	200	95	6.9	11.0	31.3	95
	300	83	4.5	9.8	22.1	67
	400	38	2.3	6.6	6.5	20
	500	15	1.6	4.1	2.0	6
三酸化二ほう素区	0	100	7.0	10.4	31.6	100
	10	100	6.7	10.5	32.7	103
	100	100	6.5	9.9	31.5	100
	200	93	5.7	9.7	25.5	81
	300	70	3.7	9.2	16.9	53
	400	35	2.2	6.6	5.6	18
	500	10	1.3	3.4	0.8	3
ほう砂区	0	100	7.9	9.1	28.6	100
	10	100	7.5	9.2	29.0	101
	100	100	7.3	11.0	33.8	118
	200	100	5.9	10.6	32.1	112
	300	95	5.5	9.8	27.1	95
	400	78	3.8	8.9	14.1	49
	500	35	2.4	7.2	6.9	24



(写真 1) ほう酸区(7日目)



(写真 2) ほう酸区(21日目)



(写真 3) 三酸化二ほう素区(7 日目)



(写真 4) 三酸化二ほう素区(21 日目)



(写真 5) ほう砂区(7 日目)



(写真 6) ほう砂区(21 日目)

(写真 1)～(写真 6)のほう素の施肥量は上段左から B₂O₃として 10 mg, 100 mg 及び 200 mg, 下段左から 300 mg, 400 mg, 500 mg 及び 0 mg

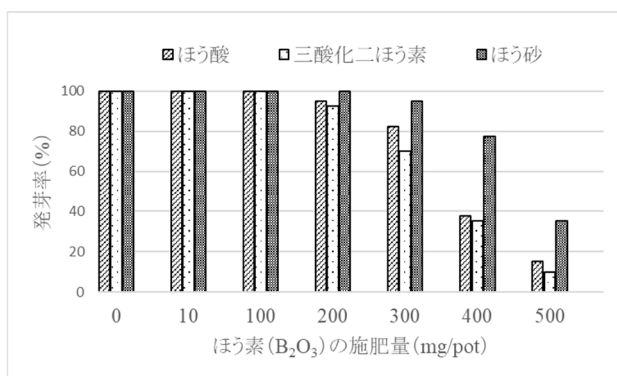


図 1 発芽率(7 日目)

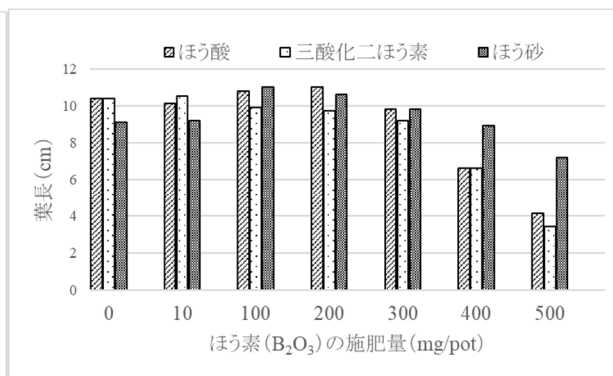


図 2 葉長(21 日目)

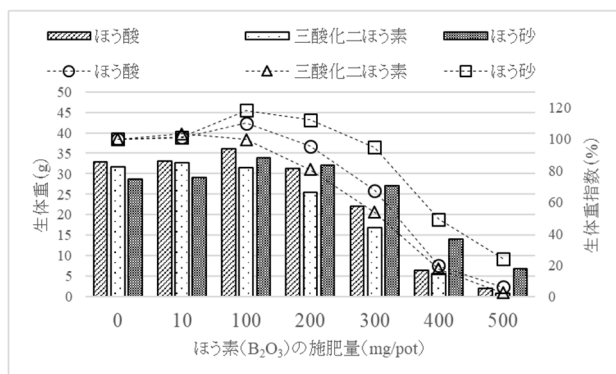


図3 生体重及び生体重指数(21日目)
(棒グラフは生体重, 折れ線は生体重指数)

2) 異常症状

生育不良以外にコマツナの生育過程で確認できた症状は、葉のカップ症状、くぼみ及び黄色化であり、ほう素が多くなるとさらに葉の一部壊死が確認できた。これらの異常症状は、ほう酸区、三酸化二ほう素区及びほう砂区のいずれの試験区においても同様の症状が認められた。異常症状については写真7及び写真8に示す。



(写真7)

ほう酸区(ほう酸を B₂O₃として 100 mg 相当量添加)の播種後 21 日目の様子。

葉のカップ症状、くぼみは全体的に見られた。黄色化はくぼみが生じた部分に見られた。

これらの症状は 14 日目頃から確認できた。



(写真8)

ほう酸区(ほう酸を B₂O₃として 300 mg 相当量添加)の播種後 21 日目の様子。

300 mg に増やすとカップ症状がさらに進み、一部の葉が壊死する症状も見られた。

3) クロピラリドによる症状との比較

トマト等において、クロピラリドによるカップ症状は乾土中の濃度が 5 µg/kg で確認されている⁹⁾。本検

討では、1ポットあたり(乾土約250g)クロピラリドを1 µg, 5 µg, 10 µg, 20 µg, 50 µg及び100 µg添加し、乾土中の濃度が4 µg/kg, 20 µg/kg, 40 µg/kg, 80 µg/kg, 200 µg/kg及び400 µg/kgに調製した土壌を用いてコマツナを栽培した。施肥設計は表4のとおり。

発芽率及び生育調査の結果を表5に示した。発芽率はいずれの試験区においても100%であり、葉長及び生体重においてもクロピラリドを添加していない試験区とほぼ同じ結果であり、クロピラリドによる生育不良は見られなかった。(写真9)。

クロピラリドの害に関しては、5 µg添加した区で一部の葉でカップ症状が見られた。50 µg以上添加した区で全体的にカップ症状が見られるようになった。しかし、カップ症状以外は見られず、ほう素過剰症状で見られたくぼみ、黄色化及び壊死は見られなかった(写真10及び写真11)。

したがって、ほう素過剰症状及びクロピラリドによるカップ症状自体はどちらが要因かを区別することは困難であるが、ほう素過剰症状についてはカップ症状と同時にくぼみ症状が見られる事からクロピラリドの害と区別することは可能であると考えられた(写真12)。

表4 施肥設計(クロピラリド)

試験区	窒素 ^{a)} (N) (mg)	りん酸 ^{b)} (P ₂ O ₅) (mg)	加里 ^{c)} (K ₂ O) (mg)	クロピラリド (µg)
クロピラリド 添加区	100	100	100	1
	100	100	100	5
	100	100	100	10
	100	100	100	20
	100	100	100	50
	100	100	100	100
標準区	100	100	100	0

a) 硫酸アンモニアを使用

b) 過りん酸石灰を使用

c) 塩化加里を使用

表5 発芽率及び生育調査の結果(クロピラリド)

試験区	クロピラリド (µg)	発芽率 (%)	葉長 (cm)	生体重 (g)	生体重指数 (%)
クロピラリド 添加区	1	100	9.7	27.6	107
	5	100	9.2	26.5	102
	10	100	9.3	26.5	102
	20	100	9.4	25.9	100
	50	100	9.4	26.4	102
	100	100	9.6	25.6	99
標準区	0	100	9.8	25.9	100



(写真 9)

クロピラリドをポットあたり 1 µg~100 µg 添加した場合でも、発芽率は 100%であり、21 日目の葉長及び生体重に差は見られなかった。

クロピラリドの添加量は、上段左から 1 µg, 5 µg, 10 µg, 下段左から 20 µg, 50 µg, 100 µg 及び 0 µg.



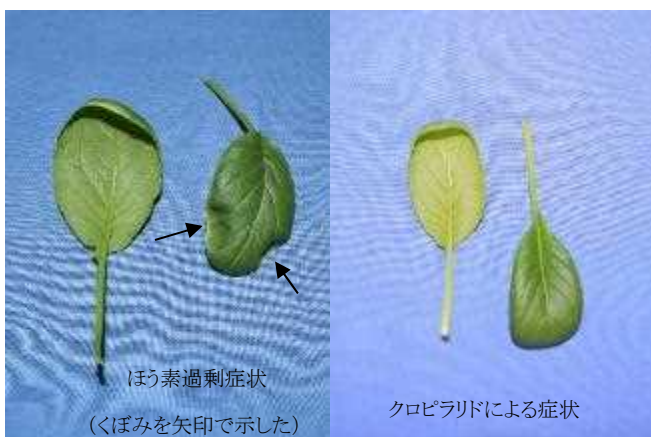
(写真 10)

クロピラリド 5 µg 添加区の 21 日後の様子。一部の葉でカップ症状が見られた。



(写真 11)

クロピラリド 100 µg 添加区の 21 日後の様子。50 µg 以上添加すると、カップ症状は全体に広がった。



(写真 12)

左がほう素過剰症状、右がクロピラリドによる症状。どちらもカップ症状は見られるが、ほう素過剰症状で見られるくぼみの症状はクロピラリドでは見られなかった。

5. まとめ

植害試験におけるコマツナの異常症状の正確な判定に役立つ基礎資料を作成するため、ほう素の過剰症状について確認した。ほう素の供給として、ほう酸、三酸化二ほう素及びほう砂を用いて試験した。ほう素の過剰施肥により、発芽率の低下及び生育不良が認められた。生育中に確認された生理障害は、ほう素として 100 mg/pot でカップ症状、くぼみ及び黄色化が認められ、それらの症状は約 14 日目から見られた。300 mg/pot 以上の場合は、葉の壊死も認められた。

クロピラリドによる害についても確認した結果、5 µg/pot 以上でほう素の生理障害で見られたのと同様のカップ症状が認められた。カップ症状については、ほう素とクロピラリドの区別は困難であったが、クロピラリドについてはほう素の生理障害で見られたくぼみ及び黄色化は認められなかったことから、それらの症状の有無で区別することは可能であると考えられた。

なお、クロピラリドについては 100 µg/pot 添加した場合であっても発芽率の低下及び生育不良は認められなかった。

コマツナ等アブラナ科の植物はクロピラリドに対する耐性が比較的高い¹²⁾ことから、クロピラリドの害を調査する場合は耐性が低い植物を用いた生物検定¹²⁾を併用する事が望ましいと考えられる。

文 献

- 1) 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 28 年 12 月 19 日, 農林水産省告示第 2535 号 (2016)
- 2) 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)
- 3) 阿部文浩, 恵智正宏:コマツナの生理障害—窒素—, 肥料研究報告, **5**, 147~155 (2012)
- 4) 藤田卓:コマツナの生理障害—りん酸—, 肥料研究報告, **6**, 117~129 (2013)
- 5) 藤田卓:コマツナの生理障害—加里—, 肥料研究報告, **6**, 182~200 (2015)
- 6) 五十嵐総一, 八木啓二, 添田英雄, 有隅孝子, 加島信一:コマツナの生理障害—銅—, 肥料研究報告, **7**, 170~184 (2016)
- 7) 五十嵐総一, 平田絵理香, 添田英雄, 加島信一:コマツナの生理障害—亜鉛—, 肥料研究報告, **8**, 208~241 (2017)
- 8) 植物に対する害に関する栽培試験の方法・解説(2017)
<http://www.famic.go.jp/ffis/fert/obj/sub9_8_2017.pdf>
- 9) 土壌中クロピラリドが野菜・花きの初期生育に及ぼす影響・データ集
<https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/clopyralid_disorder_2.pdf>
- 10) 高橋英一, 吉田実, 前田正男:新版原色作物の要素欠乏・過剰症, 133~149 農山漁村文化協会, 東京 (1980)
- 11) 秋友勝, 本名俊正, 増永二之, 藤山英保: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, 日本土壌肥料学雑誌, **77**(2), 195~199(2006)
- 12) 飼料及び堆肥に残留する除草剤(クロピラリド)の簡易判定法と被害軽減対策マニュアル(第 2 版)
<https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/clopyralid_ver2.pdf>

Physiological disorder of Komatsuna - Boron -

AOYAMA Keisuke ¹

¹Food and Agricultural Materials Inspection Center, Kobe Regional Center

FAMIC has confirmed the symptoms of physiological disorders about Komatsuna (*Brassica rapa var. perviridis*). So far, we have confirmed the symptoms related to nitrogen, phosphoric acid, potassium, etc., and this survey has clarified the symptoms when boron is excessively fertilized. It was confirmed that when excessive boron was added, the germination rate decreased and the subsequent growth deteriorated too. Furthermore, I confirmed physiological disorders in the leaves from about 14 days after sowing. I observed symptoms such as leaf coupling, depressions and yellowing of the leaves.

It was found that leaf coupling also appeared when the herbicide clopyralid added to the soil. However, I did not observed dents and yellowing of the leaves. It was found that the presence or absence of these symptoms can distinguish between the physiological disorders of boron and the harm caused by clopyralid.

These results are important findings when conducting cultivation tests regarding damage to plants.

Key words cultivation tests regarding damage to plants, Komatsuna (*Brassica rapa var. perviridis*), boron, excessive symptoms

(Research Report of Fertilizer, **14**, 221-230, 2021)