

黒ボク土でのダイコンの赤心症発生に対する ホウ素、リン酸、石膏及び堆肥の抑制効果*

川合貴雄・小野芳郎・飛川光治・藤沢敏寛
石橋英二・赤井直彦

Effects of Boron, Phosphate, Calcium Salphate and Compost on Overcoming Internal
Browning of Root 'AKASHIN' in Japanese Radish Grown in Andosols.

Takao KAWAI, Yoshirō ONO, Mitsuharu HIKAWA, Toshihiro FUJISAWA,
Eiji ISHIBASHI and Naohiko AKAI

緒 言

岡山県蒜山地域の夏播き栽培において、ダイコンの赤心症が1983年から1985年にかけて大発生した。本症はダイコンの商品性を著しく低下させることから、生産現場で大きな問題となった。赤心症は主として黒ボク土で発生するが、圃場によって発生程度が異なり、土層の深い圃場で発生しやすい傾向がみられた。ダイコンの赤心症はホウ素欠乏によって発生する^{3,11,18)}といわれ、カブ、ビート等の肥大根における褐変症状もホウ素欠乏による^{6,7)}とされているが、黒ボク土では有効態ホウ素が不足がちである^{3,11,12)}。また、黒ボク土では、有効態リン酸も欠乏しやすいが、生産現場では有効態リン酸の少ない圃場で発生が多い傾向がみられた。さらに、黒ボク土では、腐植含量は多いものの有効腐植含量が少なく、一般に堆肥施用効果が大きい。

そこで、黒ボク土で赤心症発生抑制効果を明らかにするためにホウ素、リン酸、石膏、堆肥等の施用による赤心症発生抑制効果について試験を行った。

本研究実施に当たり、御助言をいただいた当時特別研究員岡本康博博士(病虫部長)、特別研究員繁田充保氏、専門研究員海野孝章氏及び元当時特別研究員秋山昌弘氏(元野菜・花部長)、現地試験等で御協力いただいた当時技術師久山弘巳氏、同技術員岸田勝彦氏、普及園芸課、真庭地方振興局、真庭農業改良普及所、高冷地農業センター、八束村、川上村、中和村、蒜山地区大根出荷連合会及び岡山県経済農業協同組合連合会の関係各位に対して深謝の意を表する。

材料及び方法

試験は当場の雨除け施設内と岡山県八束村の表層多腐植質黒ボク土(以下黒ボク土と記す)露地圃場で行った。雨除け施設内では幅 1.0 m、深さ 20 cm の隔離ベットに黒ボク土を入れ、24 cm 株間で 2 条に播種した。品種は「夏の早生 3 号」を用いた。肥料は、雨除け施設内では a 当

たり窒素 1.4 kg、リン酸 2.0 kg、カリ 1.2 kg 施用し、八束村の圃場では a 当たり窒素 1.0 kg、リン酸 2.0 kg、カリ 1.0 kg 施用した。また、八束村の圃場では 1.4 m の畝にシルバーポリマルチをして 24 cm 株間で 2 条に播種した。赤心症発生程度は肥大根を縦割りにして発現程度(褐変の濃さ及び広がり程度を肉眼で判定)を 0 (無)、0.5 (微)、1.0 (少)、2.0 (中)、3.0 (多)、4.0 (甚)、5.0 (激甚)に指数化し、次式により算出した。

$$\text{発生程度} = \frac{\sum (\text{発現程度} \times \text{発現程度別株数})}{\times 100 / (5 \times \text{調査総株数})}$$

土壌中及びダイコンの肥大根のホウ素はクルクミン法、土壌中リン酸はトルオグ法、ダイコン肥大根のリン酸はモリブデン青法で分析した。また、肥大根のカリウム、カルシウム及びマグネシウムは原子吸光分析法で分析した。肥大根の全ポリフェノール (PP) は中心柱中央部分をホーリンデニス法で分析した。ポリフェノールオキシダーゼ (PPO) 活性は試験管に 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 6.0) 2.6 ml と 0.1 M クロロゲン酸 0.3 ml をとり、30℃の恒温槽で平衡させた後、粗酵素液 0.1 ml を加え、10分後 420 nm における吸光値を測定した。なお、粗酵素液としては、乳鉢に 0.1 M リン酸緩衝液 5 ml と肥大根の中心柱中央部分 15 g を入れて十分磨砕した後、濾過したものを用いた。

1. ホウ素の施用効果

岡山県八束村では、1987年にホウ酸を多量施用 (0.6, 1.2 kg/a) して 6 月 12 日に播種した。1989年にはホウ砂とホウ酸をそれぞれ 0.2, 0.4, 0.6 kg/a 施用し、6 月 8 日に播種した。試験は 1 区 18 m² の 2 反復とし、収穫適期に達した時に 1 区当たり肥大根を 30 株抜き取り、赤心症の発現及び重量を調査測定した。

2. 過リン酸石灰、堆肥、石膏等の施用及びこれらの併用の影響

試験 1 : 1988年に当場内で黒ボク土を入れた隔離床に

* 本報告の一部は園芸学会昭和63年及び平成元年秋季大会で講演発表した。

過リン酸石灰(以下、過石と記す)(230 kg/a)施用区、堆肥(1 t/a)施用区、ホウ酸(400 g/a)施用区、過石・堆肥・ホウ酸併用区及び無処理区を設け、6月2日に播種し、8月1日に各区20株肥大根を抜取り、赤心症の発現及び重量を調査・測定した。

試験2：1988年に八束村の圃場で過石(40 kg/a)施用区、堆肥(0.3 t/a)施用区、過石・ホウ酸(0.6 kg/a)併用区、堆肥・ホウ酸併用区、過石・ホウ酸・堆肥併用区、石膏施用区及び無処理区を設け、6月13日に播種した。試験は1区18m²の2反復とし、収穫適期に達した8月9日に1区当たり肥大根を20株抜取り、赤心症の発現及び重量を調査・測定した。

試験3：1989年に当場内で黒ボク土を入れた隔離床に過石(230 kg/a)施用区、ピートモス(10 m³/a)施用区、堆肥(10 m³/a)施用区、ピートモス・過石併用区及び無処理区を設け、6月20日に播種した。試験は1区24株の2反復とし、8月23日に1区当たり15株抜取り、赤心症の発現及び重量を調査・測定した。

試験4：1990年に黒ボク土を入れた場内の隔離床に石膏60kg/a(CaO:16kg/a, SO₄:28.2kg/a)施用区、炭酸カルシウム(以下、炭カルと記す)35kg/a(CaO:16.0kg/a)施用区、過石100kg/a(P₂O₅:17.5kg/a, CaO:16.0kg/a, SO₄:28.2kg/a)施用区及び無処理区を設けた。試験は1区24株の2反復とし、6月19日に播種し、8月20日に1区当たり15株肥大根を抜取り、赤心症の発現及び重量を調査・測定した。

なお、試験1～4での堆肥は、おかくず牛ふん堆肥を用いた。

3. 各種リン酸肥料施用効果

1989年に八束村の黒ボク土で各リン酸肥料施用区のリン酸成分量を35 kg/aとして、過石200 kg/a施用、重焼リン100 kg/a施用、リンスター117 kg/a施用の各区とそれに無処理区を設けた。試験は1区24株の2反復とし、6月8日に播種し、8月2日に1区当たり20株肥大根を抜取り、赤心症の発現及び重量を調査・測定した。

結 果

1. ホウ素の施用効果

1987年のホウ酸多量施用による結果は第1表に示した。0.6 kg/a施用区と1.2 kg/a施用区はともに無処理区に比べて、肥大根はやや軽かったが土壤中の有効態ホウ素含量が4.0～6.0 ppmに増加し、葉部及び根部のホウ素含有率が40～50 ppmに高まって赤心症の発生株率及び発生程度は低かった。しかし、0.6 kg/a施用区と1.2 kg/a施用区との間に赤心症の発生株率、程度ともに差は認められなかった。

1989年におけるホウ酸及びホウ砂施用量の結果は第2表に示した。ホウ砂施用の各区は赤心症の発生抑制効果がみられなかったが、ホウ酸施用の各区は無処理区に比べて、赤心症の発生が若干少なかった。ただし、ホウ酸施用量が0.2～0.6 kg/aの範囲では赤心症の発生に差が認められず、0.6 kg/a施用区では1987年の0.6 kg/a施用区ほど赤心症の発生が減少しなかった。

2. 過石、堆肥、石膏等の施用及びこれらの併用の影響

試験1：肥大根は堆肥及び過石施用区が無処理区より

第1表 ホウ酸の多量施用が赤心症発生、作物体ホウ素含有率に及ぼす影響(1987)

処 理	土壌中有効態 B (ppm)		肥大根重 (g)	赤心症発生		作物体 B 含有率(乾作 ppm)	
	0～15cm	15～30cm		株率(%)	程 度	葉 部	肥 大 根
0.6 kg/a 施用	5.98	4.10	772	30	9	66.8	41.0
1.2 kg/a 施用	9.69	6.03	766	27	7	106.0	48.7
無処理	0.36	0.43	923	89	22	53.0	32.0

第2表 ホウ酸及びホウ砂施用量が赤心症発生、肥大根のホウ素含有率に及ぼす影響(1988)

処 理	土壌中有効 態 B (ppm)	肥大根重 (g)	赤心症発生		肥大根 B 含有率 (乾物 ppm)
			株率(%)	程 度	
ホウ酸 0.2 kg/a 施用	1.16	676	55	13	35.3
ホウ酸 0.4 kg/a 施用	4.57	683	55	13	31.6
ホウ酸 0.6 kg/a 施用	5.22	644	55	12	29.8
ホウ砂 0.2 kg/a 施用	0.98	752	73	19	27.1
ホウ砂 0.4 kg/a 施用	2.24	702	68	16	32.6
ホウ砂 0.6 kg/a 施用	4.44	815	70	16	27.7
無 処 理	0.26	673	70	18	26.4

も重かった。赤心症の発生は、ホウ酸区では無処理区とほぼ同等であったが、過石区及び堆肥区では無処理区に比べてかなり少なく、過石・堆肥・ホウ酸併用区では全く発生しなかった。肥大根の PP 含量は無処理区に比べて、ホウ酸区はわずかに多かったが、過石または堆肥の各区では少なかった。PPO 活性は無処理区に比べて、ホウ酸区はほぼ同等であったが、過石及び堆肥区は低かった（第 3 表）。土壌 pH は赤心症発生の少ない区で低い傾向がみられた。肥大根の無機成分、すなわちリン、ホウ素、カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有率と赤心症発生との単相関係数はリンが最も高く、肥大根のリン含有率が高いほど赤心症の発生は少なかった。また、過石・堆肥・ホウ酸併用区は、過石区に比べて根部のリン含有率が高く、ホウ酸区に比べて肥大根のホウ素含有率が高かった（第 4 表）。

試験 2：八束村での過石、堆肥及び石膏施用の結果は第 5 表に示した。赤心症の発生は無処理区に比べて、石膏区で若干少なく、過石区及び堆肥区でかなり少なく、過石・堆肥・ホウ酸併用区ではさらに少なかった。肥大根は各処理区共に無処理区よりも重かった。赤心症発生の少ない過石施用の各区では無処理区に比べて、土壌中の有効態リン酸が著しく多く、肥大根のリン含有率も高かった。また、過石・堆肥・ホウ酸併用区は、過石区に比べて土壌中有効態リン酸含量、過石・ホウ酸区に比べて有効態ホウ素含量が多かった。なお、各処理区の土壌 pH と赤心症発生との関係は明らかでなかった。

試験 3：堆肥、ピートモス及び過石施用の結果は第 6 表に示した。赤心症は、ピートモス区は無処理区とほぼ同等に発生したが、過石区、堆肥区及びピートモス・過石併用区では無処理区に比べて発生が少なかった。しかし、ピートモス・過石併用区は過石単用区よりも発生が少なかった。肥大根のリン、カルシウム、マグネシウム、カリウム及びホウ素含有率はピートモス区と無処理区とは大差がなかったが、赤心症発生の少ない各処理区では無処理区よりも肥大根のリン含有率が高かった。また、土壌中有効態リン酸は、ピートモス・過石併用区が過石区よりも多かった。

試験 4：石膏、炭カル等の施用結果は第 7 表に示した。肥大根は過石区が重かった。赤心症の発生は無処理区に比べて、過石区及び石膏区ではかなり少なかったが、炭カル区では差が認められなかった。石膏区は過石区よりも赤心症の発生がやや多かった。肥大根中の PP 含量は過石及び石膏区で少なかった。土壌 pH は、赤心症発生の少ない過石区で低かったが、赤心症との関係は明確ではなかった。

3. 各種リン酸肥料の施用効果

肥大根はリン酸肥料施用の各区が無処理区よりも重く、特に過石区及び重焼リン区で重かった。赤心症の発生はリン酸肥料施用の各区が無処理区よりも少なく、肥料の種類では過石区が最も少なく、次いでリンスター区、重焼リン区の順に少なかった。根部のリン含有率は過石区が重焼リン区よりも高かった（第 8 表）。

第 3 表 過石、堆肥等の施用が赤心症の発生、肥大根の PP 及び PPO 活性に及ぼす影響（試験 1）

処 理	肥大根重 (g)	赤心症発生		PP 含有量 (mg/100 ml)	PPO 活性 (10^{-5} OD ₄₂₀ /10ml/n/0.1ml 粗酵素液)
		株率 (%)	程 度		
過石 230 kg/a (A)	544	17	3	68.3	48
堆肥 1 t/a (B)	807	33	7	74.5	44
ホウ酸 400 g/a (C)	423	50	19	90.5	55
A+B+C	563	0	0	78.3	46
無 処 理	476	63	17	87.0	56

第 4 表 過石、堆肥等の施用と肥大根無機成分含有率及び土壌 pH との関係（試験 1）

処 理	肥大根無機成分含有率(乾物)					土 壌 pH (H ₂ O)
	P (%)	B (ppm)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	
過石 230 kg/a (A)	0.60	28	0.59	0.29	3.0	5.9
堆肥 1 t/a (B)	0.46	28	0.40	0.20	6.0	6.4
ホウ酸 400 g/a (C)	0.26	37	0.42	0.22	2.8	6.9
A+B+C	0.66	43	0.40	0.16	6.1	6.0
無 処 理	0.29	23	0.44	0.28	2.8	6.7
根部無機成分含有率と赤心症発生程度との単相関係数	-0.99	-0.33	-0.25	0.34	-0.65	

第5表 過石、堆肥、石膏等の施用が赤心症発生、肥大根の無機成分及び土壌の化学性に及ぼす影響(試験2)

処 理	肥大根重 (g)	赤心症発生		肥大根(乾物)			土壌の化学性		
		株率 (%)	程度	P (%)	B (ppm)	Ca (%)	pH (H ₂ O)	有効態 P ₂ O ₅ (mg/100 g)	有効態 B (ppm)
過石 40 kg/a (A)	608	25	5	0.37	44	0.65	4.6	15.8	0.54
堆肥 0.3 t/a (B)	606	23	5	0.53	43	0.72	4.9	4.9	0.53
A+ホウ酸 0.6 kg/a (C)	588	21	4	0.70	35	0.64	5.0	16.0	4.91
B+C	702	20	4	0.78	44	0.64	4.8	6.9	8.05
A+B+C	552	16	2	0.48	39	0.48	4.9	17.2	12.82
石膏 40 kg/a	532	40	8	0.32	35	0.56	4.6	6.1	0.97
無 処 理	449	63	15	0.28	32	0.58	4.7	4.6	0.44

第6表 堆肥、ピートモス及び過石施用が赤心症発生、肥大根の無機成分及び土壌の化学性に及ぼす影響

処 理	肥大根重 (g)	赤心症発生		肥大根の無機成分(乾物)				土壌の化学性		
		株率 (%)	程度	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	B (ppm) K (%)	B (ppm)	pH (H ₂ O)	有効態 P ₂ O ₅ (mg/100 g)
堆肥 10 m ³ /a	598	53	9	0.92	0.60	0.21	4.86	28.92	7.0	16.0
ピートモス 10 m ³ /a (A)	508	76	21	0.59	0.48	0.22	2.85	25.25	6.8	4.6
過石 230 kg/a (B)	577	29	5	1.04	0.81	0.37	5.28	27.82	5.8	78.5
A+B	438	18	2	1.00	0.55	0.26	2.54	25.75	5.8	108.9
無 処 理	473	75	21	0.52	0.50	0.24	3.04	27.00	6.8	4.2

第7表 石膏及び炭カル施用が赤心症発生及び肥大根の PP 含量等に及ぼす影響

処 理	施用成分量(kg/a)			土 壌 pH (H ₂ O)	肥大根重 (g)	赤心症発生		PP 含量 (mg/100 ml)
	P ₂ O ₅	CaO	SO ₄			株率 (%)	程度	
石膏 60 kg/a	0.0	16.0	28.2	6.5	449	43	8	95
炭カル 35 kg/a	0.0	16.0	0.0	7.1	421	65	11	98
過石 100 kg/a	17.5	16.0	28.2	6.2	509	19	3	93
無 処 理	0.0	0.0	0.0	6.5	397	79	18	108

第8表 各種リン酸肥料が赤心症発生、肥大根のリン含有率に及ぼす影響

処 理	肥大根重 (g)	赤心症発生		肥大根 P (%)	土壌中有効態 P ₂ O ₅ (mg/100 g)
		株率 (%)	程 度		
過リン酸石灰	775	19	2	1.28	66.4
リンスター	628	18	4	1.12	70.9
重焼リン	779	38	6	1.08	110.9
無 処 理	501	67	20	0.88	17.3

考 察

本試験で発生した赤心症は肥大根内部の褐変症状の一つとみられるが、1950年代に鹿児島県で発生した肥大根内部の褐変症状は糸賀ら(未発表)によってホウ素欠乏で発生することが明らかにされた。また、1950年頃から兵庫県に発生したダイコンの根内部褐変症状も門野ら¹¹⁾によって‘あかしん’と呼ばれ、ホウ素欠乏で発生することが報告されている。

最近、川城ら¹³⁾が報告した‘赤しん症’も本実験での

赤心症と同一症状と判断しているが、この‘赤しん症’もホウ素欠乏によって発生すると考えられている。

一般に、ホウ素欠乏症は土壌中の有効態ホウ素が0.3 ppm以下で発生し、0.5 ppm以上で発生せず、その中間では土壌条件で発生が左右される⁷⁾。また、林ら⁵⁾は、埼玉県の火山灰性土壌では有効態ホウ素が0.5 ppm以下でダイコンのホウ素欠乏症がかなり見られるとしている。ホウ素欠乏症には、一般にホウ砂を100~150 g/a施用すればよく^{3,12,18)}、火山灰土壌やホウ素欠乏症の甚だしい場合でもBとして40 g/a程度にとどめたほうがよい³⁾とさ

れており、この B としての 40 g/a は、ホウ砂では約 0.33 kg/a、ホウ酸では約 0.23 kg/a に当たる。一方、ダイコン肥大根のホウ素含有率からホウ素欠乏症をみた場合、糸賀ら(未発表)、門野ら¹¹⁾によると、発生肥大根では 15 ppm であり、健全肥大根では 20 ppm 以上であったとしている。本試験で、赤心症の発生の多かった無処理区は土壌中の有効態ホウ素が 0.3~0.4 ppm であって欠乏傾向の土壌であった。この土壌にホウ酸 0.6~1.2 kg/a と従来よりもホウ素を大幅に増施した結果、土壌中有効態ホウ素が 4.0~6.0 ppm に増加して肥大根のホウ素含有率は 40~50 ppm に高まり、赤心症の発生は減少したので、ホウ素には赤心症発生抑制効果があると考えられる。しかし、ホウ酸の大量施用によっても赤心症の発生は大幅に減少しなかったし、無処理区の肥大根のホウ素含有率は 30 ppm 程度で、従来の判断基準では特にホウ素が不足状態にあるとは考えにくい含有率であった。また、1989 年における赤心症の発生は、ホウ砂 0.2~0.6 kg/a 施用で抑制できなかったし、ホウ酸の 0.6 kg/a 施用でも僅かに抑制しただけであった。

著者らは、赤心症は高温条件下だけで多発する¹⁴⁾こと、水耕によるホウ素欠除の実験で培養液が高温条件では低温条件よりも根部のホウ素含有率が高いにもかかわらず肥大根内部の褐変が顕著である⁵⁾ことを報告した。川城ら⁴⁾は、温度とホウ砂施用量との組合せ実験を行い、‘赤しん症’は高温区でのみ発生し、これはホウ砂施用で減少したが、肥大根のホウ素含有率は高温区ほど高くなったことから高温期にはホウ素の要求量が高まると推察している。また、田中²¹⁾は、アオウキクサを用いた実験で、ホウ素欠乏を発現させる体内ホウ素レベルは受光量の変化によって異なり、光強度が高いほどホウ素欠乏を発現させるホウ素レベルは高くなるとしている。このように、肥大根におけるホウ素の必要性が高まることについては次のことが考えられる。ホウ素欠乏によって発生する植物組織内褐変は多量に集積した PP 化合物が PPO によって酸化されて発生する¹⁵⁾とされているように、ホウ素には PP の生成を阻止すると共に、PPO 活性を抑制する働きがある。この PP 化合物は高温によっても多量に合成される^{4,15,20)}ので、高温下で生育するダイコンの PPO 活性を抑制し、PP 化合物の生成を阻止するには多量のホウ素が必要になることである。これらのことから、夏播き栽培で発生する赤心症を防止するにはかなり多量のホウ素が必要になることが考えられる。しかし、本試験でホウ素施用量を大幅に増加しても肥大根のホウ素含有率はそれほど高まらなかった。これについては、高温下で生育したダイコンのホウ素含有率は相対的に根よりも葉に高い^{13,14)}と指摘されるように根から吸収されたホウ素は葉からの蒸散が活発になると蒸散流に伴って肥大根から

葉に移行するためと思われる。

以上のことから、夏播きダイコンに発生する赤心症はホウ素施用だけでは防止しにくいことが示唆された。

これまでに赤心症の発生に対するリン関与の報告はみられないが、本試験で赤心症の発生は各種リン酸肥料、特に過石の施用で著しく減少することが認められた。黒ボク土の有効態リン酸の適量は、畑地で 10~100 mg/100 g (地力増進法改善目標)とされ、ダイコンの場合、18 mg/100 g の事例がある²²⁾が、黒ボク土では有効態リン酸が欠乏しやすく、本試験で赤心症が多発した無処理区でも 4~5 mg/100 g と極めて少なかった。しかし、赤心症の発生が少ない過石 40 kg/a 施用区では有効態リン酸が 15 mg/100 g 程度に増加しており、赤心症発生が顕著に減少した区は 100 mg/100 g に達していた。そして、リン酸肥料施用によって根部のリン含有率も高まった。

また、堆肥の施用によって肥大根のリン、カルシウム、カリウム及びホウ素含有率が高まり、赤心症の発生を抑制できた。しかし、ピートモスを施用しても肥大根の無機成分は高まらず赤心症の発生は軽減できなかった。したがって、堆肥施用による抑制効果は、無機成分の補給による結果と考えられることから、肥大根の無機成分と赤心症発生との単相関係数をみるとリンが最も高く、肥大根のリン含有率が高いほど赤心症の発生が少なかった。これらのことから堆肥施用による赤心症の発生抑制効果は、土壌の無機成分、特に有効態リン酸の増加によるものと考えられる。

Ishikura ら¹⁹⁾は *Prunus* の細胞のアントシアン含量はリン酸濃度が高いほど少ないことを認めている。アントシアン色素類はすべて PP 化合物である。本試験でリン酸の多量施用によって肥大根の PP 含有量が減少し、PPO 活性が低下することが判明した。また、Rengel, Kordan¹⁷⁾は、リン酸濃度の低下によってフェノール形成が助長されるとしている。これらのことから、リン酸はフェノール化合物の生成に影響を及ぼすことが考えられる。

赤心症の発生を防止するためのリン酸肥料は実験の結果、過石が重焼リン、リンスターよりも効果的であった。これは肥大根のリン酸含有率が過石施用区では他のリン酸肥料施用区よりも高いことからみて肥料の種類によるリン酸の肥効の違いに起因すると考えられる。さらに、石膏の施用で赤心症の発生が軽減されたことから過石中のリン成分が効率的に吸収されるだけでなく、過石に含有される石膏によって発生抑制効果が高まったと考えられる。

石膏施用による赤心症の発生抑制効果がカルシウムと硫酸根のいずれの影響を受けるかを明らかにするために炭カルと比較した結果、石膏施用は炭カル施用よりも赤心症の発生が少なかったことから、赤心症の発生抑制作用はカルシウムよりも硫酸根によると考えられる。千葉

農試(未発表)では、硫黄華を用いて土壌 pH をかえた結果、土壌 pH が低いほど赤心症の発生が少なかったとしている。また、著者ら(未発表)は硫安施用で硝安施用よりも赤心症発生が少ないことを認めている。石井、西條⁹⁾は、ダイコン栽培における培養液中の硫酸イオン濃度と根部のイソチオシアネート含量とに正比例の関係があることを認め、矢野²³⁾は、刻みキャベツの褐変はエチレン生成による PP 生成増大や PPO 誘導の結果発生し、この褐変はダイコンの辛味成分であるアリルイソチオシアネートによってエチレン生成が抑制されると防止できるとしている。一方、過石、ホウ酸及び石膏施用は、土壌 pH を低下させるが、本試験ではこれらの施用区の土壌 pH と赤心症発生とは必ずしも一定の傾向がみられなかった。これらのことから、石膏施用による赤心症の抑制効果は硫酸根によるものであり、体内に吸収された硫酸根はアリルイソチオシアネートに生合成されてエチレン生成、さらに PP 生成を抑制し、赤心症の発生が減少すると考えられる。

以上のことから、過石をはじめとするリン酸肥料や石膏及び堆肥の施用によって赤心症の発生をかなり抑制することができると考える。しかし、これも前述のようにダイコンの生育中に高温や強日射による肥大根の PP 集積、PPO 活性の著しい高揚があると堆肥、リン酸、石膏等の施用だけでこの PP の集積及び PPO 活性を抑制しきれず、赤心症が発生することも考えられる。

なお、リン酸及びホウ素は、堆肥と併用すると単用するよりも土壌中有効態リン酸及びホウ素が増加して肥大根のリン及びホウ素含有率が高まると考えられる。

摘 要

黒ボク土でのホウ素、リン酸肥料、堆肥、石膏等の施用による夏まきダイコンの赤心症発生抑制効果を明らかにした。

1. ホウ酸の多量(0.6~1.2 kg/a)施用によって肥大根のホウ素含有率が高まり、赤心症の発生を抑制したが、完全には抑制できなかった。また、ホウ砂の 0.2 kg/a ~ 0.6 kg/a 施用では赤心症の発生抑制効果がみられなかった。
2. リン酸肥料の多量(7~35 kg/a)施用によって、肥大根重が増加し、肥大根のリン含有率が高まり、赤心症の発生を抑制した。リン酸肥料の種類別では、過リン酸石灰はリンスター及び重焼リンよりも赤心症の発生抑制効果が高かった。
3. 石膏 40~60 kg/a や堆肥 0.3~1.0 kg/a の施用によって肥大根重が増加し、赤心症の発生を抑制した。
4. 過リン酸石灰、石膏及び堆肥の施用によって根部の PP 含量が減少し、PPO 活性が低下した。

引用文献

1. 藤沢敏寛・川合貴雄・内藤恭典・小野芳郎・石橋英二(1986) 播種期及び2, 3の処理がダイコンの赤心症状発生に及ぼす影響。園学要旨, 昭61秋: 292—293.
2. 藤原彰夫・岸本菊夫(1988) 燐と植物(1). 燐の農学と農業技術. 175pp.
3. 林 雄・石居企救男(1968) そ菜のほう素欠乏と対策. 農及園, 43: 829—832.
4. 飛川光治・川合貴雄・藤沢敏寛・内藤恭典・貝原三雄(1988) 地温がダイコンの赤心症状発生に及ぼす影響。園学要旨, 昭63秋: 386—387.
5. 飛川光治・川合貴雄・石橋英二・赤井直彦(1989) ホウ素欠除がダイコンの根内部褐変発生に及ぼす影響。園学雑, 58(別2): 316—317.
6. 堀 裕・青木正孝(1961) そ菜のほう素欠乏症に関する研究. I. 水耕における生育時期別ほう素欠除がカブの生育と欠乏症発生に及ぼす影響, 園試報 B, 4: 93—104.
7. HALBROOKS, M. C. and L. A. PETER (1986) Boron use in the table beet and the relation of short-term boron stress to blackheart injury. J. Amer. Soc. Hort. 111(5): 751—757.
8. 堀 裕(1968) 野菜の養分欠乏と対策. 杉山直儀編著. 野菜の栄養生理と施肥技術. 誠文堂新光社. 405pp.
9. 石井現相・西條了康(1987) 栽培条件がダイコン搾汁液中のイソチオシアネート含量に及ぼす影響。園学雑: 56(3): 313—320.
10. ISHIKURA, N., Y. WATANABE and S. TERAMOTO (1989) The Formation of Flavonoids in Cell Suspension Cultures of *Prunus Xyedoensis* Matsum. Bot. Mag. Tokyo 102: 547—560.
11. 門野行男・上岡富富・大森 豊・岩本利一・青木喜昭(1961) ダイコンの生理障害とくにほう素欠乏について. 兵庫農試研報, 9: 40—44.
12. 門野行男(1968) ダイコンのほう素欠乏症診断と対策. 農及園, 43: 1877—1880.
13. 川城英夫・武田秀之・江口 享・撫本 豊(1988) ダイコンの赤しん症に関する研究. 第3報, 発症と植物体の無機成分, 園学要旨, 昭63春: 272—273.
14. 川城英夫・新堀二千夫・萩谷俊一・白崎隆夫(1988) ダイコンの赤しん症に関する研究. 第4報, 発症の品種間差異並びに栽培条件がホウ素吸収, 糖含量に及ぼす影響, 園学要旨, 昭63秋: 392—393.
15. M. Ja・シュコーリニク(1975) 植物の生命と微量元素(藤原彰夫監修, 原田竹治訳). 611pp.

16. 小野芳郎・石橋英二・赤井直彦・川合貴雄・飛川光治(1988) ほう素施用が赤心症発生に及ぼす影響. 園学要旨, 昭63秋:388—389.
17. RENGEL, Z. and H. A. KORDAN (1988) Effects of N, P, and K deficiencies on light dependent anthocyanin formation in *Zea mays* L. seedlings. J. Physiol. **132**:126—128.
18. 高橋英一・吉野 実・前田正男(1980) 新版原色作物の要素欠乏過剰症. 農山漁村文化協会, 東京, 288pp.
19. 高橋英一(1985) 栄養学の窓からみた自然と農業—比較栄養論 [17]. 農及園, **60**:1443—1447.
20. 高橋英一(1985) 栄養学の窓からみた自然と農業—比較栄養論 [18]. 農及園, **60**:1555—1561.
21. 田中啓文(1966) 高等植物の受光量とホウ素要求. 土肥誌, **37**:563—567.
22. 渡辺和彦(1986) 原色生理障害の診断法. 農文協, 東京, 243pp.
23. 矢野昌充・西條了康・太田保夫(1986) イソチオシアネート類によるカットキャベツの褐変防止とエチレン生成阻害. 園学雑, **55**(2): 194—198.