

## キャベツ・ブロッコリー栽培におけるホウ素の施用効果と動態

山本 拓<sup>1)</sup>・水谷陽子<sup>1)</sup>・中野瑞己<sup>1)</sup>・森下俊哉<sup>2)</sup>・金子良成<sup>1)</sup>

**摘要:**キャベツ、ブロッコリー栽培において、ホウ素欠乏・過剰症を発生させないホウ素施用技術の開発のため、ホウ素の種類(水溶性、ク溶性)、施用量を変えたホウ素肥料の連用試験を行った。試験の結果①キャベツ、ブロッコリーのホウ素欠乏対策として240～300 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup>のホウ素施用が有効であること、②施用するホウ素の種類は水溶性、ク溶性で大きな違いはないこと、③土壌中可給態ホウ素含量を高めるためには540～580 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup>のホウ素施用が有効であること、④ホウ素を倍量施用した場合でもキャベツ、ブロッコリーにホウ素過剰症が発生する可能性は低いことが明らかになった。

**キーワード:**キャベツ、ブロッコリー、ホウ素、ホウ素欠乏症、ホウ素過剰症

## Effect and Dynamics of Boron Application in Cabbage and Broccoli Cultivation

YAMAMOTO Taku, MZUTANI Yoko, NAKANO Mizuki,  
MORISHITA Toshiya and KANEKO Yoshinari

**Abstract:** To develop a boron application technique, we surveyed the impact of varieties and amounts of boron fertilizer on cabbage and broccoli cultivation. According to survey results: (1) 240 to 300 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup> reduced boron deficiency in broccoli, and possibly reduced the deficiency in cabbage; (2) the effect of water or citric soluble boron fertilizer application were almost equal; (3) 540 to 580 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup> increased the available boron in the soil; and (4) 540 to 580 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup> did not increase the boron content of cabbage and broccoli.

**Key Words:** Cabbage, Broccoli, Boron, Boron deficiency, Boron excess

---

本研究は愛知県経済農業協同組合連合会との共同研究「アブラナ科野菜のホウ素施用技術の開発」により実施した。

<sup>1)</sup>東三河農業研究所 <sup>2)</sup>東三河農業研究所(現東三河農林水産事務所)

(2022.9.7受理)

## 緒言

愛知県のキャベツ、ブロッコリー栽培では、ホウ素欠乏が一因とされる障害が見られる。ホウ素が欠乏すると、キャベツでは新葉部の奇形や葉柄部の亀裂<sup>1)</sup>が、ブロッコリーでは茎に亀裂やかさぶた状に木質化した症状<sup>2)</sup>が発生する。ホウ素欠乏症が発生したキャベツ、ブロッコリーは出荷できなくなるため、農業経営への影響が大きい。ホウ素欠乏症が発生する要因として、土壌中のホウ素含量が低いこと、土壌が酸性のためホウ素が流亡しやすくなること、土壌がアルカリ性のためホウ素が溶けにくくなること、生育期間中の乾燥によるホウ素吸収量の低下<sup>3)</sup>などが考えられている。

2016年に愛知県経済農業協同組合連合会(以下、JAあいち経済連)が秋冬作の作付け前のキャベツほ場129か所を対象に、土壌中の可給態ホウ素含量の調査を行った<sup>4)</sup>。その結果、ほ場全体の62.8%にあたる81か所で愛知県の土壌診断基準値<sup>5)</sup> (0.5～1.0 ppm)未満であり、県内のキャベツ栽培ほ場ではホウ素が不足傾向であることが明らかになった。

土壌中のホウ素含量が低い場合の対策としては、ホウ素肥料を施用することが考えられるが、ホウ素は適量幅が狭く<sup>3)</sup>、作物の適量を超えた場合には過剰症の発生も懸念されるため、ホウ素の施用には注意が必要である。また、愛知県ではこれまでホウ素肥料の動態に関する研究がされておらず、施用したホウ素がどの程度ほ場に蓄積するか知見がない。そこで、ホウ素の種類、施用量を変えた肥料の連用試験を行い、土壌中ホウ素含量の動態とキャベツ、ブロッコリーの生育との関係を調査し、ホウ素欠乏及び過剰症を発生させないホウ素肥料の施用方法を検討した。

## 材料及び方法

### 1 試験区の構成

栽培試験はキャベツ、ブロッコリーそれぞれに試験ほ場を設け、図1のように年2作の栽培体系で行った。試験期間は2019年9月から2021年6月の2年間であり、その間にキャベツ、ブロッコリーをそれぞれ4作栽培した。

試験区の構成を表1に示した。試験区はホウ素肥料を施用しない「無施用区」、水溶性ホウ素を1作当たり240～280 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>2</sup>施用する「水溶性区」、ク溶性ホウ素を240～300 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>2</sup>施用する「ク溶性区」、水溶性及びク溶性ホウ素を540～580 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>2</sup>施用する「倍量区」の4区とした。な

お、水溶性区及びク溶性区のホウ素施用量は、地域で慣行的に施用されているホウ素の量と同程度とした。

ホウ素肥料の種類を表2、3に示した。水溶性区は1～4作まで水溶性のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を0.2%含むBBBみなみ(JAあいち経済連)を用い、基肥及び1回目の追肥で120～140 g m<sup>2</sup>施用した。ク溶性区は1、2作目にク溶性のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を0.5%含むBMようりん(デンカ株式会社)を基肥で60 g m<sup>2</sup>施用、3、4作目にJAあいち経済連が開発したク溶性のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を0.2%含むク溶性試作肥料を用い、基肥及び1回目の追肥で120～140 g m<sup>2</sup>施用した。倍量区は1、2作目ではBBBみなみとBMようりんを、3、4作目にク溶性試作肥料とク溶性のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を15%含むハイボロン15号(TOMATEC株式会社)を用いた。尚、ハイボロン15号はBMようりんと同量のホウ素施用量となるよう、基肥で2 g m<sup>2</sup>施用した。

### 2 耕種概要

試験は東三河農業研究所の露地ほ場で行った。試験開始前土壌の化学性を表4に示す。キャベツは愛知県の土壌診断基準値<sup>5)</sup>においてpHが適正、可給態ホウ素が低く、CECが中庸、塩基飽和度が高いほ場で試験を行った。ブロッコリーはpHが適正、可給態ホウ素が低く、CECが低く、塩基飽和度が適正なほ場で試験を行った。

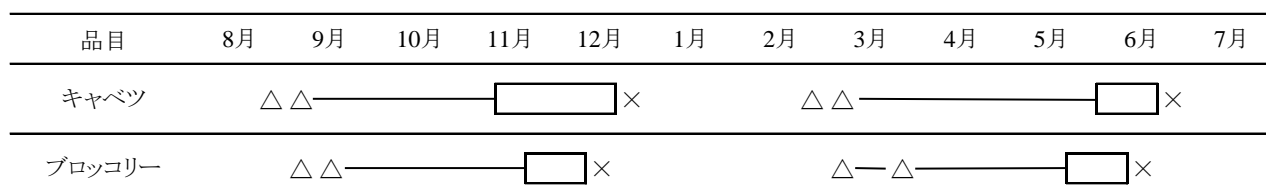
試験規模はキャベツほ場で1区当たり30 m<sup>2</sup>、ブロッコリーほ場で1区当たり36 m<sup>2</sup>とし、両ほ場とも2連制で試験を行った。

キャベツの品種は、秋冬作型の1作目を「しぶき2号」(有限会社石井育種場)、3作目を「しぶき」(有限会社石井育種場)とし、春夏作型は2、4作目ともに「初恋」(株式会社トーホク)とした。栽植密度は秋冬作型を畝間60 cm、株間27 cmとし、春夏作型を畝間60 cm、株間30 cmとした。秋冬作型は定植を8月下旬から9月上旬に行い、収穫調査を11月上旬から12月中旬に行った。春夏作型は2月下旬から3月上旬に定植を行い、収穫調査を6月上旬から中旬に行った。両作型ともに、収穫調査後はキャベツの結球をほ場外に持ち出し、外葉をトラ

表1 試験区の構成

試験区	ホウ素肥料の種類	ホウ素施用量(mg-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> m <sup>2</sup> )			
		1作目	2作目	3作目	4作目
無施用区	-	0	0	0	0
水溶性区	水溶性	280	240	280	240
ク溶性区	ク溶性	300	300	280	240
倍量区	水溶性・ク溶性 <sup>1)</sup>	580	540	580	540

1) 3、4作目はク溶性ホウ素肥料のみを施用



△:定植 □:収穫 ×:すき込み

図1 キャベツ、ブロッコリーの栽培体系

表2 ホウ素肥料の種類及び施用量(1、2作目)

試験区	基肥				追肥 1 回目		
	肥料の種類	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 含量 (%)	施用量(g m <sup>-2</sup> )		肥料の種類	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 含量 (%)	施用量 (g m <sup>-2</sup> )
			1 作目	2 作目			
無施用区	—	—	—	—	—	—	—
水溶性区	BBB みなみ	0.2	80	60	BBB みなみ	0.2	60
ク溶性区	BM ようりん	0.5	60	60	—	—	—
倍量区	BBB みなみ	0.2	80	60	BBB みなみ	0.2	60
	BM ようりん	0.5	60	60			

表3 ホウ素肥料の種類及び施用量(3、4作目)

試験区	基肥				追肥 1 回目		
	肥料の種類	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 含量 (%)	施用量(g m <sup>-2</sup> )		肥料の種類	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 含量 (%)	施用量 (g m <sup>-2</sup> )
			3 作目	4 作目			
無施用区	—	—	—	—	—	—	—
水溶性区	BBB みなみ	0.2	80	60	BBB みなみ	0.2	60
ク溶性区	ク溶性試作肥料	0.2	80	60	ク溶性試作肥料	0.2	60
	ク溶性試作肥料	0.2	80	60			
倍量区	ハイボロン粒状 15 号	15	2	2	ク溶性試作肥料	0.2	60

表4 試験開始前土壌の化学性

品目	pH (1:5)	可給態 ホウ素 (mg kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmolc kg <sup>-1</sup> )	交換性塩基			塩基 飽和度 (%)
				CaO (mg kg <sup>-1</sup> )	MgO (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	
キャベツ	7.0	0.28	10.8	3096	251	650	126.3
ブロッコリー	6.5	0.15	8.2	1625	484	165	103.8

クタですき込んだ。施肥量は窒素を秋冬作型で26 g-N m<sup>-2</sup>、春夏作型で23.2 g-N m<sup>-2</sup>とし、基肥及び2回の追肥で分施した。また、試験区でホウ素配合肥料、改良剤を施用する場合は、その他の区でも養分施肥量が同等となるよう肥料を施用した。

ブロッコリーの品種は秋冬作型、春夏作型ともに「ベルネ」(トヨタネ株式会社)を用いた。栽植密度は秋冬作型を畝間60 cm、株間30 cmとし、春夏作型を畝間60 cm、株間33 cmとした。秋冬作型は定植を9月上旬から中旬に行い、収穫調査を11月中旬から12月上旬に行った。春夏作型は定植を2月下旬から3月下旬に行い、収穫調査を5月下旬から6月上旬に行った。両作型ともに、収穫後は花蕾をほ場外に持ち出し、外葉をトラクタですき込んだ。施肥量は窒素を秋冬作型で26 g-N m<sup>-2</sup>、春夏作型で23.2 g-N m<sup>-2</sup>とし、基肥及び2回の追肥で分施した。また、試験区でホウ素配合肥料、改良剤を施用する場合は、その他の区でも養分施肥量が同等となるよう肥料を施用した。

### 3 調査内容

#### (1) 収穫調査

キャベツは1区あたり3か所で、隣接する株に欠損のない連続した5株を地際から刈り取り、合計15株の新鮮重を収穫物(結球)と外葉にわけて調査した。試料の一部を乾燥、粉碎後、ホウ素濃度<sup>6)</sup>を測定した。収穫調査の際にホウ素欠乏症及び過剰

症発生の有無を1株ごと目視で確認した。

ブロッコリーは1区あたり3か所で、隣接する株に欠損のない連続した10株を地際から刈り取り、合計30株の新鮮重を収穫物(花蕾、茎、外葉にわけて調査した。試料の一部を乾燥、粉碎後、ホウ素濃度を測定した。収穫調査の際にホウ素欠乏症及び過剰症発生の有無を1株ごと目視で確認した。

#### (2) 土壤中可給態ホウ素含量

キャベツ、ブロッコリーともに栽培前後及び栽培期間中に4～6回土壌採取を行った。栽培前後は地表から20 cmの土壌を、栽培期間中は作物の生育への影響を抑えるため地表から10 cmの土壌をスコップで混和し採取した。採取した土壌は熱水可溶性ホウ素(可給態ホウ素)をJAあいち経済連への依頼分析により測定した。

## 試験結果

### 1 キャベツ、ブロッコリーの収量及びホウ素欠乏・過剰症の発生状況

1～4作目までのキャベツ収量を図2～5に示した。秋冬作型である1、3作目の収量は1作目が8.6～9.3 kg m<sup>-2</sup>、3作目が7.1～7.6 kg m<sup>-2</sup>であった。いずれも愛知県の11から12月収穫作型の目標収量<sup>5)</sup>である5.5 kg m<sup>-2</sup>以上であり、十分な生育であった。春夏作型である2、4作目の収量は2作目が6.4～7.2

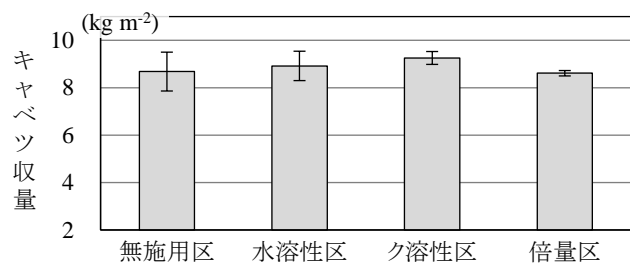


図2 キャベツ収量(1作目)

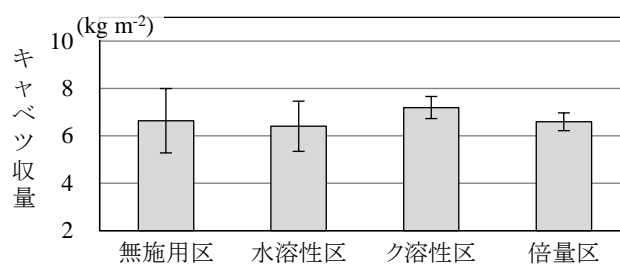


図3 キャベツ収量(2作目)

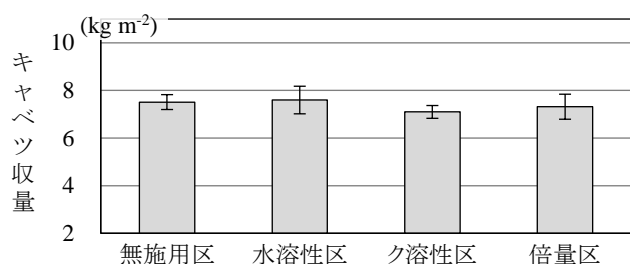


図4 キャベツ収量(3作目)

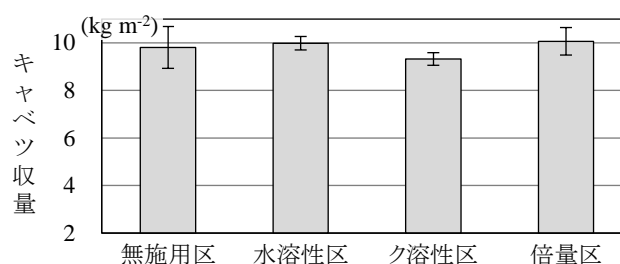


図5 キャベツ収量(4作目)

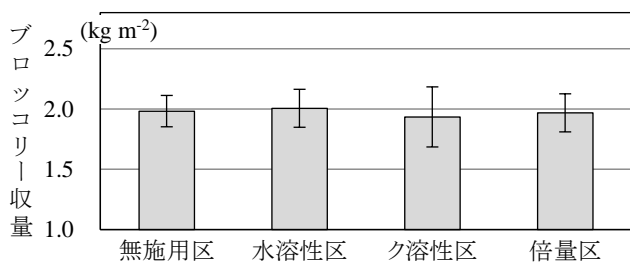


図6 ブロッコリー収量(1作目)

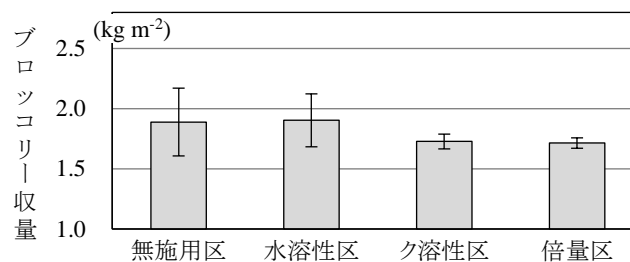


図7 ブロッコリー収量(2作目)

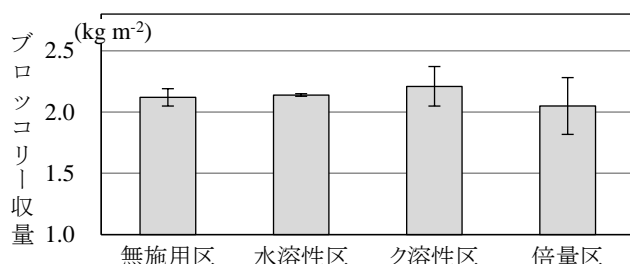


図8 ブロッコリー収量(3作目)

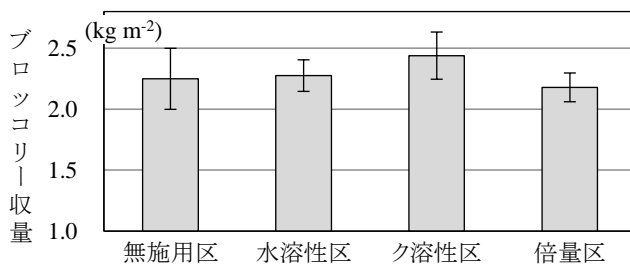


図9 ブロッコリー収量(4作目)

注) エラーバーは標準偏差を示す。キャベツ、ブロッコリーの各作とも収量について試験区間に有意差なし(Tukey法)

kg m<sup>-2</sup>、4作目が9.3~10.1 kg m<sup>-2</sup>であった。いずれも愛知県の5月から6月どり作型の目標収量である5.0 kg m<sup>-2</sup>以上であり、十分な生育であった。1~4作目のキャベツ収量は試験区間に有意な差はみられなかった。また、1~4作目のすべての試験区でホウ素欠乏症及び過剰症は発生しなかった。1~4作目までのブロッコリー収量を図6~9に示した。秋冬作型である1、3作目の収量は1作目が1.9~2.0 kg m<sup>-2</sup>、3作目が2.0~2.2 kg m<sup>-2</sup>であった。いずれも愛知県の10から1月収穫作型の目標収量<sup>5)</sup>である1.5 kg m<sup>-2</sup>以上であり、十分な生育であった。春夏作型である2、4作目の収量は2作目が1.7~1.9 kg m<sup>-2</sup>、4作目が2.2~2.4 kg m<sup>-2</sup>であった。いずれも愛知県の4から5月どり作型の目標収量である1.5 kg m<sup>-2</sup>以上であり、十分な生育であった。1~4作目のブロッコリー収量は試験区間に有意な差はみられなかった。また、1~4作目のすべての試験区でホウ素過剰症は発生しなかった。

## 2 ブロッコリーのホウ素欠乏症

ブロッコリーは2~4作目にホウ素欠乏症が発生した(図10)。ブロッコリーのホウ素欠乏症発生株率を表5に示した。ホウ素欠乏症は2作目以降のすべての無施用区で発生しており、発生株率は2作目で11.7%、3作目で40.0%、4作目で75.0%と連作するごとに増加した。

## 3 キャベツ、ブロッコリーのホウ素濃度

キャベツのホウ素濃度を表6に示した。結球のホウ素濃度は1作目が7.6~10.6 ppm、2作目が12.1~16.7 ppm、3作目が15.5~20.1 ppm、4作目が5.5~12.5 ppmであった。1~3作目までは試験区間にホウ素濃度の差はあまり見られなかったが、4作目は無施用区のホウ素濃度が低くなる傾向であった。外葉のホウ素濃度は1作目が9.5~18.0 ppm、2作目が5.6

～8.6 ppm、3作目が14.2～30.3 ppm、4作目が3.6～23.1 ppmであった。試験区間では、無施用区でホウ素濃度が低く、倍量区で高くなる傾向であった。

ブロッコリーのホウ素濃度を表7に示した。花蕾のホウ素濃度は1作目が23.8～25.7 ppm、2作目が10.7～17.7 ppm、3作目が15.3～28.9 ppm、4作目が7.4～38.8 ppmであった。試験区間の差は1作目では見られなかったが、2～4作目では無施用区でホウ素濃度が低くなる傾向であった。茎のホウ素濃度は1作目が14.1～16.2 ppm、2作目が5.2～9.3 ppm、3作目が5.1～13.6 ppm、4作目が9.5～23.5 ppmであった。試験区間の差は1、2作目では見られなかったが、3作目では無施用区で低く、4作目ではク溶性区で高い傾向であった。外葉のホウ素濃度は1作目が17.3～30.7 ppm、2作目が7.4～16.7 ppm、3作目が13.7～43.4 ppm、4作目が10.5～30.6 ppmであ



図10 ブロッコリーのホウ素欠乏症発生株

表5 ブロッコリーのホウ素欠乏症発生株率(%)

試験区	1 作目	2 作目	3 作目	4 作目
無施用区	0	11.7	40.0	75.0
水溶性区	0	0	0	0
ク溶性区	0	0	0	0
倍量区	0	0	0	0

った。試験区間の差はすべての作で無施用区のホウ素濃度が低くなる傾向であった。また、3作目は倍量区でホウ素濃度が高くなる傾向であった。

#### 4 キャベツ・ブロッコリーほ場のホウ素収支

キャベツほ場のホウ素収支を表8に示した。無施用区のホウ素収支は-11.6～0.5 mg-B m<sup>2</sup>であり、ホウ素の収奪が認められた。水溶性区、ク溶性区のホウ素収支はそれぞれ、68.0～72.9 mg-B m<sup>2</sup>、69.8～86.7 mg-B m<sup>2</sup>であり、2作目のホウ素施肥量が多いク溶性区でホウ素剰量が多かった。倍量区のホウ素収支は161.3～164.7 mg-B m<sup>2</sup>であり、ホウ素剰量は水溶性区、ク溶性区の倍量程度となった。

ブロッコリーほ場のホウ素収支を表9に示した。無施用区のホウ素収支は-10.1～1.1 mg-B m<sup>2</sup>であり、ホウ素の収奪が認められた。水溶性区、ク溶性区のホウ素収支はそれぞれ、67.5～78.8 mg-B m<sup>2</sup>、67.2～94.0 mg-B m<sup>2</sup>であり1、2作目のホウ素施肥量が多いク溶性区でホウ素剰量が多かった。倍量区のホウ素収支は164.1～170.9 mg-B m<sup>2</sup>であり、ホウ素剰量は水溶性区、ク溶性区の倍量程度となった。

#### 5 土壌中可給態ホウ素含量の推移

キャベツほ場の土壌中可給態ホウ素含量の推移を図11に示した。無施用区の可給態ホウ素含量は試験開始前が0.26 mg kg<sup>-1</sup>、4作目の終わりで0.24 mg kg<sup>-1</sup>であり、2年間で変化しなかった。水溶性区、ク溶性区の可給態ホウ素含量は試験開始前がそれぞれ0.27 mg kg<sup>-1</sup>、0.30 mg kg<sup>-1</sup>、4作目の終わりで0.47 mg kg<sup>-1</sup>、0.57 mg kg<sup>-1</sup>であり、ホウ素施用により可給態ホウ素含量が増加した。ク溶性区のホウ素肥料をBMよりんからク溶性区試作肥料に変更した3、4作目では水溶性区に比べク溶性区の可給態ホウ素含量が増加する傾向であった。倍量区の可給態ホウ素含量は試験開始前が0.29 mg kg<sup>-1</sup>、4作目の終わりで0.66 mg kg<sup>-1</sup>であり、ホウ素施用により可給態ホウ素含量が増加した。4作終了時の可給態ホウ素含量は倍量区が最も多く、ホウ

表6 キャベツ植物体のホウ素濃度<sup>1)</sup> (ppm)

試験区	1 作目		2 作目		3 作目		4 作目	
	結球	外葉	結球	外葉	結球	外葉	結球	外葉
無施用区	7.6	9.5	12.1	5.6	15.5	14.2	5.5	3.6
水溶性区	10.4	13.8	12.3	8.6	15.8	26.3	10.5	21.5
ク溶性区	9.1	10.6	14.2	8.0	19.0	26.1	11.2	15.3
倍量区	10.6	18.0	16.7	8.3	20.1	30.3	12.5	23.1

注) 各作、各部位とも試験区間に有意差なし(Tukey法) 1) キャベツ乾物当たりの値

表7 ブロッコリー植物体のホウ素濃度<sup>1)</sup> (ppm)

試験区	1 作目			2 作目			3 作目			4 作目		
	花蕾	茎	外葉	花蕾	茎	外葉	花蕾	茎	外葉	花蕾	茎	外葉
無施用区	25.2	14.1	17.3 a	10.7	5.2	7.4	15.3	5.1	13.7	7.4	13.3	10.5
水溶性区	23.8	16.2	30.7 b	22.5	9.3	13.0	26.1	12.2	30.0	38.8	16.7	26.2
ク溶性区	25.7	14.4	27.4 ab	20.7	6.4	10.5	28.9	13.6	29.7	25.7	23.5	26.6
倍量区	24.9	15.7	30.1 ab	17.7	6.5	16.7	28.5	12.4	43.4	32.2	9.5	30.6

注) 試験区の異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり(Tukey法) 1) ブロッコリー乾物当たりの値

表8 キャベツほ場のホウ素収支

試験区	作	ホウ素投入量(mg-B m <sup>-2</sup> )			ホウ素吸収量(mg-B m <sup>-2</sup> )			ホウ素収支 <sup>2)</sup> (mg-B m <sup>-2</sup> )
		肥料	残渣 <sup>1)</sup>	合計	結球	外葉	合計	
無施用区	1作目	0		0.0	5.5	4.2	9.8	-9.8
	2作目	0	4.2	4.2	5.3	2.7	8.0	-3.7
	3作目	0	2.7	2.7	8.6	5.7	14.3	-11.6
	4作目	0	5.7	5.7	3.7	1.4	5.1	0.5
水溶性区	1作目	87.0		87.0	7.7	6.4	14.1	72.9
	2作目	74.5	6.4	81.0	5.7	4.1	9.8	71.1
	3作目	87.0	4.1	91.0	8.7	10.8	19.5	71.6
	4作目	74.5	10.8	85.3	7.2	10.1	17.3	68.0
ク溶性区	1作目	93.2		93.2	7.0	4.7	11.8	81.4
	2作目	93.2	4.7	97.9	7.5	3.7	11.1	86.7
	3作目	87.0	3.7	90.7	9.8	11.0	20.9	69.8
	4作目	74.5	11.0	85.6	7.1	6.6	13.7	71.9
倍量区	1作目	180.1		180.1	7.5	7.9	15.4	164.7
	2作目	167.7	7.9	175.6	7.6	3.7	11.3	164.2
	3作目	180.1	3.7	183.8	10.6	11.9	22.5	161.3
	4作目	167.7	11.9	179.6	7.1	10.4	17.5	162.1

1) 前作の外葉を残渣による投入量とした

2) ホウ素収支=ホウ素投入量の合計-ホウ素吸収量の合計

表9 ブロッコリーほ場のホウ素収支

試験区	作	ホウ素投入量(mg-B m <sup>-2</sup> )			ホウ素吸収量(mg-B m <sup>-2</sup> )			ホウ素収支 <sup>2)</sup> (mg-B m <sup>-2</sup> )
		肥料	残渣 <sup>1)</sup>	合計	花蕾	茎葉	合計	
無施用区	1作目	0		0.0	4.7	5.4	10.1	-10.1
	2作目	0	5.4	5.4	2.0	2.3	4.3	1.1
	3作目	0	2.3	2.3	2.7	3.2	5.9	-3.5
	4作目	0	3.2	3.2	1.2	3.5	4.8	-1.6
水溶性区	1作目	87.0		87.0	4.4	8.9	13.3	73.7
	2作目	74.5	8.9	83.5	4.4	3.9	8.3	75.2
	3作目	87.0	3.9	90.9	4.4	7.6	12.1	78.8
	4作目	74.5	7.6	82.2	6.9	7.8	14.6	67.5
ク溶性区	1作目	93.2		93.2	4.6	7.6	12.2	80.9
	2作目	93.2	7.6	100.8	3.7	3.1	6.8	94.0
	3作目	87.0	3.1	90.1	4.5	6.5	11.0	79.0
	4作目	74.5	6.5	81.0	5.1	8.7	13.8	67.2
倍量区	1作目	180.1		180.1	4.5	8.3	12.8	167.4
	2作目	167.7	8.3	176.0	3.2	4.6	7.8	168.2
	3作目	180.1	4.6	184.7	4.5	9.3	13.8	170.9
	4作目	167.7	9.3	177.0	5.4	7.5	12.9	164.1

1) 前作の外葉を残渣による投入量とした

2) ホウ素収支=ホウ素投入量の合計-ホウ素吸収量の合計

素施用量に応じた増加量となった。可給態ホウ素含量が土壤診断基準値程度まで達した時期は、倍量区で2作目以降、水溶性区、ク溶性区で4作目以降であり、ホウ素施用量が多い倍量区で早く基準値の水準に達した。

ブロッコリーの土壤中可給態ホウ素含量の推移を図12に示した。無施用区の可給態ホウ素含量は試験開始前が0.10 mg kg<sup>-1</sup>、4作目の終わりで0.11 mg kg<sup>-1</sup>であり、2年間で変化しなかつた。

水溶性区、ク溶性区の可給態ホウ素含量は試験開始前がそれぞれ0.18 mg kg<sup>-1</sup>、0.21 mg kg<sup>-1</sup>、4作目の終わりで0.33 mg kg<sup>-1</sup>、0.39 mg kg<sup>-1</sup>であり、ホウ素施用により可給態ホウ素含量が増加した。また、ブロッコリーのほ場では、水溶性区とク溶性区で可給態ホウ素含量の推移に大きな違いは見られなかつた。倍量区の可給態ホウ素含量は試験開始前が0.13 mg kg<sup>-1</sup>、4作目の終わりで0.69 mg kg<sup>-1</sup>であり、ホウ素施用により可給態

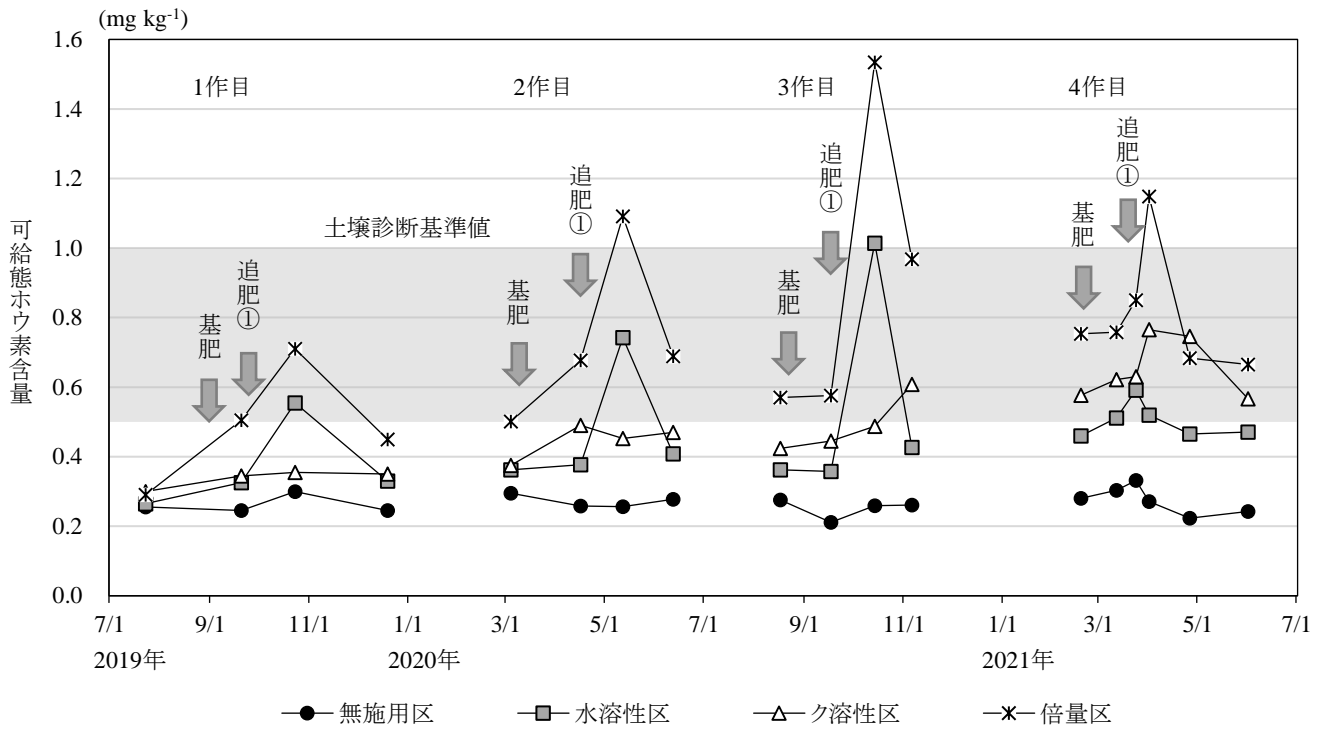


図11 キャベツほ場の土壌中可給態ホウ素含量の推移

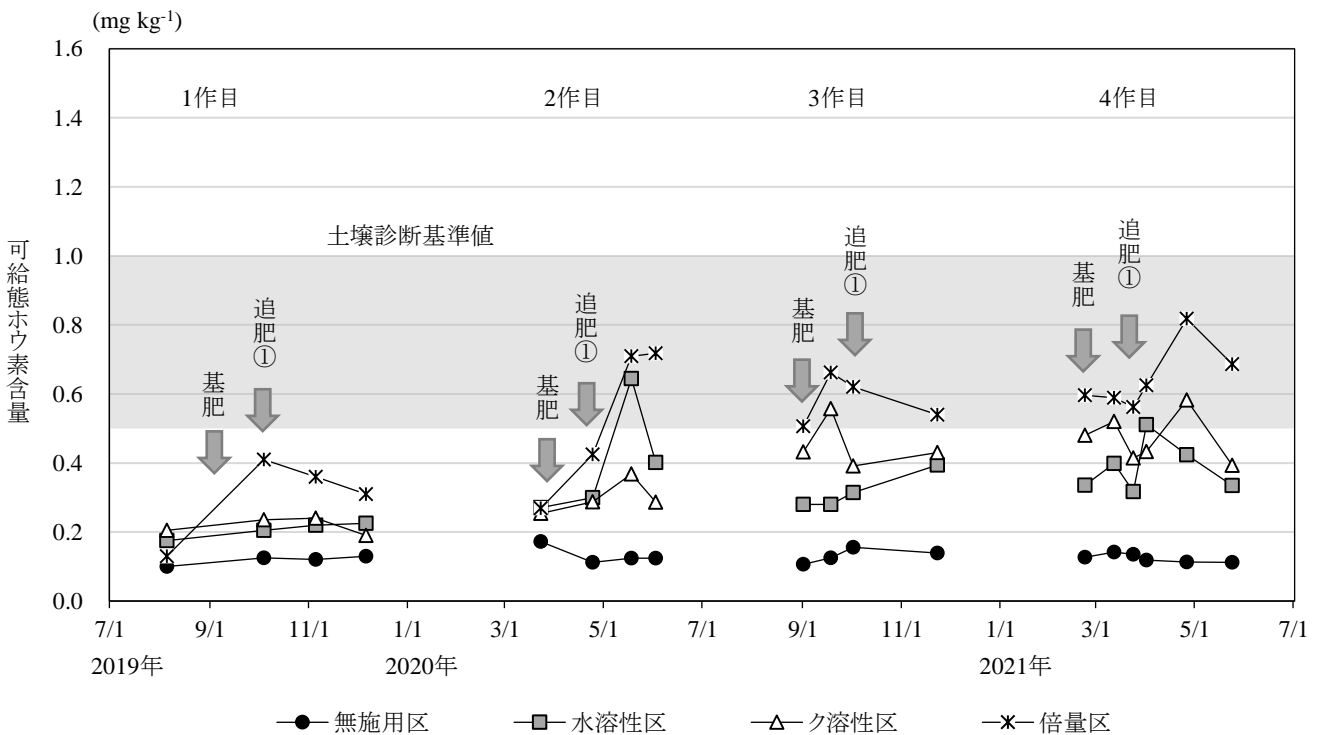


図12 ブロッコリーほ場の土壌中可給態ホウ素含量の推移

ホウ素含量が増加した。4作終了時の可給態ホウ素含量は倍量区が最も多く、ホウ素施用量に応じた増加量となった。ブロッコリーほ場では可給態ホウ素含量が土壌診断基準値に達したのは倍量区のみであり、達した時期は3作目以降となった。

### 考察

本試験ほ場の土壌pHはキャベツほ場で7.0、ブロッコリーほ場6.5であり、愛知県の土壌診断基準値の範囲内であつ

た。また、キャベツ、ブロッコリーの収量は愛知県目標収量以上であった。

以上のことから、本試験では適正に土壌管理を行っている露地栽培ほ場に対応できるホウ素の動態を評価できたと考えられる。

### 1 ホウ素欠乏症及び過剰症

キャベツ栽培では、ホウ素欠乏症も過剰症も発生しなかった。しかし、キャベツのホウ素濃度は無施用区で低くなる傾向であり、最も低いときには結球5.5 ppm、外葉で3.6 ppmであった。岩田ら<sup>7)</sup>の調査によると、キャベツでホウ素欠乏症が発生した際のホウ素濃度は10 ppm以下であったと報告しており、今回の試験でもホウ素欠乏症が発生する危険性はあったと考えられた。一方、キャベツのホウ素濃度が最も高いときでは、結球20.1 ppm、外葉30.3 ppmであった。岩田ら<sup>7)</sup>の調査では、キャベツの外葉にホウ素過剰症が出た際のホウ素濃度は344 ppmであったと報告しており、今回の試験ほ場で収穫したキャベツでは、ホウ素過剰症が発生する可能性は極めて低かったと考えられた。

ブロッコリー栽培では、無施用区において2~4作目までホウ素欠乏症が発生し、花蕾中ホウ素含量はいずれもホウ素を施用する試験区よりも低い傾向であった。また、無施用区では土壌中の可給態ホウ素含量が他の試験区よりも低かったため、ホウ素欠乏症は土壌からのホウ素が十分に供給されなかったことにより引き起こされたと考えられた。一方で2~4作目の水溶性区、ク溶性区では、土壌中の可給態ホウ素含量が土壌診断基準値未満であったにもかかわらず、ホウ素欠乏症は発生しなかった。また、岩田ら<sup>7)</sup>の調査では、ホウ素欠乏症が発生したブロッコリーの花蕾部のホウ素濃度は8.9~11.4 ppmであったと報告している。2~4作目の水溶性区、ク溶性区の花蕾中のホウ素濃度は最低でも20.7 ppmであり、ホウ素欠乏症が発生する危険性は低かったと考えられる。このため、可給態ホウ素含量が土壌診断基準値未満のほ場でも、ブロッコリーに必要な量のホウ素を供給することで、ホウ素欠乏症を予防できると考えられた。

ブロッコリーの土壌中可給態ホウ素含量は、ホウ素施用量が最も多い倍量区でも、土壌診断基準値内であった。また、植物体ホウ素濃度は最大でも3作目外葉の43.4 ppmであった。岩田ら<sup>7)</sup>の調査では、ブロッコリーのホウ素過剰症が発生した際の葉部のホウ素濃度は300 ppm以上であったと報告しており、今回の試験ほ場で収穫したブロッコリーで、ホウ素過剰症が発生する可能性は極めて低かったと考えられた。

### 2 ホウ素肥料の施肥管理

キャベツ、ブロッコリーともにホウ素を施用する区では無施用区に比べ植物体ホウ素濃度が上昇する傾向であった。また、ブロッコリーでは無施用区でのみホウ素欠乏症が発生した。これらのことより、1作あたり240~300 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>2</sup>のホウ素を施用することで、可給態ホウ素含量が土壌診断基準値未満であってもホウ素欠乏症の予防になりうると考えられた。

キャベツではホウ素の肥料投入量が同量の3、4作目にお

いて、ク溶性区の可給態ホウ素含量が水溶性区に比べ高くなる傾向であった。しかし、ホウ素吸収量は水溶性区とク溶性区で同程度であり、ホウ素収支も同程度であった。また、ブロッコリーでは、水溶性区、ク溶性区で可給態ホウ素含量の推移の違いは見られず、ホウ素吸収量、ホウ素収支も同程度であった。これらのことより、ホウ素欠乏症対策として、ホウ素肥料の種類は水溶性、ク溶性に違いはないと考えられた。倍量区は水溶性区、ク溶性区に比べ可給態ホウ素含量の増加が多く、早くに土壌診断基準値に達した。これは、倍量区ではホウ素の余剰量が多く、余剰となったホウ素が土壌に可給態ホウ素として蓄積したためと考えられた。このため、可給態ホウ素含量を増やすには540~580 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>2</sup>のホウ素施用が有効と考えられた。また、倍量区ではキャベツ、ブロッコリーともにホウ素過剰症は発生せず、植物体ホウ素濃度も適正水準であったため、4作程度の連用ではホウ素過剰症が発生する危険性は低いと考えられた。

以上より、①ホウ素欠乏対策として240~300 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>2</sup>のホウ素施用が有効であること、②その際にホウ素の種類は水溶性、ク溶性で大きな違いはないこと、③土壌中可給態ホウ素含量を高めるためには改良剤と通常肥料で540~580 mg-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m<sup>2</sup>の倍量施用が有効であること、④ホウ素を倍量施用してもホウ素過剰症が発生する可能性は低いことが明らかになった。

**謝辞:** 本研究を行うに当たり、2年間土壌中可給態ホウ素含量の分析を担っていただいたJAあいち経済連担当者各位に感謝の意を表す。

### 引用文献

1. 清水武. 新版要素障害診断辞典. 農山漁村文化協会. 東京. p46-147(2018)
2. 島根県農業技術センター. キャベツ・ブロッコリー要素欠乏. 野菜生育障害・病虫害現地診断の手引き. (1997) <https://www.pref.shimane.lg.jp/nogyogijutsu/gijutsu/seirisyougai/kyab01.html>. (2022.5.17参照)
3. 渡辺和彦. 原色野菜の要素欠乏・過剰症. 農山漁村文化協会. 東京. p27-92(2002)
4. JAあいち経済連生産資材部肥料農薬課. アブラナ科野菜におけるホウ素の適正施肥の検討. ASC. 183, p2-3(2017)
5. 愛知県農業水産局農政部農業経営課. 農作物の施肥基準. (2021). <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/nogyo-keiei/sehikijun.html>. (2022.5.17参照)
6. 作物分析法委員会. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 養賢堂. 東京. P120-123(1975)
7. 岩田正利, 小西忠彦, 須佐建紀, 萩原泉. アブラナ科野菜のホウ素欠乏ならびに過剰. 園芸学会雑誌. 37(2), 61-71(1968)