

ISSN 0919-4975

BULLETIN
OF THE
HORTICULTURAL INSTITUTE,
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER

NO. 14
March 2006

茨城県農業総合センター 園芸研究所研究報告

第14号
平成18年3月

茨城県農業総合センター
園 芸 研 究 所

茨城県笠間市安居3,165-1
AGO,KASAMA,319-0292 JAPAN

茨城県農業総合センター
園芸研究所研究報告第14号

所長

小川 吉雄

編集委員長

佐久間文雄

編集委員

江橋賢治 鈴木雅人 本図竹司

河野 隆 長塚 久 鹿島恭子

小河原 一憲

茨城県農業総合センター
園芸研究所研究報告 第14号

赤ネギ「ひたち紅っこ」の育成経過と特性 ……………貝塚隆史・鈴木雅人……………	1
短側枝性メロンの地這い栽培における整枝および摘果管理の省力効果 ……………金子賢一・宮城 慎・佐久間文雄……………	9
ハウスコマツナにおける窒素2,3作分1回診断施肥による減肥技術 ……………石井 貴・河野 隆・武井昌秀……………	15
県産野菜の抗酸化性の評価と加熱調理による変化 ……………池羽智子・鹿島恭子……………	27
トマト灰色かび病の防除実態と微生物殺菌剤を利用した化学合成殺菌剤の散布回数削減 ……………小河原孝司・富田恭範・田中有子・長塚 久……………	35
バチルス・ズブチリス水和剤のダクト内投入によるトマト灰色かび病の防除 ……………宮本拓也・小河原孝司・鳴瀧昭彦・富田恭範・長塚 久……………	43
クリシギゾウムシに対するヨウ化メチルくん蒸の効果 ……………大竹恵乃・草野尚雄・中村善二郎・長塚 久……………	53

赤ネギ「ひたち紅っこ」の育成経過と特性

貝塚隆史・鈴木雅人

The Rearing Progress and Varietal Characteristics in New Cultivar Red Bunching Onion 'Hitachi-benikko'

Takashi KAIZUKA and Masahito SUZUKI

Summary

In order to raise a red bunching onion, a thick leaf sheath with stabilized coloring, breeding has been carried out since 1984. 'Hitachi-benikko' was developed in 1997. It was selected from soft X-ray irradiated seeds in 1996, between crossing of ('Chouetsu' × 'A3-middle') × 'Akasyonai-strain'. The color of the leaf sheath in 'Hitachi-benikko' is stabilized deep, and the leaf sheath of 'Hitachi-benikko' is thick, because it has fewer tillers than 'Benzome'. If 'Hitachi-benikko' is planted in autumn, the growth and development increases, and the quality of the leaf sheath is greater than planting in spring. Standard amount of applied fertilizer is the best, because a 20% reduction in amount of application slightly decreases the growth and development of 'Hitachi-benikko'. If the spacing between plants is 15 cm or 20 cm, the growth and development increases, and the quality of the leaf sheath is greater than 5 cm or 10 cm in 'Hitachi-benikko'.

キーワード：赤ネギ, アントシアニン, 新品種, 在来種, 播種期

I. 緒言

赤ネギは茨城県東茨城郡城里町坏地域(旧桂村坏)が発祥の地で、明治時代から栽培されており、「地方野菜」の一つに数えられている(小島, 1999)。一般的な根深ネギが「白ネギ」と呼ばれるのに対し、赤ネギは葉鞘部が赤紫色を呈する。また、葉身および葉鞘が柔らかく、熟を加えると甘味が増し、食味が優れる。近年、野菜類の機能性成分に対する関心が高まり、また地産地消の考えから伝統野菜が注目されるようになってきている中で(芦澤, 2002)、赤ネギは今後需要が増すものと期待されている。

しかし、在来および従来赤ネギ品種は発色がやや不安定であり、分けつ性が強いいため葉鞘が細く、ごく一部の地域でのみ良品が生産されるに過ぎず、一般的な普及を図るには作りやすい品種の育成が必要である。

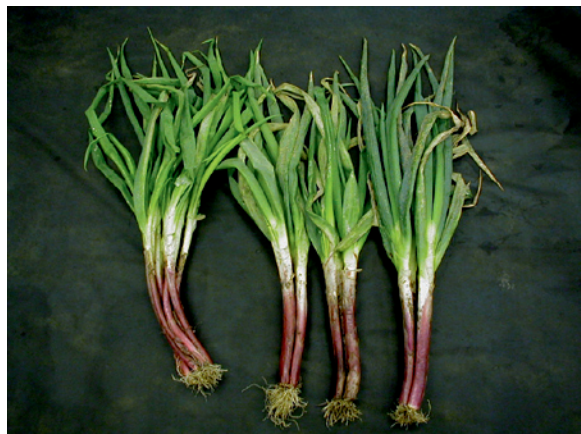
筆者らは発色が優れ、葉鞘が太くなる赤ネギの品種の育成を目標に、交雑、選抜および固定を繰り返し行ってきた。その結果、2005年に目標に適った「ひたち紅っこ」(品種登録出願中)を育成したので、その特性を報告する。

II. 育成経過

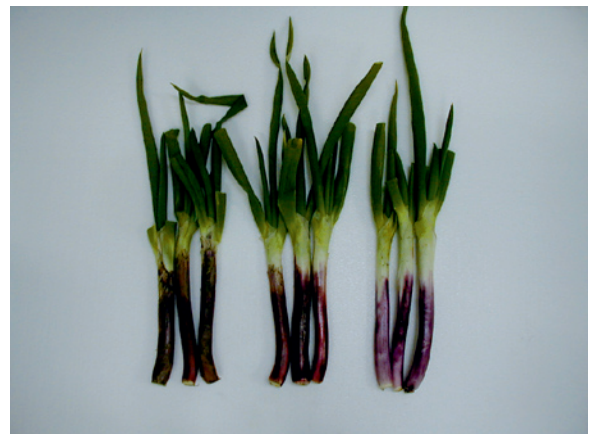
「ひたち紅っこ」の育成経過を図1に示した。桂村より導入した在来系統の中から、1984年に葉鞘の発色が比較的濃い「A3」を選抜した。「A3」をさらに系統分類し、1989年に発色や太さの揃いが良好で、一本重および葉鞘径が大きい「A3太」、中程度である「A3中」、小さい「A3細」を、発色は劣るが揃いは良好である系統を一本重および葉鞘径の太さから分類し、「A3太B」、「A3中B」および「A3細B」を選抜した。一方、1992年に晩抽性1本ネギ「長悦」に「A3中」

表1 秋まき冬どり栽培における形質の比較

形 質	特 性 値									品 種	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ひたち紅っこ	べにぞめ
草 姿			立性		半開		開帳			3	3
草 丈		極低		低		中		高		6	4
葉 数			少		中		多			5	4
葉 身 長				短		中		長		6	5
葉 身 の 太 さ			細		中		太			7	6
葉 身 の そ り			弱		中		強			5	4
葉 身 の 葉 先 の 形			鈍		中		鋭			5	4
葉 色		帯黄緑		淡緑		緑		濃緑		5	6
葉 鞘 長			短		中		長			4	3
葉 鞘 径			細		中		太			6	4
葉 鞘 外 観 色	ろう質	白	帯緑白				帯赤			7	7
葉 鞘 部 の 硬 さ		軟		中				硬		2	2
葉 身 分 岐 し ま り			軟		中		緊			3	5
葉 身 分 岐 ・ 横 断 面			近円		短楕円		長楕円			6	6
分 け つ 性			少	中		多				4	6



左：‘べにぞめ’ 右：‘ひたち紅っこ’
(枯葉を除去した状態)



左：枯葉除去のみ 中：外皮1枚剥いだ状態 右：外皮2枚剥いだ状態

図2 ‘ひたち紅っこ’の調製後の外観

表2 出蕾および開花特性 (2003年)

品 種	出蕾日 (月/日)	SD ¹⁾	開花日 (月/日)	SD
ひ ち ち 紅 っ こ	4 / 16	± 4.8	4 / 22	± 4.1
べ に ぞ め	4 / 12	± 2.0	4 / 19	± 3.6
赤 ひ げ	4 / 8	± 2.5	4 / 16	± 2.9

注 1)SD：標準偏差

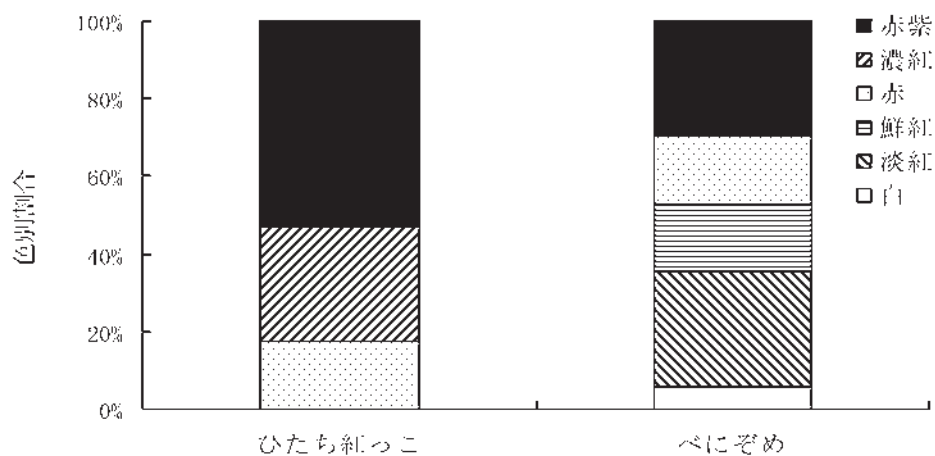


図3 葉鞘部の発色割合 (2003年)

表3 葉鞘部の外観および食味¹⁾ (2003年)

品種	外観			食味				総合評価 ⁷⁾	
	達観 ²⁾	色彩・色差計値 ³⁾		生食		ブランチング ⁶⁾			
		L*	a*	b*	甘味 ⁴⁾	柔らかさ ⁵⁾	甘味 ⁴⁾		柔らかさ ⁵⁾
ひたち紅っこ	3.2	24.2	18.2	-2.1	2.6	2.7	2.7	2.6	3.1
べにぞめ	2.3	31.5	23.4	-0.5	2.7	2.4	2.8	2.2	2.4

注1)肉眼で同程度に発色しているものを利用し、パネラー25名による調査

2)外観：著しく劣(1)～(5)優 3)色彩・色差計(ミノルタ)による測定

4)甘味：無(1)～(5)強 5)柔らかさ：硬(1)～(5)柔

6)ブランチング：葉鞘の発色部を3cmに切断、90秒煮沸 7)総合評価：劣(1)～(5)優

表4 播種期および施肥量と生育・収量

播種期	施肥量	株重 ¹⁾ (g)	±	SD	分けつ (本)	±	SD	一本重 ¹⁾ (g)	葉長 (cm)	生葉数 (枚)
秋	20%減肥	875	±	130	5.2	±	0.84	168	77.6	3.8
	標準施肥	821	±	182	4.4	±	0.55	187	79.2	4.0
	20%増肥	813	±	162	4.8	±	1.64	169	74.7	3.4
春	20%減肥	302	±	129	2.6	±	0.55	116	70.4	3.3
	標準施肥	568	±	79	5.0	±	0.44	114	73.1	3.8
	20%増肥	596	±	145	4.4	±	0.55	135	65.7	3.7

注 1)株重, 一本重: 未調製の重量

では春まきより赤紫色を呈する傾向があった。秋まき20%減肥区では葉鞘径が細かったが、発色割合は最も高かった。春まきでも秋まき同様、施肥量が少ないほど発色が優れた。

2. 株間と生育

1) 材料および方法

2002年10月18日に所内圃場に播種し、仮植を2003年3月24日に行った。2003年6月11日に定植を行い、条間90cmに幅20cm、深さ20cmの溝を作り、1本植えとした。株間を5cm、10cm、15cmおよび20cmとした。1a当たりN 2.5kg、P₂O₅ 3.0kg、K₂O 2.5kgを施用した。収穫は2004年1月10日～12日に行った。

2) 結果

株間と生育および収量の関係を表6に示した。株間が15cmおよび20cmでは5cmおよび10cmより、株重および一本重が著しく大きかった。しかし、収量は株間5cmが最も多く、他区の2倍以上になった。分けつ数に対しては、株間の影響はみられなかった。

株間と葉鞘部の品質との関係を表7に示した。葉鞘は株間5cmがやや長かったが、葉鞘径は株間15cmおよび20cmは5cmおよび10cmより太かった。発色割合は同等であったが、株間5cmでは白色の個体もみられ、また発色頻度がやや低くなった。色彩色差計による測定では、株間5cmはL*値およびb*値が大きく、発色が劣った。

表5 播種期および施肥量と葉鞘の大きさ・発色

播種期	施肥量	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	発色割合 ¹⁾ (%)	発色頻度 ²⁾ (%)	色彩・色差計値 ³⁾		
						L*	a*	b*
秋	20%減肥	26.9	21.5	84.2	100	24.7	21.1	3.5
	標準施肥	25.1	24.0	80.5	100	22.5	19.6	-0.8
	20%増肥	24.9	24.9	72.1	92.5	28.5	25.1	3.8
春	20%減肥	21.9	19.9	76.7	82.1	23.7	19.9	6.6
	標準施肥	23.3	21.3	72.6	75.5	33.2	19.7	14.8
	20%増肥	22.1	20.6	69.5	70.7	29.9	22.3	9.6

注 1) 発色割合：葉鞘部の発色長／葉鞘長

2) 発色頻度：葉鞘部が淡紅色、鮮紅色、赤色、濃紅色および赤紫色に発色している割合

3) 色彩・色差計値：色彩色差計（ミノルタ）による測定

表6 株間と生育および収量

株間	株重 ¹⁾ (g)	±	SD	分けつ (本)	±	SD	一本重 ¹⁾ (g)	葉長 (cm)	生葉数 (枚)	収量 (kg/a)
5cm	626	±	126	5.2	±	0.8	120	87.5	3.4	1377
10cm	595	±	177	4.8	±	1.5	124	86.5	3.4	655
15cm	932	±	182	5.4	±	1.3	173	82.4	4.0	683
20cm	976	±	276	5.4	±	1.5	181	79.7	3.8	537

注 1) 株重、一本重：未調製の重量

表7 株間と葉鞘の大きさ・発色

株間	葉鞘長 (cm)	葉鞘径 (mm)	発色割合 ¹⁾ (%)	発色頻度 (%)	色彩・色差計値 ²⁾		
					L*	a*	b*
5cm	31.3	18.8	73.3	83.4	34.5	25.8	7.3
10cm	29.0	19.6	77.0	100	25.2	20.9	4.4
15cm	28.2	23.5	73.4	100	30.2	26.3	-0.1
20cm	28.3	25.3	71.7	100	25.3	23.5	2.2

注 1) 発色割合：葉鞘部の発色長／葉鞘長

2) 色彩・色差計値：色彩色差計（ミノルタ）による測定

V. 考 察

赤ネギの最も重要な特徴は葉鞘部が赤紫色になることである。しかし、系統内交雑でも発色が淡い個体が発生し、安定性に欠けている。一般にネギの品種内で遺伝的多様性が保持されており、多くの遺伝子座において品種内多型が存在するとの報告（Haishimaら、1993）がある。赤ネギ在来系統でも遺伝的多様性が多いため発色にはばらつきが生じるものであり、ある程度の発色の変動は止むを得ないと考えられた。

白ネギである‘長悦’に育成系統‘A3中’を交配した後代は葉鞘の発色が著しく劣ったため、さらに‘赤所内系’を交配し、その後代の分離をみたところ、葉鞘の発色の遺伝性については、白色が赤紫色に対し優性であると考えられた。また、分けつ性の強い‘A3中’と1本太タイプの‘長悦’との後代の分けつ性は、中間的な遺伝性を有すると考えられた。

軟X線の変異誘起作用については不明な点が多い。本研究では20KRおよび10KRの軟X線を利用したが、種子に対して軟X線20KRの照射を行うと、正常に発芽をするものの、仮植時にすべて枯死した。一方、10KR照射では枯死は認められず、葉鞘の発色がよくなる変異が得られ、優良個体を選抜することができた。

‘ひたち紅っこ’は‘べにぞめ’よりも、外観評価が優ったが、葉鞘が太い点も評価の要素になったものと考えられた。一般的に夏ネギは秋冬ネギよりも硬く、品質が劣ること（西、1982）が知られている。‘長悦’を交配したことにより、赤ネギの特性である柔らかさ

の消失が懸念されたが、‘ひたち紅っこ’は‘べにぞめ’よりも柔らかく、赤ネギとしての要素を十分備えていると考えられた。

ネギの冬どり栽培では、抽台性と定植後の生育を考慮し、秋季または春季に播種されている。‘ひたち紅っこ’では、秋まきは春まきよりも生育が優り、さらに葉鞘の発色も良好であった。7月以降の高温で生育が停滞するようになるまでに、生育を促進させる必要がある点では、在来および市販の赤ネギ品種と同様と考えられた。

赤ネギの葉鞘部の発色はアントシアニンの発現によるものであり、低温遭遇で助長され、一方、窒素過多ではアントシアニンの発現は劣る。本研究において20%減肥では、葉鞘の生育が劣り株重および一本重が小さかったこと、また葉鞘の発色については施肥量が少ないほど優れたこと等から、施肥量の影響が大きいことが明らかになった。‘ひたち紅っこ’の施肥量は、収量・品質から1a当たりN 2.5kg、P₂O₅ 3.0kg、K₂O 2.5kg程度が適当と考えられた。

本県での一本ネギの株間は、3cm程度が標準的である。分けつ性のネギでは広くする必要があるが、赤ネギでは産地によりかなり異なっている。ネギの分けつは株間が広がると助長される（山崎ら、2004）と報告されている。本研究では株間5cmおよび10cmは、15cmおよび20cmよりも生育が劣ったことから、10cmから15cmの間に相互干渉の境界があると推測され、株間が広い15cmおよび20cmは5cmおよび10cmより生育が優ったと考えられた。それに対し、発色は株間10cm、15cmおよび20cmが5cmよりやや優った程度であったため、葉鞘の発色に対し株

間の影響は少ないと考えられ、‘ひたち紅っこ’の特性が発揮され、葉鞘が太く、発色が良好になる株間は、15cm であると考えられた。

施肥量や株間以外にも、土壌の種類や土壌水分状態等、赤ネギの生育と関係の深い要因がある。今後高品質安定生産のための栽培条件について、さらに検討を要すると考えられた。

VI. 摘 要

1. 赤ネギ‘ひたち紅っこ’を育成した。‘ひたち紅っこ’は（‘長悦’×‘在来系統A3中’）×‘在来選抜系統赤所内系’から得られた交雑後代の種子に、軟X線10KRを照射し、得られた株の中から1997年に選抜した。
2. ‘ひたち紅っこ’は葉鞘の発色が安定して濃い、また、分けつが少なく、葉鞘が太い、食味は市販品種と同等である等の特徴を有する。
3. ‘ひたち紅っこ’の生育は、春まきよりも秋まきで優れ、品質も良好であった。また、標準施肥の

20%減肥で生育はやや劣るものの、発色は優れた。

4. ‘ひたち紅っこ’は株間15cmとすると葉鞘が太く、発色が優れた。

引用文献

- 芦澤正和. 2002. 地方野菜大全 pp14-16. タキイ種苗出版部. 京都.
- Haishima, M. Kato, J. and Ikehashi, H. .1993. Isozyme polymorphism in antive varieties of Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.).Japan J. Breed.43:537-547.
- 小島昭夫. 1999. 農業技術体系. 野菜編第8巻追録第24号 pp108- 1 - 1: 2. 農文協. 東京.
- 西貞夫. 1982. 野菜園芸ハンドブック .pp1061. 養賢堂. 東京.
- 山崎博子・矢野孝喜・長菅香織・山崎篤. 2004. ネギの分けつを促進する外部要因の探索1. 株間, 施肥条件および育苗条件の影響. 園学雑.73 別冊 2:180.

短側枝性メロンの地這い栽培における 整枝および摘果管理の省力効果

金子賢一・宮城 慎*・佐久間文雄

Labor Saving Ability of Training and Fruit Thinning of Suppressed-Branching Melon in Creeping Cultivation

Kenichi KANEKO, Makoto MIYAGI* and Fumio SAKUMA

Summary

The labor saving ability of suppressed-branching melon was compared with a normal-branching variety 'Andesu 5gou'. To save labor in pruning of lateral shoots, 3 methods(pruning of lateral shoots under the 10th nod and thinning fruits, pruning of lateral shoots only which elongate over 30 cm and thinning fruits, non-pruning shoots and non-thinning fruits) were compared. Pruning of lateral shoots under the 10th nod ensured 50% of labor reduction and 75% of labor reduction in painful postures. Pruning of lateral shoots only which elongate over 30 cm ensured 60% of labor reduction and over 70% of labor reduction in painful postures. Non-pruning shoots and non-thinning fruits ensured 80% of labor reduction and removed labor in painful postures. But it has smallish fruit with low quality content. It is considered that suppressed-branching melon ensured 50-60% of labor reduction and over 70% of labor reduction in painful postures by pruning of lateral shoots under the 10th nod and thinning fruits or pruning of lateral shoots only which elongate over 30 cm and thinning fruits.

キーワード：短側枝性メロン，整枝，摘果，労働時間，つらさ指数

I. 緒言

本県の主力品目であるメロンの半促成栽培では、草勢を適正に管理して着果の安定や果実品質の向上を図るため、また、過繁茂による作業性の低下や病虫害による被害を防ぐ目的で、側枝摘除などの整枝管理が行われている。これらの作業は、高温多湿のハウス内において、前屈みの窮屈な姿勢を長時間維持しなければならず、多大な労力を必要とすることから、管理作業の省力化が望まれていた。

省力化に対する耕種的な取り組みとしては、スイカにおける立体栽培（渡邊，2002）やメロンにおける網棚栽培があるが、温度要求度の高い作物であるメロンにおいて、低温時の無加温栽培への導入は困難であった。

一方、育種的な取り組みとして、小原ら（2001）

は YOSHIDA・ISHIUCHI（1994）が旧ロシアから導入した雑草メロン中の系統「LB-1」を素材として、側枝発生率が高く、しかもその大部分が10cm内外で伸長を停止する短側枝性品種「メロン中間母本農4号」を育成した。

筆者らは、この品種を素材として、整枝管理の省力化が可能である実用的な短側枝性品種の育成と省力栽培技術の開発に取り組んでいるところであるが、短側枝性もたらす省力効果についての具体的なデータは得られていなかった。

そこで、短側枝性メロンの地這い栽培における省力性について検討した。

II. 材料および方法

「メロン中間母本農4号」および短側枝系統である

* 茨城県農業総合センター生物学研究所



図1
‘メロン中間母本農4号’の草姿



図2
‘SB♀1’の草姿



図3
‘アンデス5号’の草姿

‘SB ♀ 1’ と慣行品種である ‘アンデス 5 号’ を供試した(図 1～3)。2005 年 2 月 24 日に播種し、3 号ポットで育苗後、4 月 1 日に間口 5.4m のパイプハウス内に定植した。株間は 50cm とし、施肥は基肥のみで N:P₂O₅:K₂O = 0.8:1.7:0.8 (kg/a) を施用した。

定植後 15～19 日に子づる 2 本仕立てとし、その後の整枝・摘果方法に違いを設けることで以下の試験区を設定した。①慣行区：着果節より下位側枝摘除+着果枝摘心+着果節より上位側枝摘心+主枝摘心+摘果+遊びづる 3 本放任、②下位側枝摘除区：着果節より下位側枝のみ摘除+摘果、③長側枝摘除区：長側枝のみ摘除+摘果、④放任区：側枝、着果果実ともに放任。なお、長側枝とは 4～5 節以上に伸長し、枝長が 30cm を越えても弱勢化しない側枝とした。

受粉は、ミツバチを 5 月 1 日から 10 日まで放飼することで行った。①～③区では摘果により 1 つる当たりの着果数を 2 個として収穫したが、放任区では多数着果した果実の中から第 10 節付近に着果した 1 つる当たり 2 個を収穫果とした。いずれの試験区でも、収穫時に着果していた収穫果以外の果実を余剰果とした。

試験規模は 1 区 6 株 2 反復とし、側枝発生状況、着果状況、労働時間、果重および果実品質などを調査した。労働時間調査においては、作業別労働時間とともにつらさ指数(長町, 1986) 別労働時間を調査した。管理作業中に見られる姿勢中で、かかとを地面につけてしゃがんだ姿勢をつらさ指数 5 の労働とし、膝を深く曲げた中腰で上体を前屈した姿勢をつらさ指数 10 の労働とした。

Ⅲ. 結果

長側枝発生状況および摘果・余剰果個数を表 1 に示した。短側枝性メロンにおける短側枝性の発現は安定しており、1～10 節における長側枝数は、いずれの試験区においても 1 本程度と少なかった。また、11～20 節においては、いずれの試験区においても全ての側枝が無・短側枝化し、長側枝数の発生は見られなかった。摘果個数は、いずれの品種においても長側枝摘除区が 5 個以上と多く、下位側枝摘除区は慣行区と同等以下だった。余剰果個数は、いずれの品種においても放任区が他の試験区に比べて著しく多かった。‘SB ♀ 1’ の下位側枝摘除区と長側枝摘除区では、余剰果が着果しなかった。

作業種類別労働時間を図 4 に示した。整枝・摘果に関する総労働時間は、慣行区に比べて下位側枝摘除区は約 50%、長側枝摘除区は約 40%、放任区は約 20% と少なかった。しかし、その内訳については試験区により異なり、下位側枝摘除区では下位側枝摘除時間の割合が多かったのに対し、長側枝摘除区では摘果時間の割合が多かった。

つらさ指数別作業時間を図 5 に示した。つらさ指数 10 の姿勢となる労働時間は、慣行区では全体の 4 分の 1 に当たる 20 時間だった。下位側枝摘除区では約 5 時間と少なく、慣行区の約 25% だった。長側枝摘除区では品種により違いが見られ、低節位から着果したため摘果作業がベッド周辺部で済んだ ‘メロン中間母本農 4 号’ では 2.4 時間と慣行区の 12% だったのに対し、着果節付近に多く着果したため摘果作業がベッド中央部で行われた ‘SB ♀ 1’ では 6.2 時間と慣行区の 31% だった。放任区では、つらさ指数 10 の姿勢となる労働時間は 0 時間だった。

果重および果実品質を表 2 に示した。果重は、いずれの品種においても放任区が他の試験区より小さかった。また、‘SB ♀ 1’ の放任区では、他の試験区よりネットの発生が著しく劣り、低糖度となるなど果実品質が低下した。

Ⅳ. 考察

果菜類において形態形質がもたらす省力効果を具体的に示した報告としては、短節間トマト(矢ノ口・岡本, 2001) や短節間カボチャ(平井ら, 2004) があり、前者では誘引・つる降ろし管理の 30～50% 削減が、後者では育苗・整枝・誘引管理の 75% 削減が可能とされている。メロンでは巻きひげの無い形質(大泉ら, 2005) が報告されており、管理作業の約 30% 削減が可能とされている。本試験では、メロンの短側枝性がもたらす省力効果を明らかにする目的で試験を行った。

メロンの短側枝性の発現については、小原ら(1998) が ‘メロン中間母本農 4 号’ の姉妹系統を供試し、短側枝性の発現が高温・強光によって抑制されることを明らかにしている。また、宮城ら(2002) は ‘メロン中間母本農 4 号’ を供試し、短側枝性が 2 月播種の作型で発現し、4 月および 7 月播種の作型で発現が抑制されることを明らかにしている。

これらのことから、短側枝性メロンは低温寡日照条

表1 短側枝性メロンと整枝方法が長側枝数¹⁾、摘果個数および余剰果²⁾着果に及ぼす影響

品種・系統	整枝方法	長側枝数 (本/株)		摘果個数 (個/株)	余剰果個数 (個/株)	余剰果重 (g/株)
		1-10 節	11-20 節			
アンデス5号	慣行	—	—	2.0	0.6	316
農4号	下位側枝摘除	—	0.0	1.8	0.8	351
〃	長側枝摘除	1.5	0.0	6.3	0.5	269
〃	放任	0.5	0.0	—	5.9	1789
SB♀1	下位側枝摘除	—	0.0	1.4	0.0	0
〃	長側枝摘除	1.0	0.0	5.0	0.0	0
〃	放任	0.8	0.0	—	3.1	1559

注1) 4～5節以上で、枝長が30cmを越えても弱勢化しない側枝

2) 収穫果(10節前後に着果した1株当たり4個の果実)以外で、収穫時に着果していた果実

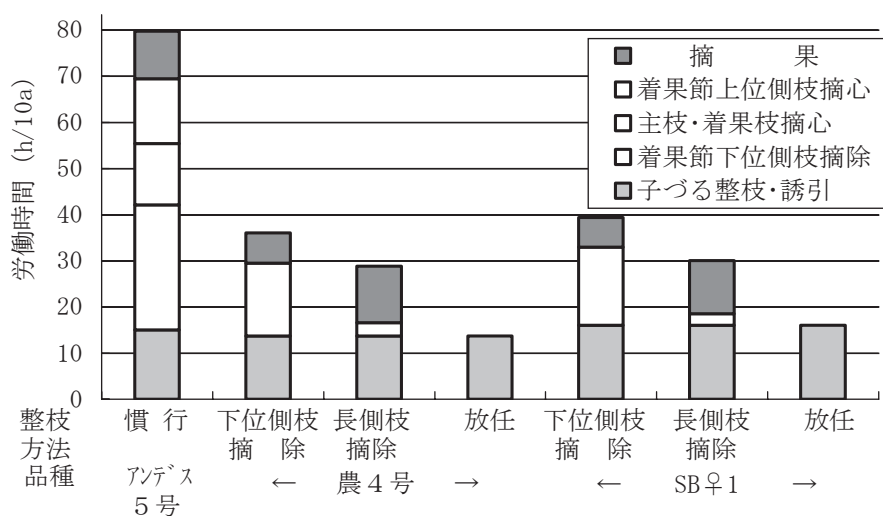


図4 短側枝メロンと整枝方法が作業別労働時間に及ぼす影響

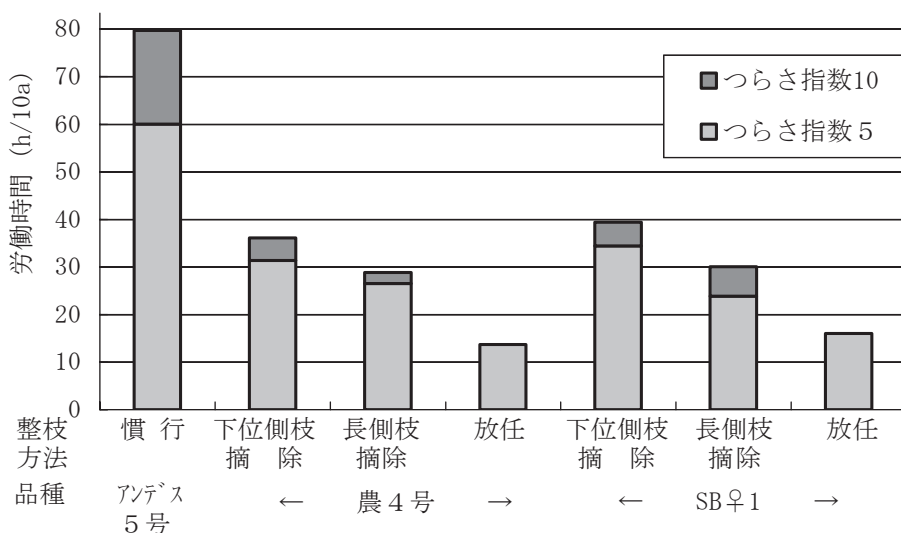


図5 短側枝メロンと整枝方法がつらさ指数別労働時間に及ぼす影響

注) つらさ指数10: 膝を深く曲げた中腰で上体を前屈した姿勢

つらさ指数5: かかどが地面についているしゃがんだ姿勢

表2 短側枝性メロンと整枝方法が果重および果実品質に及ぼす影響

品種・系統	整枝方法	果重 (g)	果形比 ¹⁾	ネットの発生 ²⁾			果肉厚 (mm)	硬度 ³⁾ (kg)	糖度 (brix%)
				密度	盛上	揃い			
アンデス5号	慣行	1327	1.01	6	2	9	38	1.42	16.3
農4号	下位側枝摘除	596	1.15				24	1.46	12.7
〃	長側枝摘除	583	1.08	ネットなし			26	1.40	12.8
〃	放任	478	1.07				22	1.42	12.8
SB♀1	下位側枝摘除	758	1.14	7	2	7	31	1.71	15.3
〃	長側枝摘除	761	1.13	7	2	7	32	1.68	15.1
〃	放任	639	1.15	3	2	4	31	1.66	13.0

注1) 果高/果径

2) 密度(密), 盛上(高), 揃い(良) 9 ↔ 1 密度(粗), 盛上(低), 揃い(悪)

3) 果実硬度計(藤原製作所), 円錐型φ12mm, 果肉中央貫入抵抗値

件下の栽培である半促成作型への適用性が高いと思われた。さらに、半促成作型は本県においては地這い誘引がなされ、整枝管理などに窮屈な姿勢を余儀なくされていることから、短側枝性もたらず省力効果が大きいと期待した。

実際、本試験においては、短側枝性メロンが慣行品種に比べて大幅な省力・軽作業化を可能とすることが明らかになった。これは、整枝や摘果作業そのものが省略されたことによるところが大きい。短側枝性メロンの茎葉が慣行品種に比べて小さく、側枝が短いため、側枝摘除や摘果時の果実位置の確認が容易に行われたことも寄与していると思われた。一方で、側枝摘除作業の省略による摘果時間の増大(長側枝摘除区)や、摘果作業の省略による果実品質の低下(放任区)など、作業省略による弊害も見られた。これらは、着果数が多いことが原因であると考えられた。

‘SB♀1’には、放任された短側枝への不要な着果を抑制する目的で、単性花性が導入されている。そのため、ミツバチ放飼期間以外に開花した雌性花には着果が認められなかった。しかし、放飼期間中には、着果が予定された雌性花以外にも、短側枝第1節に複数着生し遅れて開花した雌性花や、第2節以降の雌性花が着果したため、着果数が多くなった。摘果を省略した栽培を実現するためには、着果数の制御技術の確立が課題の一つであると考えられた。

摘果を行う場合に下位側枝摘除法と長側枝摘除法のいずれを選択するかについては、長側枝化する側枝数や着果数によって左右される。短側枝の発現は

草勢の影響を受けることが報告されており(小原ら, 2001), 栽培条件によって長側枝化する側枝数が異なると考えられる。本試験では比較的草勢が弱く、長側枝数が少なかったが、草勢が強くと長側枝数が多くなることが予想される場合は、あらかじめ下位側枝を摘除する方が摘除する側枝が短くて済み、強整枝の防止にもなることから、有効と考えられる。一方、長側枝数が少なく、不要な着果数が少ない場合は、長側枝を摘除するだけで十分であろう。

本試験では子づる2本仕立てを前提として試験を行ったが、更なる省力化のためには子づるの整枝の省略が考えられる。その場合は、子づるの本数や栽植密度などの検討により、適正な栽植方法の決定が必要になるであろう。さらに、省力栽培においては開花・着果のバラツキや収穫適期判別の困難が予想されるため、それらに対する育種改良も含めた検討が必要であると考えられた。

V. 摘要

短側枝性メロンの省力性を明らかにするため、整枝方法と労働時間について検討した。下位側枝摘除区では整枝・摘果に関する労働時間が慣行区の約50%であり、つらさ指数10の姿勢となる労働時間が慣行区の約25%だった。長側枝摘除区では整枝・摘果に関する労働時間が慣行区の約40%であり、つらさ指数10の姿勢となる労働時間が多くても慣行区の約30%だった。放任区では整枝・摘果に関する労働時間が慣

行区の約 20%であり、つらさ指数 10 の姿勢となる機会はなかったが、果重や果実品質が劣った。

以上のことから、短側枝性メロンでは、整枝方法を「着果節より下位側枝のみ摘除」あるいは「長側枝のみ摘除」し、摘果を行うことで、整枝・摘果に関する労働時間を 50～60%削減でき、併せて、つらい姿勢での労働時間を 70%以上削減できることが明らかになった。

謝 辞 本研究は、「新鮮でおいしい『ブランド・ニッポン』農産物提供のための総合研究」の予算により、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所からの委託で実施した。本研究の実施に当たりご指導・ご助言をいただいた野菜茶業研究所坂田好輝ウリ科育種研究室長、小原隆由主任研究官に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 平井剛・杉山裕・中野雅章. 2004. 短節間カボチャ ‘つるなしやっこ’ の収量性および省力性. 園学研. 3(3) : 287-290.
- 宮城慎・金子賢一・葛谷真輝・冨田建夫・鈴木雅人. 2002. 短側枝性メロンの作型適応性の改良と省力栽培技術の開発. 「国産野菜の持続的生産技術の開発」研究推進会議資料. 29 - 30.
- 長町三生編. 1986. 現代の人間工学. pp. 153 - 154. 朝倉書店. 東京.
- 小原隆由・石内傳治・若生忠幸・小島昭夫. 1998. メロン短側枝性の発現に関する環境要因. 園学雑. 67(別2) : 279.
- 小原隆由・小島昭夫・若生忠幸・石内傳治. 2001. メロンの短側枝性の遺伝および他の形質との関係. 園学雑 70(3) : 341 - 345.
- 小原隆由・吉田建実・若生忠幸・石内傳治・小島昭夫. 2001. 短側枝性 ‘メロン中間母本農 4 号’ の育成経過とその特性. 野菜・茶業試験場研究報告. 16 : 69 - 78.
- 大泉利勝・平林哲夫・古手敏治・松尾多恵子. 2005. 巻きひげのないメロン新品種「千葉 TL」の特性と遺伝特性. 千葉農総研報. 4 : 69 - 75.
- 渡邊慎一. 2002. スイカの立体栽培技術. メロンスイカ 最新の栽培技術と経営. pp. 111-118. 全国農業改良普及協会. 東京.
- 矢ノ口幸夫・岡本潔. 2001. トマトの節間長の品種間差異と短節間形質の遺伝様式並びに栽培適応性の解析. 長野中信農試報. 16 : 17-28.
- YOSHIDA,T.and D.ISHIUCHI.1994.Suppressed-branching in melon, characteristics and its inheritance. The 24th International horticultural Congress, Kyoto (abstracts), 156.

ハウスコマツナにおける 窒素 2, 3 作分 1 回診断施肥による減肥技術

石井 貴・河野 隆・武井昌秀*

Decreased Nitrogenous Fertilizer Technology by the 2,3 Crops Nitrogen of One-time Diagnosis and Fertilization in Plastic Green-house Brassica chinensis var.komatsuna

Takashi ISHII, Takashi KAWANO and Masahide TAKEI

Summary

In a plastic green-house Brassica chinensis var.komatsuna with volcanic ash soil, decreased fertilizer technology by the 2,3 crops nitrogen of one-time diagnosis and fertilization was examined. This technology is a fertilization method where the amount of nitrogenous fertilizer is reduced by the nitrate nitrogen content of the pre-fertilization soil from the 2,3 crops standard amount of nitrogenous fertilizer. The 2,3 crops nitrogen one-time diagnosis fertilization showed a 34 ~ 91% decrease of nitrogenous fertilizer, and the method was equivalent to every crop standard amount of nitrogen fertilization in yield. And the method surpassed every crop standard amount of nitrogen fertilization in the utilization percentage of fertilization nitrogen and the decreased amount of nitrate nitrogen content after 3 crops.

キーワード：ハウス，コマツナ，硝酸態窒素，診断施肥，減肥

I. 緒言

ビニルハウスなどの施設栽培土壌では雨水が遮断されるため、窒素等の肥料成分が露地栽培と違って流亡しにくく、過剰に蓄積されやすい(松中, 2004)。そのため、作物に吸収されなかった窒素は、徐々に土壌に蓄積し、窒素が過剰になる傾向にある。実際に本県の現地のコマツナハウス土壌では、硝酸態窒素含量が平均で 38mg/100g 風乾土と多いハウスが多い(表 1)。また、一般に窒素過剰の土壌で生育した作物は軟弱徒長し、病害の発生も多くなる(渡辺, 1994)。窒素を過剰に施用された作物は、人間の健康にとってあまり好ましくない作物体内硝酸塩の濃度が高くなる(伊達ら, 1980; 目黒ら, 1991; 建部ら, 1995)。それらを改善するには、土壌中に残存している窒素を有効に利用し、過剰な窒素施用量を削減して適切な土壌窒素成分の管理をすることが重要である。ただし、作付前に土壌に残存している窒素量を知るには土壌診断が必要であるが、コマツナのような生育期間の短い軟弱野

菜で毎作土壌診断するのは困難である。そこで、茨城県野菜栽培基準の窒素施用基準量から作付前の土壌残存窒素量を差し引く、診断施肥を組み入れた窒素 2, 3 作分 1 回施肥について検討した。なお、作付前土壌の残存窒素については、作物に最も吸収されやすく、現場でも比較的測定しやすい硝酸態窒素に絞って検討した。

表 1 現地コマツナハウス作土層の硝酸態窒素含量

栽培者	ハウスNo.	NO ₃ -N 含量 (mg/100g 風乾土)
A	1	32.1
	2	1.9
	3	55.7
B	1	18.3
	2	16.6
C	1	63.4
	2	26.9
	3	93.7
D	1	38.3
	2	34.9
平均		38.2

注) 2002 年 11 月採土

* 現 茨城県農業総合センター農業大学校園芸部

II. 材料および方法

試験1. ハウスコマツナにおける窒素3作分1回施肥に適用可能な肥料の種類の探索

2001年度に所内パイプハウス（表層腐植質黒ボク土）において、窒素3作分1回施肥に適用可能な肥料の種類について検討した。肥料の種類は、被覆燐硝安加里のリニア型100日タイプ（14-12-14）とシグモイド型100日タイプ（14-12-14）、ノンストレス型有機質肥料（有機質80%：7-6-2）の3つの緩効性肥料を供試した（表2）。窒素3作分1回施肥区の窒素施用量は、コマツナ夏まきの窒素施用基準量（茨城県、1998）の12kg/10aに対し、3作分の36kg/10aを、1作目作付前に一度に施用した。1作目のみ耕うんし、2、3作目は不耕起とした。対照区は、速効性肥料の燐硝安加里（S604）を用いて、窒素施用基準量の12kg/10aを毎作施肥して耕うんし、収量、窒素吸収量、施肥窒素利用率、土壤中硝酸態窒素含量について比較検討した。なお、窒素3作分1回施肥区のリン酸、加里については、1作目作付前に施肥基準量の3作分（36kg/10a）をまとめて投入し、対照区と無窒素区はリン酸、加里をそれぞれ施肥基準量の12kg/10aを毎作施用した。いずれの試験区も窒素肥料で施肥量を合わせ、リン酸と加里の不足分は、それぞれ過燐酸石灰、硫酸加里を施用し補正した。また、県土壤・作物栄養診断マニュアル（茨城県、1997）に基づき、pH6.0になるように1作目作付前に炭酸苦土石灰あるいは炭酸カルシウムを施用した。堆肥は、緩効性肥料の効果を明らかにするため、無施用とした。

収量は、葉長が25cmを超えた時点で、1区当たり植え付け条1m×2反復の計2mを収穫し、調製重を測定して算出した。窒素吸収量は、作物体を乾燥後、ガンニング変法（作物分析法委員会、1975）で測定した。施肥窒素利用率は、試験区の窒素吸収量から無窒素区の窒素吸収量（土由来窒素吸収量）を差し引き、試験区の窒素施用量で除して100を乗じて算出した。作物体内硝酸イオン濃度は、生体試料と蒸留水を1：5の割合に混合し、ミキサーで1分間混合し、12000rpmで30分間遠心分離した後、ろ液をイオンクロマトグラフにかけて測定した。また、作土層の土壤中硝酸態窒素含量は、土壌を深さ15cmまで採取して風乾後、風乾土10gに蒸留水50mLを加え、1時間振とう後、ろ液を紫外線吸光度法（茨城県、

1997）で測定した。3作作付後は、検土杖を用いて深さ20-40cmと深さ40-60cmの土壌を採取し、その後は作土層と同様の方法で土壌中硝酸態窒素含量を測定した。

耕種概要は表4のとおりで、試験区は2反復とした。

試験2. ハウスコマツナにおける窒素3作分1回診断施肥による減肥の検討

2002年度は、試験1と同じ所内パイプハウスで、窒素3作分1回施肥における診断施肥による減肥について検討した（表2）。本試験の診断施肥は以下のように実施した。すなわち、土壌診断して求めた作土層の施肥前土壌中硝酸態窒素含量（mg/100g風乾土）を、一般的な火山灰土の仮比重0.667、作土深0.15mの場合（茨城県、1997）、ほぼ10a当たりの作土層に残存している硝酸態窒素含量と考え、窒素施用基準量（kg/10a）から差し引いて施肥する方法とした。窒素3作分1回施肥には、ノンストレス型有機質肥料（試験1で使用）を用い、毎作基準量施肥の対照区には試験1と同じ速効性肥料を用いた。窒素3作分1回診断施肥区の窒素施用量は、1作目作付前土壌の硝酸態窒素含量を10a当たりの硝酸態窒素量に換算し、その量を窒素施用基準量の3作分36kg/10aから差し引いて施用し、対照区と比較検討した。耕種概要は表4のとおりで、その他は試験1と同様とした。

試験3. ハウスコマツナにおける窒素2、3作分1回診断施肥による減肥の現地実証

2003年度は、土壌中硝酸態窒素含量が多く蓄積されている玉里村高崎（現：小美玉市）のパイプハウス（表層腐植質黒ボク土）において、窒素3作分1回診断施肥による減肥と窒素2作分1回診断施肥による減肥について検討した（表3）。窒素3作分1回診断施肥区の窒素施用は、試験2と同様の方法で、窒素2作分1回診断施肥区の窒素施用は、土壌診断して求めた1作目作付前の作土層の土壌中硝酸態窒素含量を2作分の窒素施用基準量24kg/10aから差し引いて、1作目作付前に一度に施用した。肥料は、全区とも現地で使用されていたノンストレス型有機質肥料（有機質30%）を用いた。堆肥は、試験1、2と同様に無施用とした。リン酸、加里の施肥および土壌pHの調整は、試験1、2のとおりである。

また、収量は、農家が収穫する（葉長23～24cmを目安に収穫）2～3日前に試験1、2と同様に収穫し、

調製重から算出した。窒素吸収量、施肥窒素利用率の測定方法は、試験1,2と同様である。作土層の土壤中硝酸態窒素含量の測定にはイオンクロマトグラフを用いた。同時にRQフレックスでも測定し、その相関

関係をみた。

なお、耕種概要は表4のとおりで、この試験では毎作全区耕うんし、試験区は無窒素区を除き2反復とした。

表2 窒素3作分1回施肥に供試した肥料の種類と窒素施用量

試験年度	試験区名	肥料の種類	3作分窒素施用量 (kg/10a)	窒素施用方法
2001	被覆リニア	分解性被覆燐硝安加里リニア型100日タイプ	36 (基準量)	3作分1回施肥
	被覆シグモイド	被覆燐硝安加里シグモイド型100日タイプ	〃	〃
	ノンスト有機	ノンストレス型有機質肥料 (有機質80%)	〃	〃
2002	3作基準量	ノンストレス型有機質肥料 (有機質80%)	〃	〃
	3作診断	〃	23.7 (34%減肥)	〃
2001~ 2002	対照 (毎作) 無窒素	燐硝安加里 S604	36 (12kg × 3回) 0	毎作基準量施肥 (リン酸, 加里のみ施用)

注) 3作分1回施肥の窒素施用量 = 3作分窒素施用基準量 (kg/10a) - 作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量 (mg/100g 風乾土)。窒素3作分1回施肥区のリン酸と加里は、施用基準量3作分のいずれも36kg/10aを1作目作付前に一度に施用した。

表3 窒素2,3作分1回診断施肥の窒素施用量

試験区名	窒素施用量 (kg/10a)					減肥率 (%)
	1作前	2作前	3作前	2作合計	3作合計	
3作診断	14.1	0	0		14.1	61
2作診断	2.1	0		2.1		91
慣行 (毎作)	12.0	12.0	12.0	24.0	36.0	
無窒素	0	0	0	0	0	100

注) 2,3作診断区の窒素施用量

= 2,3作分窒素施用基準量 (kg/10a) - 作土層の施肥前土壤中 NO₃-N 含量 (mg/100g 風乾土)。
肥料の種類は、現地で使用されていたノンストレス型有機質肥料 (有機質30%)。

2,3作診断区のリン酸と加里は、施用基準量2,3作分の24,36kg/10aを1作目作付前に一度に施用。

表4 耕種概要

試験年度	作数	品種	基肥施肥日	播種日	収穫日	条間 × 株間	播種密度
2001 (所内)	1	夏楽天	6月22日	6月29日	7月23日	18cm × 6cm	83粒 / m ²
	2	〃	(8月7日)	8月17日	9月11日	〃	〃
	3	〃	(10月5日)	10月9日	11月12日	〃	〃
2002 (所内)	1	夏楽天	6月26日	6月28日	7月22日	18cm × 6cm	83粒 / m ²
	2	〃	(9月2日)	9月5日	10月3日	〃	〃
	3	〃	(10月18日)	10月25日	12月13日	14cm × 6cm	116粒 / m ²
2003 (現地)	1	あやか	4月24日	4月24日	5月21-22日	12cm × 5cm	119粒 / m ²
	2	のりか	(5月27日)	5月27日	6月17-18日	〃	〃
	3	〃	(6月20日)	6月21日	7月11日	12cm × 6cm	99粒 / m ²

注) 2,3作目の基肥施肥は毎作施肥の対照区あるいは慣行区と無窒素区のみ施用した。
収穫は全区一斉に行った。

Ⅲ. 結 果

試験 1. ハウスコマツナにおける窒素 3 作分 1 回施肥に適用可能な肥料の種類探索

2001 年度は、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量が 1.8mg/100g 風乾土と残存土壤中硝酸態窒素含量が少ない条件下で試験を行った (表 5)。被覆肥料のリニア型およびシグモイド型の 100 日タイプ、ノンストレス型有機質肥料 (有機質 80%) の窒素 3 作分 1 回施肥 (以下それぞれ被覆リニア区、被覆シグモイド区、ノンスト有機区) は、いずれも速効性肥料を毎作基準量施肥する対照区と同等の収量であった (図 1)。特に、ノンスト有機区は、窒素吸収量および施肥窒素利用率が最も高く、また、3 作後の作土層の土

壤中硝酸態窒素含量の増加量が最も少なかった (表 5, 6)。被覆リニア区および被覆シグモイド区における窒素吸収量、施肥窒素利用率、3 作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の増加量は、毎作基準量施肥の対照区とほぼ同等であった (表 5, 6)。なお、本試験では、無窒素区を除く全区ともやや収穫適期より遅れて収穫したため (葉長約 30cm)、窒素吸収量が窒素施用量並みに多かった (表 6, 7)。また、窒素 3 作分 1 回施肥区における作物体内硝酸イオン濃度は、1 作目のノンスト有機区でやや高くなった以外は、ほぼ対照区と同等の濃度であった (図 2)。3 作跡地の下層土の硝酸態窒素含量は、いずれの区も 3.5mg/100g 風乾土以下と少なかった (表 5)。

表 5 土壤中硝酸態窒素含量の推移 (2001)

試験区名	NO ₃ - N 含量 (mg/100g 風乾土)						
	作土層 (深さ 0 - 15cm)					下層 (3 作跡)	
	施肥前	1 作跡	2 作跡	3 作跡	増加量※	深さ 20 - 40cm	40 - 60cm
被覆リニア	1.8	10.5	6.2	10.3	8.5	2.8	3.5
被覆シグモイド	1.8	8.7	7.5	8.1	6.3	1.8	3.0
ノンスト有機	1.8	13.6	6.7	3.7	1.9	3.4	3.1
対照 (毎作)	1.8	5.0	3.9	9.7	7.9	3.5	2.4
無窒素	1.8	3.9	1.9	1.4	-0.5	1.4	1.5

※増加量 = 3 作跡地の作土層中 NO₃ - N 含量 - 施肥前の作土層中 NO₃ - N 含量。

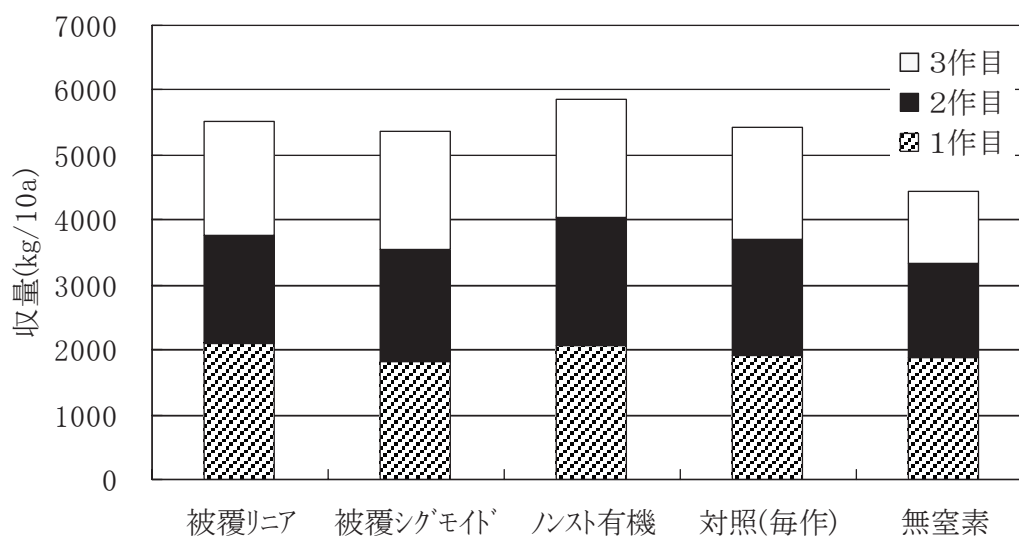


図 1 窒素 3 作分 1 回施肥における肥料の種類がハウスコマツナの収量に及ぼす影響 (2001)

表6 窒素3作分1回施肥における肥料の種類が窒素吸収量、施肥窒素利用率に及ぼす影響 (2001)

試験区	3作分窒素施用量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	施肥窒素利用率※ (%)
被覆リニア	36.0	32.1	30.8
被覆シグモイド	36.0	31.8	30.0
ノンスト有機	36.0	35.8	41.1
対照 (毎作)	36.0	30.6	26.7
無窒素	0	21.0	—

※施肥窒素利用率 = {(試験区 - 無窒素区の窒素吸収量) / 試験区の窒素施用量} × 100

表7 窒素3作分1回施肥における肥料の種類が生育、品質に及ぼす影響 (2001)

試験区	収穫率※ (%)	全重 (g/株)	調製重 (g/株)	葉数 (枚)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD 値)
(1作目)						
被覆リニア	80.0	37.6	31.6	6.4	29.9	44.6
被覆シグモイド	80.0	32.4	27.6	6.5	28.2	43.9
ノンスト有機	68.3	43.3	36.1	6.7	30.7	42.7
対照 (毎作)	75.0	36.1	30.8	6.6	28.6	45.7
無窒素	80.0	32.4	28.1	6.4	28.5	44.6
(2作目)						
被覆リニア	85.0	26.6	23.1	5.5	30.2	31.8
被覆シグモイド	78.3	30.4	26.1	5.5	32.5	31.6
ノンスト有機	91.7	30.3	25.9	5.4	32.7	31.8
対照 (毎作)	86.7	29.0	24.8	5.3	31.3	31.9
無窒素	91.7	23.1	20.2	5.1	29.7	32.7
(3作目)						
被覆リニア	90.0	27.9	23.5	5.7	29.8	29.8
被覆シグモイド	88.3	28.5	24.7	5.8	30.0	31.4
ノンスト有機	93.3	28.1	23.4	5.6	30.9	30.8
対照 (毎作)	93.3	28.2	23.1	5.7	30.2	30.0
無窒素	95.0	16.8	14.9	5.3	25.8	30.7

※収穫率 = 収穫株率 / 播種数 × 100

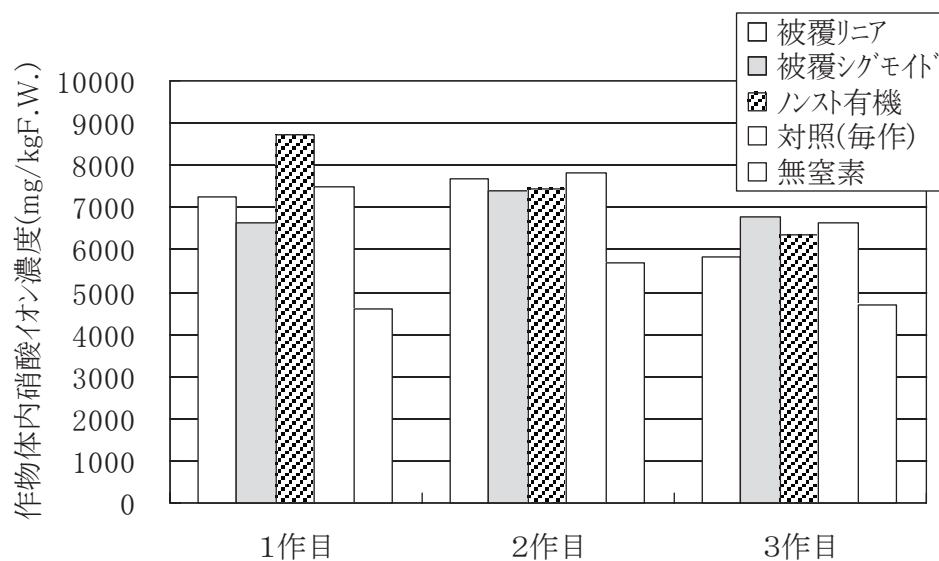


図2 窒素3作分1回施肥における肥料の種類が作物体内硝酸イオン濃度に及ぼす影響 (2001)

試験2. ハウスコマツナにおける窒素3作分1回診断施肥による減肥の検討

2002年度は、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量が無窒素区を除いた全区で12.2～16.4mg/100g風乾土とやや多い条件下で試験を行った(表8)。窒素3作分1回診断施肥(以下3作診断区)は、毎作基準量を施肥する対照区より34%の減肥となった(表2)が、窒素3作分1回基準量施肥(以下3作基準量区)と収量が同等で、対照区よりも増収した(図3)。また、3作診断区は、施肥窒素利用率が43.3%と最も高く、3作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の増加量も少なかった(表8, 9)。3作基準量区は、対照区より増収し、施肥窒素利用率も対照区より高かったが、3作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の増加量が対照区より多かった(図3, 表8)。なお、今回の試験では、3作基準量区と3作診断区では葉長20～

30cm中心のときに、対照区では葉長20～25cm中心のときに収穫となったため、試験1と比較して窒素吸収量は少なかった(表6, 7, 9, 10)。3作診断区では、窒素吸収量より窒素施用量が4.8kg/10a多いだけだったが、3作基準量区では17.2kg/10a、対照区では21.6kg/10aも窒素吸収量より窒素施用量が多かった(表9)。作物体内硝酸イオン濃度は、3作診断区、3作基準量区とも対照区と3作ともほぼ同等だった(図4)。3作基準量区で作付跡地土壤の硝酸態窒素含量が最も多かったが、作物体内硝酸イオン濃度は無窒素区を除く他の区と同程度であった(表8, 図4)。3作基準量区と3作診断区の3作跡地土壤の下層の硝酸態窒素含量は、作土層の1/3以下と少なかったが、毎作耕うんした対照区の深さ20～40cmの土壤では、作土層と同等の含量があり、やや多かった(表8)。

表8 土壤中硝酸態窒素含量の推移(2002)

試験区名	NO ₃ -N 含量 (mg/100g 風乾土)						
	作土層(深さ0-15cm)					下層(3作跡)	
	施肥前	1作跡	2作跡	3作跡	増加量※	深さ20-40cm	40-60cm
3作基準量	12.2	26.6	35.1	30.6	18.4	8.6	4.9
3作診断	12.4	23.0	19.3	16.7	4.3	5.3	3.4
対照(毎作)	16.2	17.9	15.1	21.9	5.7	18.3	3.5
無窒素	3.6	2.5	2.9	1.5	-2.1	2.2	1.7

※増加量 = 3作跡地の作土層中NO₃-N含量 - 施肥前の作土層中NO₃-N含量。

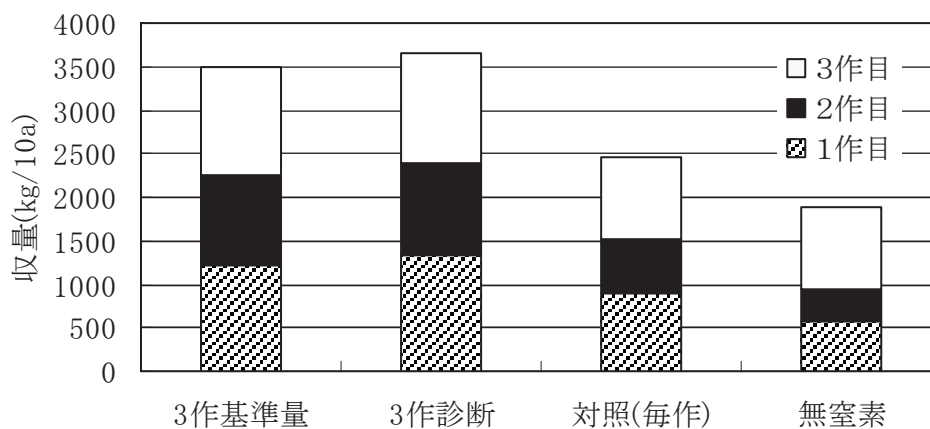


図3 窒素3作分1回施肥における窒素施用量の違いがハウスコマツナの収量に及ぼす影響(2002)

表9 窒素3作分1回施肥における窒素施用量の違いが窒素吸収量、施肥窒素利用率に及ぼす影響 (2002)

試験区	3作分窒素施用量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	施肥窒素利用率※ (%)
3作基準量	36.0	18.8	28.2
3作診断	23.7	18.9	43.3
対照(毎作)	36.0	14.4	16.1
無窒素	0	8.6	—

※施肥窒素利用率 = {(試験区 - 無窒素区の窒素吸収量) / 試験区の窒素施用量} × 100

表10 窒素3作分1回施肥における窒素施用量の違いが生育、品質に及ぼす影響 (2002)

試験区	収穫率※ (%)	全重 (g/株)	調製重 (g/株)	葉数 (枚)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD値)
(1作目)						
3作基準量	75.0	20.3	16.9	6.7	22.6	43.0
3作診断	90.0	19.8	17.0	6.7	23.3	40.9
対照(毎作)	86.7	14.2	12.4	6.4	20.6	42.0
無窒素	81.7	10.0	8.6	5.9	18.6	38.0
(2作目)						
3作基準量	85.0	18.0	15.6	5.4	26.0	34.0
3作診断	90.0	17.4	15.3	5.6	25.9	33.7
対照(毎作)	81.7	10.8	9.1	4.7	20.9	33.6
無窒素	75.0	6.5	5.6	4.2	17.8	30.6
(3作目)						
3作基準量	98.3	12.3	10.7	5.5	21.0	34.2
3作診断	95.0	12.7	11.5	5.9	21.4	33.2
対照(毎作)	90.0	10.0	8.9	5.7	19.3	33.5
無窒素	95.0	9.7	8.5	5.7	19.0	32.1

※収穫率 = 収穫株数 / 播種数 × 100

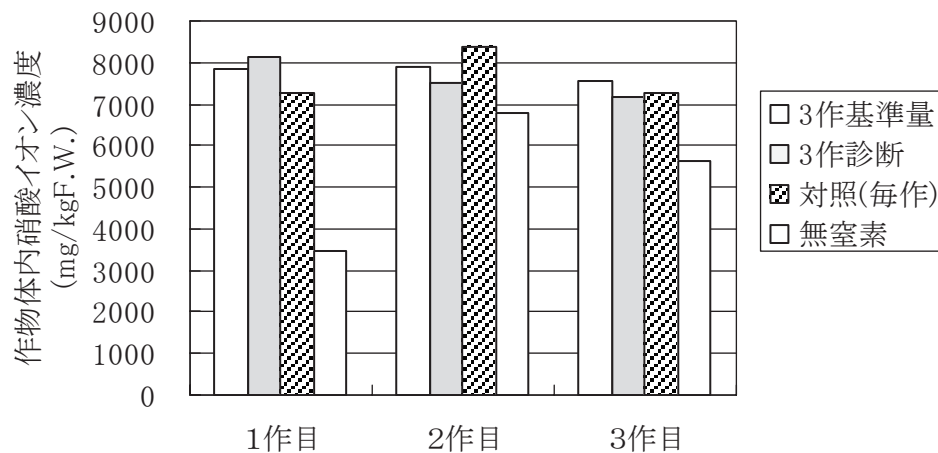


図4 窒素3作分1回施肥における窒素施用量の違いが作物体内硝酸イオン濃度に及ぼす影響 (2002)

試験3. ハウスコマツナにおける窒素2, 3作分1回 診断施肥による減肥の現地実証

2003年度は、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量が21.9mg/100g風乾土と比較的多い条件下で試験を行った(表11)。そのため、無窒素区でも慣行区並の収量および品質であった(表12, 13)。また、3作目の収穫時期が適期よりやや早かったため葉長が全区ともやや短かった(表13)。窒素3作分1回診断施肥(以下3作診断区)は、毎作基準量施肥の慣行区よりも61%の減肥であった(表3)が、3作合計の収量は同等であった(表12)。3作診断区は、慣行区よりも窒素施用量は少なかったが、窒素吸収量が無窒素区並に少なく、そのため施肥窒素利用率は2.1%と慣行区の3.6%と同様に低かった(表11)。作土層の土壤中硝酸態窒素含量は、慣行区では施肥前と3作跡地土

壤で同等であったが、3作診断区では、窒素施用量が少ないため無窒素区と同様に施肥前より11.4mg/100g風乾土減少した(表11)。窒素2作分1回診断施肥(以下2作診断区)は、毎作基準量施肥の慣行区よりも91%の減肥であった(表3)が、収量は同等であった(表12)。また、2作診断区は、窒素施用量が非常に少なく窒素吸収量が無窒素区よりやや多く慣行区と同等であったため、慣行区と比較して、施肥窒素利用率が高かった(表11)。ただし、2作後の作土層の土壤中硝酸態窒素含量の減少量が18.3mg/100g風乾土と他の区よりも多かった(表11)。なお、作土層の土壤中硝酸態窒素含量の測定値をRQフレックスとイオンクロマトグラフで比較したところ、高い相関関係を示した(図5)。

表11 窒素2, 3作分1回診断施肥が窒素吸収量, 施肥窒素利用率および土壤中硝酸態窒素含量に及ぼす影響(2003)

試験区	窒素施用量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	施肥窒素利用率 (%)	作土層の土壤中NO ₃ -N含量(mg/100g風乾土)			
				施肥前	2作跡	3作跡	増加量※
(3作跡)							
3作診断	14.1	14.3	2.1	21.9		10.5	-11.4
慣行(毎作)	36.0	15.3	3.6	21.9		23.0	1.1
無窒素	0.0	14.0	—	21.9		8.9	-13.0
(2作跡)							
2作診断	2.1	11.8	81.0	21.9	3.6		-18.3
慣行(毎作)	24.0	12.1	8.3	21.9	16.1		-5.8
無窒素	0.0	10.1	—	21.9	11.0		-10.9

※増加量 = 3作あるいは2作収穫跡地土壌のNO₃-N含量 - 施肥前土壌のNO₃-N含量。

表12 窒素2, 3作分1回診断施肥が収量(kg/10a)に及ぼす影響(2003)

試験区名	1作目	対比	2作目	対比	3作目	対比	2作合計	対比	3作合計	対比
3作診断	1166	90	1060	94	879	108			3105	96
2作診断	1375	106	1165	104			2539	105		
慣行(毎作)	1303	100	1122	100	813	100	2424	100	3237	100
無窒素	1233	95	1055	94	889	109	2288	94	3177	98

注) 対比は、慣行(毎作)区の収量を100としたときの値。

表13 窒素2,3作分1回診断施肥が生育,品質に及ぼす影響(2003)

試験区	収穫率※ (%)	全重 (g/株)	調製重 (g/株)	葉数 (枚)	葉長 (cm)	葉色 (SPAD値)
(1作目)						
3作診断	78.8	15.1	12.5	5.0	22.0	44.1
2作診断	83.8	16.2	13.7	5.0	22.7	42.8
慣行(毎作)	83.8	15.9	13.0	4.8	22.9	43.0
無窒素	62.5	19.8	16.7	5.3	23.7	43.1
(2作目)						
3作診断	87.5	13.5	10.2	4.2	22.6	36.8
2作診断	95.0	13.5	10.3	4.2	23.1	38.2
慣行(毎作)	97.5	12.7	9.6	4.1	22.2	38.1
無窒素	87.5	13.4	10.2	4.2	22.0	37.5
(3作目)						
3作診断	107.1	8.0	6.6	3.7	19.4	34.2
慣行(毎作)	95.2	8.4	6.9	3.6	20.0	34.3
無窒素	95.2	9.3	7.5	3.7	21.6	32.7

※収穫率 = 収穫株数 / 播種数 × 100

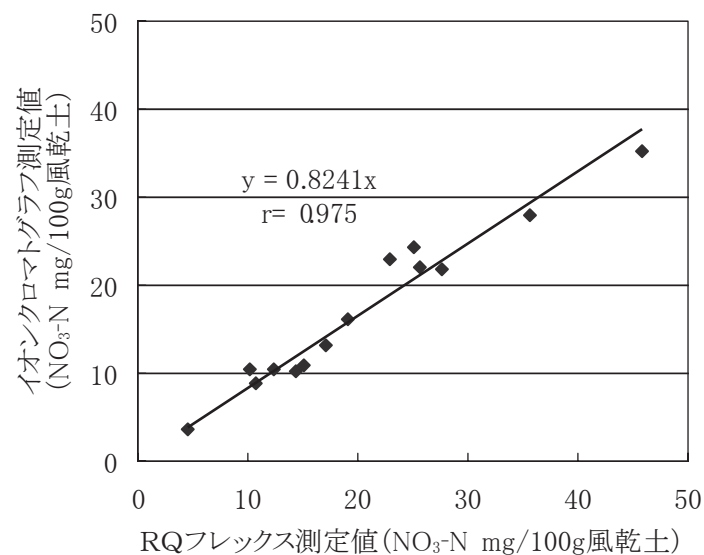


図5 水抽出液(EC測定後ろ過液)における作土層の土壤中硝酸態窒素含量のRQフレックス値とイオンクロマトグラフ値の関係

IV. 考 察

窒素2,3作分1回診断施肥による減肥技術は,生育の速い軟弱野菜類で,過剰に硝酸態窒素が蓄積した施設の火山灰土壌において,収量を維持しながら無駄な窒素施肥量を減らして適切な土壤窒素管理を行う上で有効な手段であると考えられる。実際に本試験では,毎作基準量施肥の対照区(または慣行区)と同等の収量を維持し,作付跡地土壌の硝酸態窒素含量が対照区

(または慣行区)よりも減少することを明らかにできた。なお,今回の試験では,生育の速い軟弱野菜類が対象作物であったため,より迅速に簡易な土壤診断をする目的で,黒ボク土壌の一般的な仮比重0.667と作土深15cmを利用し(茨城県,1997),さらに風乾土で土壌に残存している硝酸態窒素含量を診断した。また,土壤中硝酸態窒素含量の測定において,RQフレックスとイオンクロマトグラフとの相関は高かったため,表層腐植質黒ボク土においては現場でも本試験の

診断施肥を十分適応できると思われる。ただし、今回の試験は、仮比重が0.667と大きく異なる土壌については検討していないので、そのような土壌では、窒素2, 3作分1回診断施肥の有効性は不明である。

試験1では、窒素3作分1回施肥の適応可能な肥料の種類について検討したが、被覆肥料のリニア型、シグモイド型、ノンストレス型有機質肥料(有機質80%)のいずれの肥料も速効性肥料の燐硝安加里を毎作基準量施肥した対照区と同等の収量、窒素吸収量が確保できた。その中でもノンストレス型有機質肥料の窒素吸収量が多く、施肥窒素利用率が高かった理由は、作土層の土壌中硝酸態窒素含量が1作跡地土壌で多くなっており、高温時期の1作目で肥料由来有機態窒素の無機化が速く進み、被覆肥料よりも速く土壌中の硝酸態窒素が増加し、1, 2作目の窒素吸収量が多くなったためと考えられた。窒素吸収量が多かったため、ノンスト有機区では、3作跡地の作土層の土壌中硝酸態窒素含量も少なかったと考えられた。

試験2では、試験1で最も施肥窒素利用率の高かったノンストレス型有機質肥料を使用して、窒素3作分1回診断施肥を検討したが、毎作基準量を施肥する対照区や窒素3作分1回基準量施肥と比較して34%減肥しても、同等以上の収量を確保でき、施肥窒素利用率も高くなった。一方、植田・小山田(1996)は、雨よけハウレンソウで被覆燐硝安加里を使用して4作分1回施肥を行ったところ、窒素施用基準量を施肥すると、毎作基準量施肥の慣行区と比較して、同等の収量や窒素吸収量があるが、2割減肥や4割減肥すると減収したと報告している。この報告では、慣行区の窒素吸収量が窒素施用量とほぼ同量で、また施肥前に残存していた作土層中硝酸態窒素含量も1.3~1.6mg/100g乾土と少なかったため、基準量を施肥しても無駄な窒素施用量が無く、減肥することが難しかったと考えられた。本試験では、対照区や窒素3作分1回基準量施肥で、窒素吸収量より窒素施用量が15kg/10a以上も多く、また施肥前の作土層中硝酸態窒素含量も12mg/100g風乾土以上と比較的多く残存しており、窒素3作分1回診断施肥で34%減肥しても減収しなかったと考えられた。

試験3では、施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が21.9mg/100g風乾土と多く蓄積していた現地ハウスで、窒素2, 3作分1回診断施肥を行ったが、61%減肥の窒素3作分1回診断施肥、91%減肥の窒素2作分1回診断施肥でも毎作基準量施肥の慣行区と同等の

収量、窒素吸収量が得られた。これは、無窒素区でも慣行区並の窒素吸収量があるほど施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が多かったため、61, 91%減肥した診断施肥でも土壌中の硝酸態窒素が不足しなかったためと考えられた。現地では、試験3で使用したハウスのように過剰に土壌中硝酸態窒素が蓄積したハウスが多いため、本試験で用いた診断施肥は、無駄な窒素施用量の削減に有効と考えられた。ただし、診断施肥区の作付跡地の土壌中硝酸態窒素含量が、施肥前よりもかなり少なくなっていることから、現地では高温時期の夏季の灌水量が多く、作土層よりも下層土に硝酸態窒素が多くなっている可能性が考えられた。このように前作で灌水量が多かった場合や太陽熱土壤消毒など多量の水を使用した跡で、作土層よりも下層に硝酸態窒素が多い場合、いずれ下層の硝酸態窒素が施設特有の水移動で作土層に上昇してくると考えられるので(松中, 2004)、作土層だけで硝酸態窒素含量を評価すると窒素施用量が過剰になってしまう。そのような場合に過剰な窒素の施用を防ぐためには、下層の土壌診断も必要になると考えられた。

診断施肥の問題点としては、有機物を多量に投入した後のほ場での土壌残存窒素量の診断方法が上げられる。そのようなほ場では、当初硝酸態窒素は多くないが、2, 3作後には硝酸態窒素が多くなると予想される。今回の試験は、生育の速い軟弱野菜類が供試作物で、所内ハウス、現地ハウスともに堆肥が無施用の土壌であったので、硝酸態窒素のみの診断が可能であったが、実際の現地では、堆肥を多量に投入しているハウスもあることが想定される。その場合には、可給態窒素をもとにした診断施肥が必要になると考えられる。ただし、土壌の可給態窒素診断に多く使われている定法は、土壌を30℃で28日も培養することから迅速に診断することが困難である(日本土壤協会, 2001)。現地のハウスコマツナ栽培は、ハウスごとに時期を少しずつずらしながら10月~6月に4作作付するので(茨城県農業改良協会, 2001)、診断施肥を行うには迅速に土壌中窒素を診断する必要がある。したがって、そのような有機物を投入したハウス土壌では、水田土壌で有効とされているリン酸緩衝液抽出窒素を利用した迅速で簡易な可給態窒素診断(小川ら, 1992; 塚本, 2002)による診断施肥の検討が必要と思われる。

その他、作土層の施肥前土壌の硝酸態窒素含量が、窒素3作分1回診断施肥では24mg/100g風乾土、窒素2作分1回診断施肥では12mg/100g風乾土以下の

場合、毎作窒素 12kg/10a 施用の慣行施肥と比較して、1 作目に多くの窒素量が投入されるが、そのときに作物体内硝酸イオン濃度が上昇する懸念がある。試験 1 では、36kg/10a を一度に施用したノンスト有機区の 1 作目（7 月下旬収穫）の作物体内硝酸イオン濃度がやや高かった。これは、1 作目が夏季の高温時期で肥料由来有機態窒素の無機化が速く進み、作土層中硝酸態窒素が速く増加したためと考えられるが、現地ハウスでは非常に高温となる 7～8 月には作付けしない（茨城県農業改良協会,2001）ため、現地ハウスで窒素 2,3 作分 1 回診断施肥の 1 作目が夏季の高温時期になることは無い。したがって、現地ハウスでは、本試験のように窒素 2,3 作分 1 回診断施肥で 1 作目の作物体内硝酸イオン濃度が高くなることは無いと予想されるが、作物体内硝酸イオン濃度を考慮すると、この施肥法では、緩効性肥料を使用することが前提条件と考えられる。

最後に、この窒素 2,3 作分 1 回診断施肥を同一ハウスで数年連続した場合の土壤中硝酸態窒素含量の推移については調査していない。今後は、診断施肥を何作も続けた場合の収量やハウス内土壤中硝酸態窒素含量を注意深く調査していく必要がある。

V. 摘要

火山灰土壌のハウスコマツナにおいて、作土層の施肥前土壤中硝酸態窒素含量（mg/100g 風乾土）を 10a 当たりの硝酸態窒素量（kg）と考え、それを窒素施用基準量の 2,3 作分から差し引いた上で施肥する窒素 2,3 作分 1 回診断施肥による減肥技術について検討した。

1. 施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が 1.8mg/100g 風乾土と少ない条件で、被覆リニア型、被覆シグモイド型、ノンストレス型有機質肥料（有機質 80%）を用いて、窒素 3 作分 1 回施肥を行い、速効性化成で毎作窒素基準量施肥する対照区と比較した結果、いずれの肥料も対照区と同等の収量が得られた。特にノンストレス型有機質肥料は、施肥窒素利用率が高く、3 作作付跡地の土壤中硝酸態窒素含量も低かった。
2. 施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が 12-16mg/100g 風乾土とやや多い条件で、ノンストレス型有機質肥料（有機質 80%）を用いた窒素 3 作分 1 回診断施肥は、窒素 3 作分 1 回基準量施肥や対照区

よりも 34% 減肥になったが、収量は同等以上で、施肥窒素利用率が最も高く、3 作作付跡地の土壤中硝酸態窒素含量も低かった。

3. 茨城県旧玉里村の現地コマツナハウスで、ノンストレス型有機質肥料（有機質 30%）を用いた窒素 2,3 作分 1 回診断施肥による減肥試験を行った。施肥前の作土層中硝酸態窒素含量が 22mg/100g 風乾土とやや多い条件で、窒素 2 作分または 3 作分 1 回診断施肥は、毎作基準量施肥の慣行区と比較して、それぞれ 91%、61% の減肥となったが、同等の収量が得られた。特に窒素 2 作分 1 回診断施肥では施肥窒素利用率が高く、作土層中硝酸態窒素含量の減少量も多かった。

謝 辞 本試験の遂行にあたり、土浦地域農業改良普及センターの水野仁志専門員（現：農業総合センター）と鈴木結花主任には、現地試験において大変お世話になりました。また、玉里村（現：小美玉市）の市村勇氏には快く現地ほ場を提供して頂きました。さらに、農業総合センター施設課の野口昭治技師（現：退職）と柳原正之技師、足立美佐代氏をはじめとする臨時職員の方々にはそれぞれ栽培管理、調査、分析において多大なご協力を頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

- 伊達昇・米山徳造・都田紘志・加藤哲郎. 1980. 野菜の硝酸根蓄積に及ぼす肥培管理の影響. 東京農試研報. 13:3-13.
- 茨城県農業改良協会. 2001. いばらきの野菜: 117-119.
- 茨城県農業総合センター. 1998. 野菜栽培基準: 117
- 茨城県農林水産部農業技術課. 1997. 土壌・作物栄養診断マニュアル: 14-17, 87, 89.
- 松中照夫. 2004. 土壌学の基礎: 279-280. 農文協
- 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭. 1991. 夏どりホウレンソウの内部品質指標. 土肥誌. 62: 435-438.
- (財)日本土壌協会. 2001. 土壌, 水質及び植物体分析法: p66-73.
- 小川吉雄・山根隆重・加藤弘道. 1992. 可給態窒素の簡易測定法と診断施肥への応用. 農業および園芸. 67. 3: 377-381.

作物分析法委員会. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析測定法：67-69. 養賢堂.

建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克.

1995. 窒素施用がホウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響. 土肥誌. 66：238-246.

塚本心一郎. 2002. 水稻高品質化のための基肥窒素

量の診断. 圃場と土壌. 34. 10-11号:p36-40. (財) 日本土壌協会.

植田稔宏・小山田勉. 1996. ホウレンソウの最適栄養条件の解明. 平成8年度茨城農総七園研試験成績書：248-251.

渡辺和彦監修. 1994. 野菜の要素欠乏と過剰症：52. タキイ種苗(株).

県産野菜の抗酸化性の評価と加熱調理による変化

池羽 智子・鹿島 恭子

Evaluation of Antioxidant Activity of Raw and Cooked Vegetable Extracts Produced in Ibaraki Prefecture

Tomoko IKEBA and Kyoko KASHIMA

Summary

The antioxidant activity of seventy-six kinds of raw vegetable extracts were examined by measuring the rate of discoloration of beta-carotene coupled with the oxidation of linoleic acid. The results showed that perilla, mitsuba, sweetpepper, lotus root, mizuna had high antioxidant activity among the vegetables that are produced in Ibaraki prefecture. In particular, the vegetables in the parsley family and sprouts showed very high activity.

The antioxidant activity of many boiled vegetable extracts were low compared with the raw extracts, but some such as water dropwort and garland chrysanthemum were higher. But the result of boil time examined in lotus root was that as the boil time increased, the antioxidant activity of boiled lotus root decreased whereas that of soup increased. Fried lotus root in oil retained high antioxidant activity compared with boiled and steamed.

キーワード：抗酸化性, β カロテン退色法, 野菜, 調理

I. 緒言

近年、食生活の欧米化に伴い、がん、心疾患、糖尿病、アレルギー性疾患等の生活習慣病が増加している。そのため、日常の食生活を改善・健全化し、疾病を予防することに対して関心が高まっている。特に野菜をはじめとする農産物は、抗酸化性、抗変異原性や発ガン予防機能をもつ成分を数多く含むことが明らかにされており（東, 1999; 大澤, 1995）、注目を集めている。

多くの生活習慣病や身体の老化は、ストレスや喫煙などにより体内で過剰に発生した活性酸素が、脂質、タンパク質、核酸などの生体成分を酸化することにより生じるとされている。この活性酸素による酸化を抑制する働きが抗酸化性であり、抗酸化成分を多く摂取することが生体内の酸化傷害を防ぎ、疾病予防に役立つと考えられる。

すでに、抗酸化性に関する数多くの報告がある（松崎・原, 1985; 浜渦・飯島, 1999）。しかし、大部分

は一般的な野菜を扱っているものであり、マイナー作物については事例が少ない。茨城県では主要野菜の他にも地域特産品とされる野菜を多く生産しており、それらについて抗酸化性はどの程度なのか、また、調理加工によりどう変化するのか等の興味が持たれるようになってきている。抗酸化性に関するデータの明示は、消費者が野菜を購入する際の指標になり得ると考えられる。

これらのことから、県内で生産される特産野菜について、主な機能性と考えられる抗酸化性を評価し、機能性の高い野菜を検索すると同時に、調理後の抗酸化性の変化を調査した。

II. 材料および方法

試験1 抗酸化性の高い野菜の検索

1. 材料

県内で生産している野菜76品目・733検体を試料

とした。材料は研究所内の圃場での採取、現地圃場からの採取、直売所やスーパー等で購入のいずれかにより入手した。1サンプルにつき可食部 100g を試料としたが、1個体重の大きい野菜については1サンプルにつき4個用意し、1個体から4分の1ずつ採取した後、細断・混合し、100g を取って試料とした。

2. 試料溶液の調整と抗酸化性の測定

野菜の可食部を2倍量の80%エタノールとともにミキサーで磨砕し、濾紙でろ過した。ろ液5mLをメスフラスコにとり、80%エタノールで50mLに定溶して試料溶液とした。

抗酸化性の測定は、リノール酸の酸化物が β -カロテンを退色させる作用を利用した津志田らの方法(津志田, 1994)を用いた。まず、 β -カロテン溶液(100mg/100mLクロロホルム)、リノール酸溶液(10g/100mLクロロホルム)、ツイーン40溶液(20g/100mLクロロホルム)を作成した。それぞれ0.5mL、0.2mL、1.0mLをフラスコに採取してクロロホルムを飛ばした後、90mLの蒸留水を加えて溶解し、pH6.8に調整した0.2Mのリノール酸緩衝液10mLを添加して、リノール酸・ β -カロテン溶液を調整した。あらかじめ200 μ Lの被検液を入れた試験管に、この溶液を9.8mL添加し、50℃の恒温槽に素早く入れた。その後、15分後と45分後の吸光度A(波長470nm)を測定して、 $\Delta A = A_{15分} - A_{45分}$ を求めた。 ΔA の値とブチルヒドロキシアニソール(以後BHAと略記)濃度のlog対数値が直線の関係にあることを利用し、BHA100mL当たり1mg、2mg、3mg、4mgの標準液で ΔA を求めて作成した検量線から、被検液の抗酸化性をBHA濃度に換算した。

試験2 調理による抗酸化性の変化

下記の方法により試料を調整し、試験1に準じて抗酸化性を測定した。

1. 短時間調理した際の抗酸化性の変化

加熱調理が一般的なチンゲンサイ、ホウレンソウ等13品目を対象とし、2Lの沸騰水中で、可食部100gを40秒ゆでて試験に供試した。ゆでる際、レンコンなど、1個体が大きいものは一口大に切断して調理した。調理後の重量は変化するため、抗酸化性は100g新鮮重に換算して表示した。

2. レンコンの調理時間と抗酸化性の変化

厚さ5mmに切断したレンコン100gを、500mLの沸騰水中で15分、30分、45分、60分間煮込み、レンコンと煮汁に分けて、それぞれの抗酸化性を測定した。煮汁は蒸発分を補充しながら、最終的には200mLに調整し、抗酸化性の値は煮汁総量の値で表示した。

3. レンコンの調理方法による抗酸化性の変化

厚さ5mmにスライスしたレンコンを「煮る」、「炒める」、「炒めてから煮る」、「蒸す」、「油で揚げる」の5通りの方法で調理し、調理後の抗酸化性を測定して、生で抽出・測定した値と比較した。調理時間は15分とし、「炒めてから煮る」方法では、2分間油で炒めてから13分煮た。

Ⅲ. 結果

試験1 抗酸化性の高い野菜の検索

野菜抽出液の抗酸化性をBHA量に換算し、大きく4グループに分類した(表1)。BHA100mg/100g以上の高活性に相当するのはハマボウフウ、食用菊、イタリアンパセリ等11種であった。県の特産品であるオオバ、根ミツバ、ピーマンもこのグループに属した。100g当たりBHA50mg以上100mg未満のやや活性の高いグループには、レンコン、花豆「常陸大黒」(煮豆)、ミズナ、セリ、欧州系ブドウ「マリオ」、赤ネギなど29種が含まれた。同様に、やや活性の低い25mg以上50mg未満のグループにはホウレンソウ、ハクサイ、サツマイモ、チンゲンサイ、結球レタスなど24種、活性の低い25mg未満のグループにはエシャレット、カブ、タマネギなど12種が含まれた。科目別にみるとセリ科が非常に高く、ブロッコリースプラウトやごみなど、幼苗や若芽で抗酸化性が高い傾向がみられた。また、レタスでは品種により抗酸化性の強さに違いがみられ、サニーレタスやリーフレタスでは比較的抗酸化性が高かったが、結球レタスやフリルレタスでは低かった。キャベツ、ネギ、タマネギは概して活性が低かったが、紫キャベツ、赤ネギ、紫タマネギなど赤色素を持つ品種では色素を持たないものに比べて抗酸化性が高かった。

試験2 調理による抗酸化性の変化

1. 短時間調理した際の抗酸化性の変化

加熱調理による抗酸化性の変化を調べるため、いくつかの品目について、生の状態と沸騰水中で40秒ゆでた時の抗酸化性を比較した。その結果、ほとんどの品目ではゆでることにより抗酸化性は低下したが、セリ、シュンギク、アシタバなど一部の品目では、短時間ゆでることにより抗酸化性が大きく増加する傾向がみられた(図1)。

2. レンコンの調理時間と抗酸化性の変化

レンコンはゆで時間が長くなるにつれて抗酸化性が低下した。特に加熱直後から15分間の変化が著しく、この間にレンコンの抗酸化性は5割程度まで低

下し、その後は緩やかに減少した。これとは逆に、ゆで汁の抗酸化性は最初の15分間で著しく高まり、その後は60分後まで緩やかに増加した(図2)。

3. レンコンの調理方法による抗酸化性の変化

いずれの調理方法においても、抗酸化性は著しく低下した。「煮る」、「炒めてから煮る」の抗酸化性は最も低く、「生」の半分以下に低下した。「炒める」、「油で揚げる」など油を使った調理法では、比較的高い抗酸化性が保持されたが、それでも「生」の59～66%程度であった(図3)。

表1 生野菜抽出液の抗酸化活性の強さ

非常に強い活性 (> 100mgBHA/100g)	やや高い活性 (50 ~ 100mgBHA/100g)	やや低い活性 (25 ~ 50mgBHA/100g)	低い活性 (< 25mgBHA/100g)
ハマボウフウ	レンコン	トマト	ラッキョウ
食用キク	花豆「常陸大黒」(煮豆)	わけぎ	つる菜
イタリアンパセリ	シシトウ	ホウレンソウ	ミョウガ
オオバ	ゴボウ	エンサイ	まいたけ
こごみ	摘果メロン	ジャガイモ	タマネギ
ブロッコリースプラウト	キャベツ(紫)	キャベツ	エシャレット
アシタバ	パセリ	ハクサイ	巨峰(実)
ミツバ(根ミツバ)	オクラ	サトイモ	カブ
モロヘイヤ	ターサイ	サツマイモ	ヤマトイモ
ピーマン	ルッコラ	ニンジン	フキ
ベビーリーフ	ミツバ(糸ミツバ)	チンゲンサイ	カボチャ
	ミズナ	レタス(結球レタス)	花ニラ
	豆苗	パプリカ	
	セリ	菜花	
	レタス(リーフレタス)	トウガン	
	レタス(サニーレタス)	トウモロコシ	
	カイワレ	シュンギク	
	コマツナ	レタス(フリルレタス)	
	欧州系ブドウ(マリオ)	バジル	
	ヤーコン	タマネギ(紫)	
	ナス	イチジク	
	ブロッコリー	クリ	
	アスパラガス	ダイコン	
	ネギ(赤ねぎ)	ニガウリ	
	ニンニク	ネギ(白)	
	かき菜		
	ニラ		
	セロリ		
	葉ショウガ		

：茨城県の特産野菜

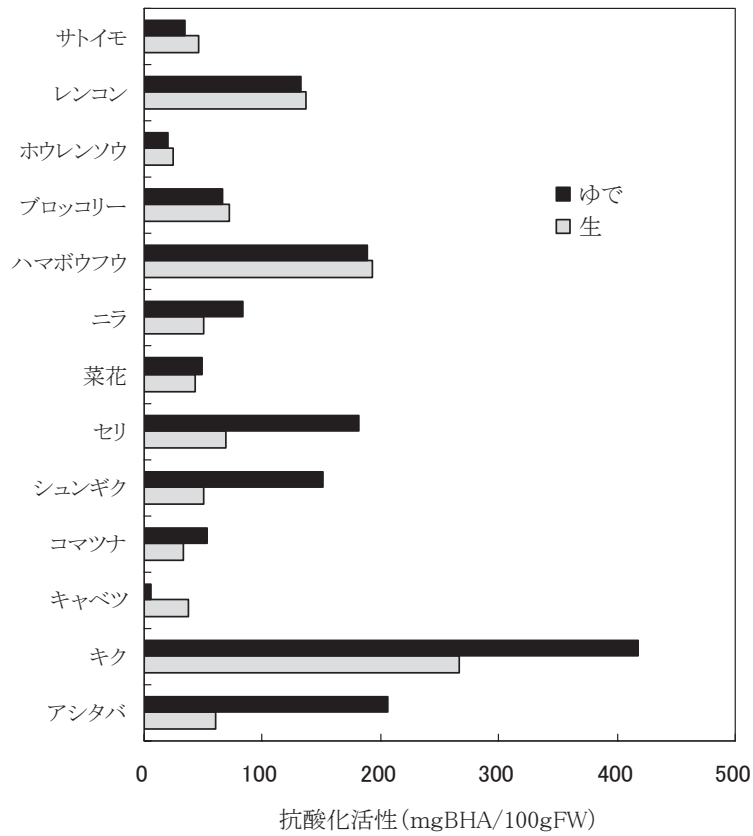


図1 加熱調理による抗酸化活性の変化
* 加熱調理：沸騰水中で40秒加熱

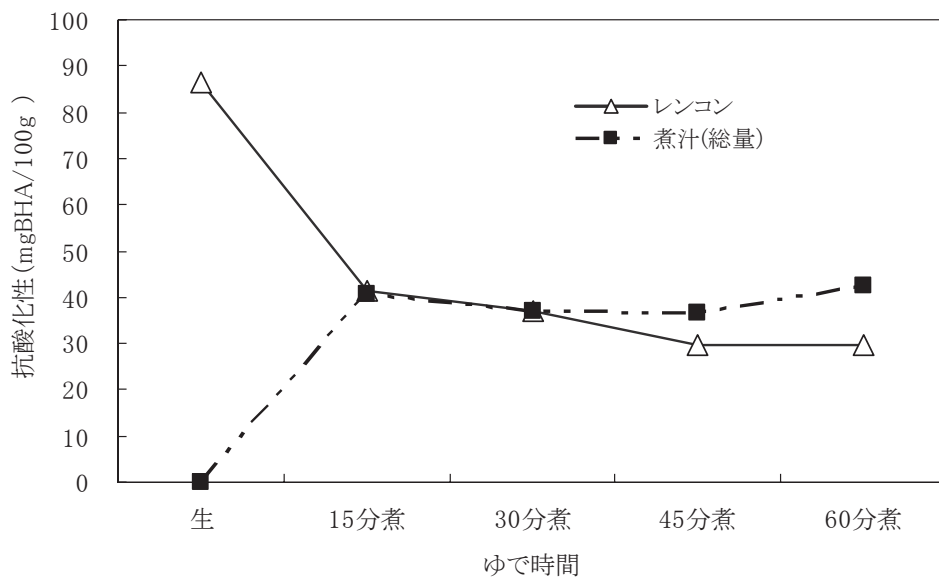


図2 レンコンの加熱時間と抗酸化性

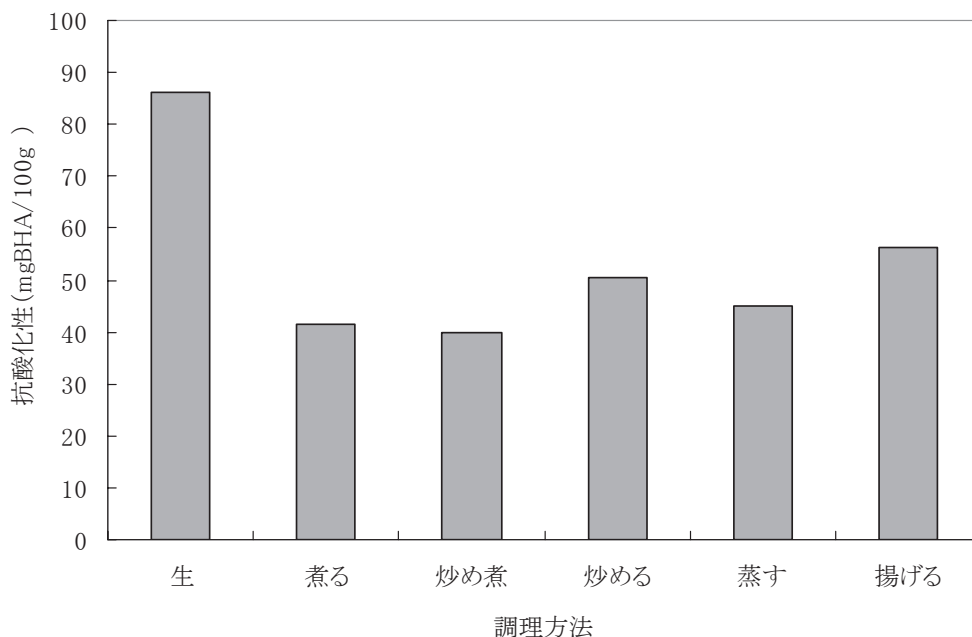


図3 レンコンの調理方法と抗酸化性
注：調理時間はすべて15分

IV. 考察

近年、野菜の生体調節機能に関する報告は数多く出されており、主に抗酸化性、抗変異原活性、抗アレルギー性の観点から評価されている。中でも抗酸化性は、多くの生活習慣病や老化の原因となる活性酸素を抑制する機能と定義され、多種類の 방법으로測定が試みられている。抗酸化性に関与する成分は、アスコルビン酸（ビタミンC）、カロテノイド類（BURTON & INGOLD, 1984）、トコフェロール（ビタミンE）（YOSHIDA ら, 2003）、ポリフェノール類とされ、特にポリフェノールと抗酸化性の相関が高いと報告されている（津志田ら, 1994）。これらについては個々の成分分析も盛んに行なわれているが、非常に多くの成分がこの分類に含まれており、成分によって抗酸化力の差が大きく、不明な点も多い。ここでは β -カロテン退色法を用い、野菜の持つ抗酸化性を全体的に評価した。

その結果、セリ科のハマボウフウやミツバ、食用菊、オオバ、モロヘイヤで抗酸化性が高いことが明らかとなった。オオバとモロヘイヤに関しては、東らがリノール酸エマルジョンおよびフォスファチジルコリンのリポソームを用いた方法でも同様の結果を得ている（東, 2001）。いずれも香りが強い野菜であることから、香

り成分の多い野菜では抗酸化性が高い可能性が示唆される。

その他では、こごみ、ブロッコリースプラウト、ベビーリーフ、カイワレなどの若い芽や摘果メロンなどの若い果実に高い抗酸化性がみられた。筆者がミズナの播種後日数と抗酸化性の関係を調べた試験でも、播種後日数の少ない幼苗で抗酸化性が高く、生長するにつれて低くなる結果が得られている（池羽, 未発表）。そのため、幼苗では抗酸化力を持つ成分の含有率が高いと推測される。近年のサラダ野菜のブームにのり、若芽や幼苗を商品化することは、抗酸化性の高い野菜を提供する1つの手法になると考えられる。

一方、キャベツ、ネギ、タマネギは概して抗酸化性が低かった。しかし、赤色色素を含む紫キャベツ、赤ネギ、紫タマネギは、色素を含まないものよりも抗酸化性が高い。赤色色素はポリフェノールの1種であるアントシアニンであるが、アントシアニンには活性酸素消去能があると報告されており（TAMURA & YAMAGAMI, 1994）、この色素により抗酸化性が増加したと考えられる。茨城県で育成した花豆「常陸大黒」もアントシアニン含量が他の花豆より多く、抗酸化性が高いことが判明した。

最近では、生で食べるサラダ用途野菜の利用が増加しているが、葉菜類や根菜類ではゆでる、煮る、炒め

る等の調理をして食べることが多い。そこで、こうした加熱調理による抗酸化性の変化を調べるため、いくつかの品目について、生の状態と沸騰水中で短時間ゆでた時の抗酸化性を比較した。その結果、ほとんどの品目ではゆでることにより抗酸化性は低下したが、セリ、シュンギク、アシタバなど一部の品目では、短時間ゆでることにより抗酸化性が高くなる傾向がみられた。原因としては、ゆでることにより、成分がより抗酸化性の高い構造に変化するか、または細胞壁が壊れ、細胞内の抗酸化成分が溶け出しやすくなったためと推測される。また、トマト・ニンジンなどのカロテノイド系野菜やタマネギ・モヤシ等のフラボノイド系野菜は加熱すると活性酸素消去能が低下するが、クロロフィル系野菜は温野菜にしても活性酸素消去活性が持続するとの報告があることから（西堀・並木、1998）、クロロフィル系色素の働きによる可能性も示唆される。

しかし図2に示したように、レンコンを長時間煮るようなケースでは、煮る時間が長くなるにつれてレンコン自体の抗酸化性は低くなり、煮汁中の抗酸化性が増加した。したがって、抗酸化成分は熱には比較的強いものが多いが、水溶性であり、ゆでる時間が長いほど細胞壁等が破壊され、ゆで汁中に流亡する量が多くなると考えられる。

そこで、抗酸化成分の流出を最小限にとどめる調理方法を検討した。その結果、抗酸化性は調理により4割～6割程度減少した。「炒める」、「揚げる」など油を使う方法では、抗酸化成分の流出が少なく、比較的高い活性が維持された。これは水溶性成分が外に流出せず、レンコン内にとどまるためと考えられる。「炒めてから煮る」方法はレンコンでは一般的な調理方法であり、油でレンコンの周りに油膜を作るため、成分の流出は少ないと予想したが、効果は低く、ただ煮たものとはほぼ同等であった。したがって、抗酸化性を高く保持する調理方法としては、生のままサラダとして食べたり、てんぷらなどの揚げ物が効果的と考えられる。また、煮ると煮汁中に抗酸化成分が流出することから、スープや味噌汁などで汁ごと食べるのも効果的と推測される。

以上、県内で生産された野菜について、抗酸化性の高い野菜を検索し、調理方法による抗酸化性の変化を検討した。しかし、現在のところ、1日にどの程度抗酸化性の高いものを食べれば健康維持に効果があるのか、摂取許容となる上限値はどのくらいの量なのかと

いった目安は出されていない。野菜の摂取量としては1日350g程度が望ましいとされている。また、食材の種類は1日30種類程度必要といわれているので、この中に何種類かの抗酸化性の高い野菜を組み込むと、よりバランスの取れた食生活になると考えられる。

現在の機能性に関する研究事例をみると、試験管レベルでの報告は増えているものの、大規模な臨床試験はまだ少く、野菜の機能性成分と体内への吸収・代謝、健康に対する効果については明確でない点も多い。今後は医療関係と連携し、臨床試験での実証が期待される。

IV. 摘要

県内で生産される野菜について、抗酸化性の高い野菜を検索し、加熱調理による抗酸化性の変化を検討した。

1. 県内の特産野菜としては、オオバ、ミツバ、ピーマン、レンコン、ミズナで抗酸化性が高かった。
2. 短時間ゆでることにより、多くの品目では抗酸化性が低下したが、セリ、シュンギク等では抗酸化性が高くなった。
3. レンコンでは、煮る時間が長くなるにつれて抗酸化性は低下し、煮汁では高くなった。また、「油で揚げる」、「炒める」といった調理方法は抗酸化性を高く保持した。

謝辞 本研究の遂行にご協力いただいた、尾崎豊子氏、濱ますい氏、大竹とき子氏に深謝します。

引用文献

- 東敬子. 1999. 野菜の生理機能と機能性成分. 農業技術. 54: 325 - 329.
- 東敬子. 2001. 健康増進に有効な抗酸化性の高い野菜とその成分. 農業および園芸. 第76巻. 第10号: 1049 - 1056.
- BURTON, G. W. and INGOLD, K. U. 1984. Science. 24: 569.
- 浜渦康範・飯島悦子. 1999: リンゴの果肉抽出物のポリフェノール組成と抗酸化活性. 日食科工誌. 46: 645 - 651.
- 松崎妙子・原征彦. 1985. 茶葉カテキン類の抗酸化作用について. 日農化誌. 59: 129 - 134.

西堀すき江・並木和子. 1998. 野菜ジュースのスーパーオキシドアニオンラジカル消去能と加熱処理による変化. 日食工誌. 45 : 144 - 148.

大澤俊彦. 1995. 食品機能化学. p. 177. 三共出版. 東京.

TAMURA,H and YAMAGAMI,A.1994.J.Agric.Food Chem.42:1612.

津志田藤二郎・鈴木雅博・黒木柁吉. 1994. 各種野菜類の抗酸化性の評価および数種の抗酸化成分の同定. 日食工誌. 41 : 611 - 618.

YOSHIDA,Y.et al.2003.Comparative study on the action of tocopherols and tocotrienols as antioxidant:chemical and physical effects.Chem. Phys.Lipids.123:63-75.

トマト灰色かび病の防除実態と微生物殺菌剤を利用した 化学合成殺菌剤の散布回数削減

小河原孝司・冨田恭範・田中有子*・長塚 久

Investigation of Control Methods of Gray Mold on Tomato and Reduction of Chemical Fungicides Using Biological Fungicides

Takashi OGAWARA, Yasunori TOMITA, Yuko TANAKA and Hisashi NAGATSUKA

Summary

The occurrence and control methods of gray mold on tomato in the field were investigated, and temperature conditions and effective periods of *Bacillus subtilis* wettable powder (BS) were examined. The effect of control of BS on gray mold was low at temperatures of 15°C or less, and high at 20-25°C. As for BS and mepanipyrim wettable powder, an almost equal effect of control was admitted until 18 days after spraying. When BS was put in to the control, it maintained cultural control, and the chemical fungicides were reduced by about 30 percent, the control effect was enough in fruits.

キーワード：トマト，灰色かび病，微生物殺菌剤，化学合成殺菌剤，*Bacillus subtilis* 水和剤

I . 緒言

灰色かび病は主に果菜類に発生し，果実の品質を著しく低下させるなど，しばしば深刻な被害を生じさせる。本病の防除は，化学合成殺菌剤が主体となっているため，同一薬剤の多用による耐性菌の出現が懸念される。

環境保全型農業の推進において，害虫防除では天敵昆虫等の導入によって化学合成殺菌剤の使用量削減が可能となった。しかし，病害防除では微生物農薬の開発が遅れ，化学合成殺菌剤の使用量は従来のみである。近年，灰色かび病をはじめ，各種病害に効果のある微生物殺菌剤が相次いで農薬登録され，化学合成殺菌剤の使用量を削減できる資材として期待されている。岡田（2002）は，ナスの灰色かび病に対し，バチルス・ズブチリス水和剤（商品名：ボトキラー水和剤，以下，「BS 剤」という）を組み入れた体系防除は，化学合成殺菌剤による慣行防除と同等の効果が認められ，実用性が高いことを明らかにした。しかし，微生物殺菌剤は使用する環境条件により防除効果が得られない場合があり，使用方法の混乱や導入効果への疑問

が大きくなっている。

そこで，灰色かび病による被害が問題となる本県のトマト促成栽培において，現地における本病の発生実態と防除対策を調査し，BS 剤の防除効果を最大限に発揮させるための温度条件並びにその防除効果の持続期間について検討した。また，現地圃場において，BS 剤を組み入れた防除体系の有効性について検討し，化学合成殺菌剤の使用回数削減を試みた。

II . 材料および方法

1. トマト灰色かび病の発生実態と防除対策に関するアンケート調査

2002 年 6 月に，茨城みなみ農業協同組合の谷和原村施設園芸部会 20 戸，伊奈地区施設園芸部会 6 戸，藤代町ハウス研究会 8 戸の 3 部会 34 戸に対し，過去 3 年間の灰色かび病の発生状況，栽培期間中の殺菌剤の散布回数，灰色かび病防除を目的とした殺菌剤の散布回数，灰色かび病防除に用いる殺菌剤と 1 作当たりの使用回数および 1 回当たりの薬剤散布量について，アンケート調査を実施した。

* 茨城県農業総合センターつくば地域農業改良普及センター

2. トマト灰色かび病に対する BS 剤の防除効果

1) BS 剤が効果を発揮するための有効温度

10℃, 15℃, 20℃および25℃に設定した各人工気象器（日本医科機器製 LPH-100-RDS, 湿度 95%RH）を用い, (1)BS 剤 1,000 倍液散布区（以下, 「BS 区」とする）と(2)無処理区を設け, BS 剤が防除効果を発揮するための有効温度を調査した。

試験は 1 区 3 株で実施し, ワグネルポット (1/5000a) で育成したトマト品種「ハウス桃太郎」の第 1 花房がほぼ開花した時点で試験に供試した。BS 剤散布 1 日後に, BS 区および無処理区の株全体に灰色かび病菌を噴霧接種した。接種源として用いた灰色かび病菌は, 園芸研究所内ガラスハウスで自然発病したトマト果実および葉から菌を採集し, 1×10^8 個/mL となるよう PS 液体培地（組成: ジャガイモ煎汁液 100mL, スクロース 1g）に胞子を懸濁した後, ハンドスプレーを用いて供試株に噴霧接種した。

発病調査は, 灰色かび病菌を接種した 6 日後および 12 日後に, 葉（複葉）, 花卉および果実における灰色かび病の発病状況を調査し, 発病率を算出した。

2) BS 剤の防除効果と効果の持続性

園芸研究所内ガラスハウスにおいて, BS 剤とメパニピリム水和剤の防除効果および効果の持続性を調査した。試験区は, (1)BS 剤 1,000 倍液散布区（以下, 「BS 区」とする）, (2)メパニピリム水和剤 2,000 倍液散布区（以下, 「メパニピリム区」とする）, (3)無処理区の 3 区を設置し, 1 区 3 株 3 連制で実施した。各薬剤の散布は 2003 年 4 月 3 日に行った。試験には, 2002 年 12 月 24 日にベッド幅 100cm, 株間 50cm で定植したトマト品種「ハウス桃太郎」を用いた。1 条 2 本仕立て, 最低気温 10℃で管理した後, 自然発病が認められなかったため, 4 月 4 日に灰色かび病菌の胞子が多数形成したミカン果実を, 1 株当たり 1 個ずつ株上の柵線につり下げ, 接種源とした。さらに, 灰色かび病の発病を促すため, 夕方, 通路に散水した。

4 月 7 日（灰色かび病菌接種 3 日後）, 14 日（接種 10 日後）, 21 日（接種 17 日後）に, 各区の葉および果実における灰色かび病の発病の有無を調査し, 葉での発病が見られた株の発病株率および発病果率を算出した。

3) 現地圃場における BS 剤の防除効果

筑波郡伊奈町（現つくばみらい市）の現地圃場（軽量鉄骨ハウス）において, 化学合成殺菌剤による防除体系の中に, 最低夜温が 10℃以上となる 2 月下旬か

ら化学合成殺菌剤に替えて 1 ヶ月間隔で 3 回の BS 剤を組み入れた防除を行った（表 9）。薬剤は, 約 120 ~ 150L/10a に調整し, 動力噴霧器を用いて, 栽培者が散布した。また, 圃場管理として, 2 月下旬まで花卉の除去, 葉先枯部の切除, 脇芽や老化葉の管理等の耕種的防除を徹底した。なお, 殺虫剤は, ラノーテープを設置するとともに, 害虫の発生状況に応じて適宜散布した。

試験を行った圃場面積は 2.5a で, 2002 年 10 月 24 日に定植した「ハウス桃太郎」（台木「プロテクト 3」）を用いた。栽植方法は, 畦幅 120cm, 1 条植え, 1 本主枝, 株間 36cm で, U ターン法による誘引を行った。

調査は, 2002 年 12 月 10 日から 2003 年 5 月 26 日まで, 約 15 日間隔で, 各区 80 ~ 160 株を任意に抽出し, 葉および果実における灰色かび病の発病の有無を調査し, 葉で発病が見られた株の発病株率および発病果率を算出した。

Ⅲ. 結果

1. トマト灰色かび病の発生実態と防除対策に関するアンケート調査

2000 ~ 2002 年までのトマト灰色かび病の発生程度は, いずれの年も「中発生」と回答する農家が最も多く, 続いて「少発生」, 「多発生」の順であった（表 1）。栽培期間中における殺菌剤の散布回数は, 「11 ~ 15 回」と「16 ~ 20 回」が多かった（表 2）。散布した殺菌剤のうち, 灰色かび病の防除を目的とした殺菌剤の使用回数は「6 ~ 10 回」が最も多く, 次いで「11 ~ 15 回」であり, 病害防除全体に占める灰色かび病防除の割合が高かった（表 3）。なお, 灰色かび病の防除回数と本病の発生状況に相関は認められなかった（表 3）。

灰色かび病防除に用いる化学合成殺菌剤として回答の多かった薬剤は, ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤, フルジオキソニル水和剤 20, フェンヘキサミド・フルジオキソニル水和剤であり, いずれも 20 戸以上の農家で使用されていた（表 4）。各薬剤とも 2 回程度の使用が多かったが, ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤は多用される傾向にあった（表 4）。また, 微生物殺菌剤の BS 剤を使用する農家は 22 戸と多く, 使用回数は 2 回が最も多かったが, 多用する農家も見られた（表 4）。

1 回当たりの殺菌剤の散布量は, 「100 ~ 150L」,

表1 トマト灰色かび病の発生状況

年	発生程度別農家戸数 (戸)		
	少発生	中発生	多発生
2000	6	8	3
2001	5	9	4
2002	10	11	3

*有効回答農家戸数
2000年：17戸 2001年：18戸 2002年：24戸

表2 殺菌剤^{a)}の散布回数 (2002年)

殺菌剤の散布回数 (回)	農家戸数 (戸)
10回以下	7
11～15	10
16～20	10
21回以上	4

a) 化学合成殺菌剤および微生物殺菌剤
*有効回答農家戸数：31戸

表3 トマト灰色かび病防除薬剤の散布回数と発生状況 (2002年)

灰色かび病防除薬剤の散布回数 (回)	農家戸数 (戸)	灰色かび病の発生状況別農家戸数 (戸)			
		少発生	中発生	多発生	無回答
5回以下	5	2	2	1	0
6～10	13	2	7	1	3
11～15	9	5	2	1	1
15～20	2	0	0	1	1

*有効回答農家戸数：29戸

表4 トマト灰色かび病の防除に使用される主な殺菌剤と栽培期間中の使用状況 (2002年)

殺菌剤の種類	薬剤名	左記の薬剤を使用する農家戸数 (戸)	使用回数別農家戸数 (戸)						
			使用回数1回	2回	3回	4回	5回	6回以上	無回答
化学合成	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤	23	6	9	4	1	3	0	0
	フルジオキシニル水和剤	22	11	6	2	—	—	—	3
	フェンヘキサミド・フルジオキシニル水和剤	21	5	13	1	—	—	—	2
	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	17	3	8	2	—	—	—	4
	メバニピリム水和剤	16	3	10	1	1	—	—	1
	スルフェン酸水和剤 ¹⁾	15	2	6	1	0	3	—	3
微生物	バチルス・ズブチリス水和剤	22	2	12	1	2	3	2	0

1) 現在、トマト灰色かび病に対し農薬登録なし (2004年9月21日登録失効)。

2) アンケート調査時 (2002年) は総使用回数8回。

*有効回答農家戸数：34戸

表5 1回あたりの殺菌剤の散布量と灰色かび病の発生状況 (2002年)

散布量 (リットル)	農家戸数 (戸)	灰色かび病の発生状況別農家戸数 (戸)			
		少発生	中発生	多発生	無回答
100～150	13	6	1	1	5
151～200	13	3	5	2	3
201～250	3	1	1	0	1
251～300	4	0	3	0	1

*有効回答農家戸数：33戸

「151～200L」がいずれも多かったが、散布量と灰色かび病の発生程度に相関は認められなかった（表5）。

2. トマト灰色かび病に対するBS剤の防除効果

1) BS剤が効果を発揮するための有効温度

無処理区の10℃管理では、複葉、花卉および果実いずれの部位においても灰色かび病の発病は認められなかった。しかし、温度が高くなるほど、発病率が高くなる傾向にあった。特に、25℃管理において、灰色かび病菌接種12日後の発病葉率は53.4%、花卉の発病率は65.8%、発病果率は34.6%と甚発生になった（図1）。

15℃において、複葉、花卉および果実の発病は少発生であった。しかし、いずれの部位においても、BS区と無処理区の発病率に大きな差はなく、BS剤の防除効果は認められなかった（図1）。

20℃および25℃において、BS区は無処理区に比べ、いずれの部位においても発病率が低く、特に、接種12日後の発病葉率は5%と防除効果が高かった（図1）。

2) BS剤の防除効果および効果の持続性

試験期間中のハウス内気温は、早朝を除き20℃以上となった（データ省略）。

無処理区の葉における発病は、菌接種3日後から認められ、その後急速に発病進展し、菌接種17日後には葉での発病株率が38.9%と多発生となった（表6）。また、果実での発病進展は、葉に比べやや緩慢であったが、接種17日後には10.6%の発病が見られた（表7）。

薬剤散布区の葉における発病は、BS区では、薬剤散布4日後（菌接種3日後）から認められたが、無処理区に比べ、その後の発病進展は緩慢であった。メパニピリム区では、無処理区に比べ、調査期間を通じて、発病株率は低かった（表6）。また、果実における発病は、BS区およびメパニピリム区ともほぼ同等であり、薬剤散布18日後（菌接種17日後）まで、無処理区に比べ発病果率は低かった（表7）。

3) 現地圃場におけるBS剤の防除効果

灰色かび病の葉における発病は、調査開始から4月上旬まで認められなかったが、4月下旬から発生量が増加し、5月26日の発病株率は13.8%となった（表8）。しかし、果実における発病は、調査期間を通じて認められなかった（表8）。

1999～2001年の防除では、化学合成殺菌剤の年

間の使用回数は14～15回であり（表10）、スルフェン酸等の同系統の薬剤を多用する傾向にあった。本試験では、過去3年間に比べ、化学合成殺菌剤の使用回数を4～5回（30%程度）削減することができた（表9, 10）。

IV. 考 察

トマト促成栽培において、殺菌剤散布は主に灰色かび病防除を目的に行われており、灰色かび病が主要病害であることが明らかとなった。

灰色かび病の防除には、効果の高い薬剤が多用される傾向にあり、使用農家数が最も多かったジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤は、多くの県で耐性菌の出現が確認されている（堀江ら, 1997; 中山ら, 1997; 佐藤ら, 1997; 竹内, 1993）。本県においても2002年の病害虫防除所の調査で本剤に対する耐性菌を確認していることから、防除効果の低下に注意する必要がある。また、フルジオキシニル水和剤やフェンヘキサミド・フルジオキシニル水和剤（平田ら, 1996）、メパニピリム水和剤（林ら, 1997）は、灰色かび病に対して防除効果が高く、国内における耐性菌の出現の報告はないが、使用にあたっては連続散布を避けるなど、十分な配慮が必要と思われる。

BS剤の防除効果は、有効成分である*Bacillus subtilis*（以下、「*B.subtilis*」という）と病原菌との感染部位の獲得競争や栄養物の摂取競争により発揮される（川根, 2000）。また、*B.subtilis*芽胞の発芽や細胞分裂は10～50℃の範囲で行われ、使用にあたっては10℃以上の温度が必要である（川根, 2000）。本試験結果では、灰色かび病に対し、15℃以下では防除効果が認められなかったことから、安定した防除効果を得るためには20℃以上の温度を確保する必要があると考えられる。なお、本試験は、一定の温度条件で実施しており、ハウス内のような1日の温度較差が大きい条件での防除効果について、今後さらに検討する必要がある。

BS剤と化学合成殺菌剤のメパニピリム水和剤の灰色かび病に対する防除効果の比較では、葉および果実において、薬剤散布18日後までほぼ同等の防除効果並びに効果の持続性が認められた。このことから、BS剤は化学合成殺菌剤の代替剤として期待できると思われる。しかし、BS剤は治療効果を有しない（川根, 2000）ことから、BS剤散布前に本病が発生している

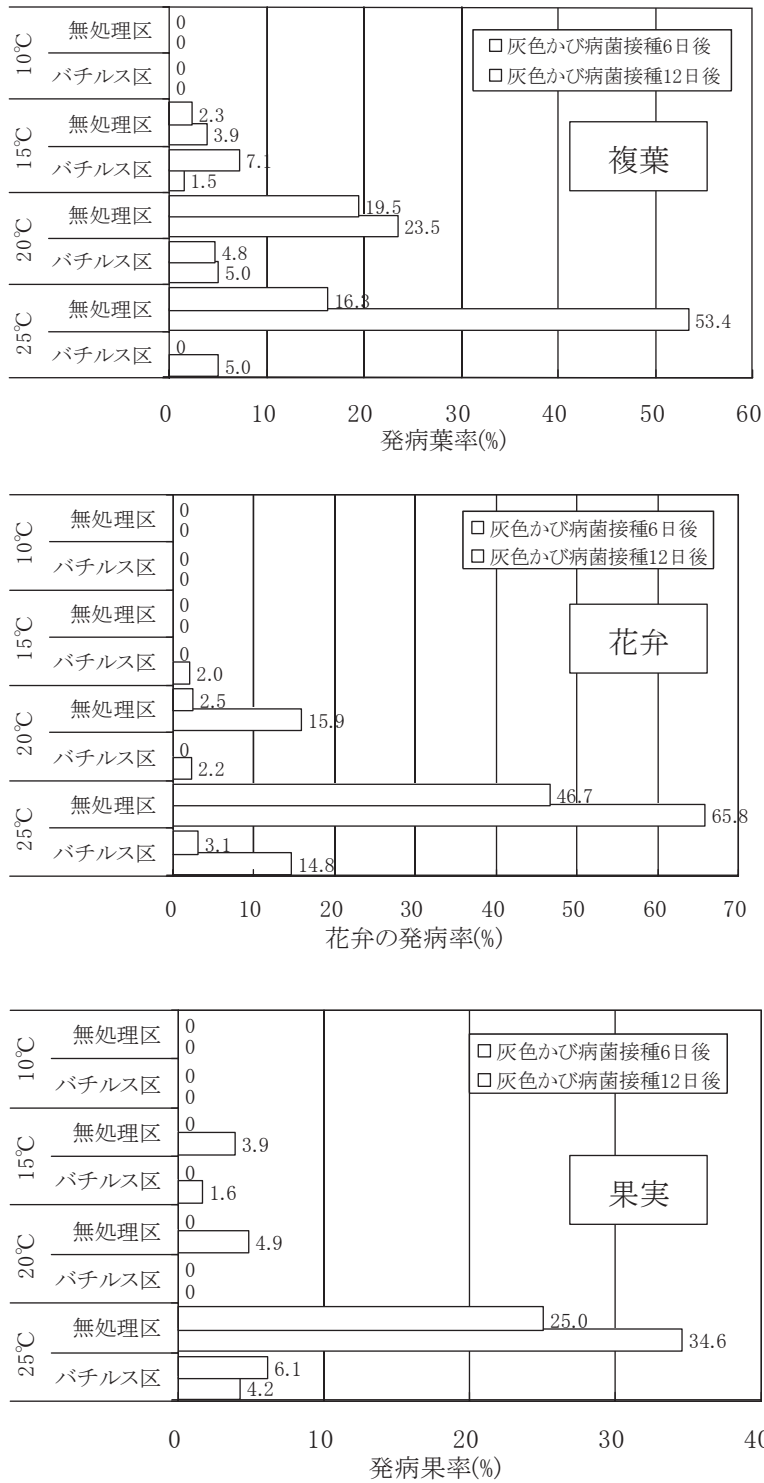


図1 バチルス・ズブチリス水和剤の散布における温度の違いによる灰色かび病のトマトの部位別発病差異

表6 薬剤の違いによる灰色かび病の葉における発病状況

試験区	調査株数 (株)	葉における発病株率 (%)		
		菌接種 3 日後 (薬剤散布 4 日後)	菌接種 10 日後 (薬剤散布 11 日後)	菌接種 17 日後 (薬剤散布 18 日後)
BS ^{a)}	18	5.6	11.1	16.7
メパニピリム ^{b)}	18	0	5.6	16.7
無処理	18	5.6	22.2	38.9

a) バチルス・ズブチリス水和剤 1,000 倍液

b) メパニピリム水和剤 2,000 倍液

表7 薬剤の違いによる灰色かび病の果実における発病状況

試験区	調 査 日					
	菌接種 3 日後 (薬剤散布 4 日後)		菌接種 10 日後 (薬剤散布 11 日後)		菌接種 17 日後 (薬剤散布 18 日後)	
	調査果数 (個)	発病果数 (個)	調査果数 (個)	発病果数 (個)	調査果数 (個)	発病果数 (個)
BS ^{a)}	273	0	339	0.9	400	3.3
メパニピリム ^{b)}	205	0.5	305	0.3	321	3.7
無処理	243	0.4	349	1.4	357	10.6

a) バチルス・ズブチリス水和剤 1,000 倍液

b) メパニピリム水和剤 2,000 倍液

表8 化学合成殺菌剤とバチルス・ズブチリス水和剤のローテーション防除によるトマト灰色かび病の発病状況

調査日	果実における発病			葉における発病		
	調査株数 (株)	発病株数 (株)	発病株率 (%)	調査株数 (株)	発病株数 (株)	発病株率 (%)
2002年 12月 10日	160	0	0	160	0	0
12月 25日	160	0	0	160	0	0
2003年 1月 10日	160	0	0	160	0	0
1月 24日	80	0	0	160	0	0
2月 10日	80	0	0	160	0	0
2月 25日	80	0	0	160	0	0
3月 10日	80	0	0	160	2	1.3
3月 27日	80	0	0	160	0	0
4月 10日	80	0	0	160	0	0
4月 25日	80	0	0	160	5	3.1
5月 12日	80	0	0	160	4	2.5
5月 26日	80	0	0	160	22	13.8

表9 殺菌剤の散布状況

散布日	殺菌剤名
2002年 9月15日	TPN 水和剤
10月 3日	TPN 水和剤
10月28日	マンゼブ水和剤
11月21日	スルフェン酸水和剤*
12月 3日	キャプタン水和剤
12月14日	スルフェン酸水和剤*
12月30日	マンゼブ水和剤
2003年 1月13日	スルフェン酸水和剤*
2月 3日	イミノクタジナルベシル酸塩水和剤
2月26日	バチルス・ズブチリス水和剤
3月23日	スルフェン酸水和剤*
4月 6日	バチルス・ズブチリス水和剤
5月 4日	バチルス・ズブチリス水和剤
散布回数	13回 (うち化学合成殺菌剤 10回)

*現在, トマト灰色かび病に対し, 農薬登録なし。
(2004年9月21日登録失効)

表10 年次別の殺菌剤の使用状況

栽培年 ¹⁾ (年)	殺菌剤散布回数 (回)	左のうち化学農薬 の散布回数 (回)
1999	15	15
2000	14	14
2001	15	15
2002	13	10

1) 定植時の年を示す。各年とも定植は10月下旬,
栽培終了は6月下旬。

場合は、効果の高い化学合成殺菌剤を用いて灰色かび病の菌密度を低下させたのち、BS剤を使用する必要がある。

現地圃場において、BS剤をハウス内温度が高まる2月下旬頃から月に1回防除体系の中に組み入れ、花卉の除去、葉先枯部の切除、脇芽や老化葉の管理等の耕種的防除を併せて実施した結果、化学合成殺菌剤の散布回数を3割程度削減することが可能であった。なお、4月に入り、葉における灰色かび病の発病率が高まったが、原因としては、ハウス内の温度および湿度の上昇により、灰色かび病の発生好適条件となったことや収穫作業等により園内の管理が行き届かなくなったことが考えられる。

近年、キュウリ栽培において、BS剤を暖房機ダクト内に毎日投入し、送風時にハウス内に飛散させる

方法により、灰色かび病に対する高い防除効果が確認された(田口, 2004; 田口ら, 2000)。この方法は、*B.subtilis* 菌を生長点付近まで効果的かつ効率的に散布できる技術として期待されている。本県のトマト栽培においても、BS剤のダクト内投入による防除効果を確認するとともに、さらなる化学合成殺菌剤の使用回数削減の可能性について検討していく必要がある。

V. 摘要

茨城県内現地におけるトマト灰色かび病の発生実態と防除対策について調査し、BS剤の防除効果を最大限に発揮させるための温度条件並びにその防除効果の持続期間について検討した。また、BS剤を組み入れた防除体系の有効性について検討した。

1. トマト促成栽培における殺菌剤散布は、主に灰色かび病防除が目的であり、本病が主要病害であった。
2. トマト灰色かび病に対するBS剤の防除効果は、気温15℃以下では低く、20～25℃において高かった。
3. 灰色かび病多発生条件下において、BS剤は、メパニピリム水和剤と比較し、薬剤散布18日後までほぼ同等の防除効果が認められた。
4. BS剤を防除体系の中に組み入れ、発病葉除去等の耕種の防除を徹底し、化学合成殺菌剤の散布回数を3割程度削減した場合、生育後半の葉における灰色かび病の発生はやや増加したが、果実では十分な防除効果が認められた。

謝 辞 本研究を実施するに当たり、大山忠夫氏（前農業総合センター）、鹿島地帯特産指導所小島和明技師、農業総合センター大野英昭副技師並びに永瀬昇副技師には圃場における栽培管理並びに現地調査を、また、福沢妙子氏、山口由梨子氏をはじめとして多くの方々には分析や調査において多大なご協力を頂きました。さらに、筑波郡伊奈町（現つくばみらい市）の飯野茂氏には快く現地圃場を提供して頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

- 林 茂・前野真一郎・木本隆啓・永田俊浩. 1997. 殺菌剤メパニピリムの開発. 日本農薬学会誌. 22: 165-175.
- 平田明靖・杉井信次・中島嘉秀・横溝完二. 1996. 新殺菌剤フルジオキシニルの灰色かび病に対する活性. 日植病報. 62(3): 317.
- 堀江博道・山田正和・中澤靖彦・合田健二・関谷銃造. 1997. 関東東山地域におけるジエトフェンカルブ混合剤耐性灰色かび病菌の発生状況. 関東東山病虫研報. 44: 91-95.
- 川根太. 2000. 微生物農薬（病害防除剤）の特性および開発の現状. 植物防疫. 54: 342-345.
- 中山喜一・合田健二・山田正和・中澤靖彦. 1997. 栃木県におけるジエトフェンカルブ混合剤耐性灰色かび病菌の発生. 関東東山病虫研報. 44: 103-105.
- 岡田清嗣. 2002. 大阪府における薬剤耐性菌への取り組み. 第12回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨. 1-8.
- 佐藤允通・太田光輝・池田二三高・山田正和・中澤靖彦. 1997. 静岡県におけるジエトフェンカルブ混合剤耐性トマト灰色かび病菌の発生状況. 関東東山病虫研報. 44: 107-111.
- 田口義広. 2004. 果菜類灰色かび病防除のための *Bacillus subtilis* 剤の新しい処理法. 植物防疫. 5: 102-106.
- 田口義広・鈴木隆志・渡辺秀樹・大方則彦. 2000. 暖房機ダクトを利用した拮抗菌の散布によるキュウリ灰色かび病の防除. 関西病虫研報. 42:69-70.
- 竹内妙子. 1993. 千葉県で発生したベンズイミダゾール, ジカルボキシイミド, ジエトフェンカルブに多剤耐性を示す灰色かび病菌. 関東東山病虫研報. 40: 47-49.

バチルス・ズブチリス水和剤のダクト内投入による トマト灰色かび病の防除

宮本拓也・小河原孝司・鳴瀧昭彦*・冨田恭範・長塚 久

Biological Control of Gray Mold on Tomato by Duct Dusting Method for *Bacillus subtilis*

Takuya MIYAMOTO, Takashi OGAWARA, Akihiko NARUTAKI, Yasunori TOMITA and Hisashi NAGATSUKA

Summary

In 2003 and 2004, the control effects on gray mold of tomato and valid supplements of duct dusting with the *Bacillus subtilis* wettable powder (following BS powder) was investigated in six fields in Ibaraki. As a result, duct dusting with BS powder was highly effective for the control of gray mold in the three fields. Moreover, the frequency of use of chemical fungicide was decreased. In the others, the control effect was not clear. However, BS powder was scattered all over the greenhouse using duct dusting and adhered on tomato leaves. For control of gray mold disease by duct dusting with BS powder effectively, it was important to start before the disease occurred, to dust early with chemical fungicide if it occurred, to remove old or diseased regions and to control humidity in the greenhouse thoroughly.

キーワード：バチルス・ズブチリス, ダクト内投入, トマト, 灰色かび病, 防除

I. 緒言

トマト灰色かび病は、茨城県のトマト促成栽培における主要病害の一つであり、地上部のあらゆる部位に発生し、特に果実で多発生すると大きな減収となる。本病の防除には、化学合成殺菌剤が多数回用いられるのが一般的である。しかし近年、消費者等から化学合成殺菌剤の使用量を削減した安全性の高い農産物生産が求められているため、化学合成殺菌剤の使用量を削減できる微生物殺菌剤等の開発・利用が期待されている。

本病に有効な微生物殺菌剤バチルス・ズブチリス水和剤（商品名：ボトキラー水和剤、以下「BS剤」とする）は、枯草菌の一種である *Bacillus subtilis* 芽胞を有効成分とし、本菌が灰色かび病菌よりも先にトマト表面に定着することにより、灰色かび病菌のトマト表面での活動を抑制する予防剤である（川根，2000）。また、BS剤では、2003年10月22日に「ダクト内投入」という新しい散布方法が農薬登録された。この散布方法は、BS剤10～15g/10aを毎日ダクト内に投入し、

暖房機の風を利用してハウス内に散布するという方法である。この方法の有利な点は、毎日散布を行うため、生長する植物体上にBS剤が継続的に付着し、移動性の乏しいBS剤の弱点を補うことができることである（田口，2003）。また、水を使用しないため施設内の湿度の上昇や、天敵昆虫への悪影響がないことである（田口，2003）。

先進的なトマト農家では、すでにBS剤のダクト内投入の導入が試みられているが、十分な防除効果が得られない事例も多い。そこで、本県のトマト促成栽培において、灰色かび病に対するBS剤のダクト内投入の防除効果を確認するとともに、防除効果の有無と、BS剤の飛散・定着状況、ダクト内投入の開始時期、化学合成殺菌剤の使用状況や栽培環境との関係について注目し、本法の効果的な使用方法について検討した。

II. 材料および方法

1. 促成栽培における灰色かび病に対するBS剤のダクト内投入の防除効果（2003年度）

* 出光興産株式会社

伊奈町(現・つくばみらい市)Aの農家圃場において、ビニルハウス2棟を用いてダクト内投入・化学合成殺菌剤併用区(以下、ダクト内投入区)および化学合成殺菌剤区(以下、化学殺菌剤区)を設けた(表1)。ダクト内投入区では、栽培農家が病害の発生状況に応じて、化学合成殺菌剤を散布するとともに、BS剤15g/10a/日を暖房機の稼動前にダクト内に、2003年12月2日から2004年3月まで毎日投入し、4月から5月は適宜投入した。暖房機が稼動しない時は、翌日

に手動送風(30分以上)を行った。化学殺菌剤区では、栽培農家が病害の発生状況に応じて、化学合成殺菌剤を散布した。

灰色かび病の発病調査は、2003年11月25日から約15日間隔で、任意に抽出した株、ダクト内投入区では130株、化学殺菌剤区では70株について、葉における発病の有無を調査し、発病株率を算出した。また、抽出した株の全果実について発病の有無を調査し、発病果率を算出した。

表1 試験圃場の栽培概要

試験年度	試験場所	試験区	面積(m ²)	栽培品種(台木品種)	定植日	栽植密度(cm)	
						畝間	株間
2003	伊奈町 A	ダクト内投入 化学殺菌剤	1000 600	麗容 (がんばん根3号)	11/11 ~ 14	140	60
	取手市	ダクト内投入 化学殺菌剤	700 1600	レディファースト (自根)	10/27 ~ 11/4	150	33
	坂東市	ダクト内投入 化学殺菌剤	726 726	麗容 (パロック)	9/25 11/15	130	33
2004	伊奈町 B	ダクト内投入 化学殺菌剤	1000 1000	麗容 (マグネット)	10/25 ~ 27 10/18 ~ 20	150 130	78 42
	北茨城市	ダクト内投入 化学殺菌剤	1580 1180	ごほうび (マグネット)	10/13 ~ 16 10/24 ~ 26	150	32
	結城市	ダクト内投入 化学殺菌剤	1000 1500	麗容 (マグネット)	9/29	135	66

2. 促成栽培における灰色かび病に対するBS剤のダクト内投入の防除効果(2004年度)

取手市、坂東市、伊奈町(現・つくばみらい市)B、北茨城市および結城市のトマト促成栽培のビニルハウス各2棟を用いて、ダクト内投入区および化学殺菌剤区を設けた(表1)。ダクト内投入区では、栽培農家が病害の発生状況に応じて、化学合成殺菌剤を散布するとともに、2004年11月または12月から2005年4月まで、BS剤10~15g/10a/日を暖房機の稼動前にダクト内に毎日投入した(表2)。暖房機が稼動しない時は、翌日に手動送風(30分以上)を行った。化学殺菌剤区では、栽培農家が病害の発生状況に応じて、化学合成殺菌剤を散布した。また、サーモレコー

ダー(エスペック社製)を各ハウスのほぼ中央部の高さ60cmの位置に設置し、ハウス内の湿度を30分間隔で測定した。

灰色かび病の発病調査は、11月下旬から約15日間隔で、任意に抽出した各区約100株について、葉と茎における発病の有無を調査し、発病株率を算出した。また、抽出した株の全果実について発病の有無を調査し、発病果率を算出した。

3. BS剤の飛散調査

2003年度の伊奈町Aでは12月10日、2004年度の5圃場では11月26日または11月30日にBS剤15g/10aをダクト内に投入した後、ダクト内投入区の

10 地点に径 9cm の生普通寒天平板培地（栄研器材社製）を暴露して置き、30 分間暖房機の手動運転を行った後、培地を回収し、37℃（伊奈町 A では 25℃）で一晩培養した。培養後、培地上の白色で、中央が膨れ、外周がめくれ上がったコロニー（川根ら、未発表）を計数することにより BS 剤の飛散量を調査した。

4. トマト葉面に付着した *B. subtilis* 菌量の調査

2004 年度の 5 圃場において、ダクト内投入開始から 60～90 日経過した 2 月 21、22 日に、ダクト内投入区の 3 地点において任意に抽出した数株の上位 3～4 節目の複葉から小葉を採取した。採取した各小葉から 1 葉片を 1cm 角に切り出し、各地点 4 葉片をまとめて乳鉢と乳棒を用いて 0.85% 生理食塩水を加えながら磨砕した。この磨砕液を原液として作成した 10 倍段階希釈液（ $10^{-1} \sim 10^{-3}$ ）を、それぞれ 100 μ L ずつ普通寒天（Nutrient Agar）培地（日本製薬社製）に塗抹し、37℃で一晩培養してコロニーを計数し、トマト葉 1cm² 当たりに付着している *B. subtilis* 菌量を算出した。計数は各地点 3 反復で行った。

Ⅲ. 結果

1. 促成栽培における灰色かび病に対する BS 剤のダクト内投入の防除効果（2003 年度）

伊奈町 A では、BS 剤のダクト内投入を灰色かび病の発生前から開始した。葉における発病は、化学殺菌剤区で早く、その後、発病株率は徐々に高まり、5 月に入り急増した。一方、ダクト内投入区では、栽培期間を通じて低く推移した。また、果実における発病は、化学殺菌剤区では 12 月に認められ、6 月上旬には発病果率は 3.5% と高くなったが、ダクト内投入区では栽培期間を通じて低く推移した（図 1・左図）。化学合成殺菌剤の使用回数はダクト内投入区と化学殺菌剤区の両区とも 10 回であった（表 2, 3）。

2. 促成栽培における灰色かび病に対する BS 剤のダクト内投入の防除効果（2004 年度）

取手市では、BS 剤のダクト内投入を灰色かび病の発生前から開始した。化学殺菌剤区では、果実における発病が 3 月上旬から認められ、4 月下旬になると葉・茎における発病とともに急増した。一方、ダクト内投入区での発病は、4 月下旬になって認められた。5 月上旬の発病果率は、ダクト内投入区で 0.1%、化学殺

菌剤区で 1.7% となった（図 1・右図）。化学合成殺菌剤の使用回数はダクト内投入区で 7 回、化学殺菌剤区で 16 回であった（表 2, 4）。

また、坂東市でも BS 剤のダクト内投入を灰色かび病の発生前から開始し、試験期間中の果実における発病は極少発生で推移した（表 2）。化学合成殺菌剤の使用回数はダクト内投入区で 4 回、化学殺菌剤区で 8 回であった（表 2）。

結城市では、BS 剤のダクト内投入を灰色かび病の発後に開始した。発病は試験期間を通じて両区ではほぼ同等で、4 月下旬には発病果率がダクト内投入区で 1.6%、化学殺菌剤区で 2.2% となった（図 2）。化学合成殺菌剤の試験期間中の使用回数はダクト内投入区で 12 回、化学殺菌剤区で 11 回となった（表 5）。なお、結城市では 99% 以上の高い湿度が日平均 15.3 時間であり、他の圃場と比較して極めて長かった（表 6）。北茨城市と伊奈町 B では、発病株率および発病果率は試験期間を通じて両区でほぼ同等またはダクト内投入区で高く推移し、化学合成殺菌剤の使用回数もほぼ同等であり、防除効果は認められなかった（表 2）。

3. BS 剤の飛散状況

ダクト内投入区におけるダクトの配置は、伊奈町 A と取手市では暖房機側からハウスの反対側に向かう櫛型、北茨城市では南北に二つ配置した暖房機それぞれから東西へ向かう平行型、結城市では暖房機側からハウス外周を走るコの字型（図 3）で、いずれもダクト先端は閉じずに吹出口とした。BS 剤の飛散は、取手市では、ハウス全体で認められたが、ダクトの吹出口付近にあたる①、④、⑦でそれぞれ 450、4904、8788 コロニー/シャーレとなり、吹出口から離れた③、⑥、⑨でそれぞれ 1056、1559、1842 コロニー/シャーレとなり、飛散量はダクトの吹出口付近で多かった（図 3, 表 7）。飛散傾向は他の 3 圃場でも同様であった（図 3, 表 7）。しかし、結城市では①と⑨がそれぞれ 192、3402 コロニー/シャーレとなり、同一ハウス内で 17 倍以上の飛散量の違いが認められた（図 3, 表 7）。

4. トマト葉面に付着した *B. subtilis* の菌量調査

葉面積 1cm² 当たりに付着していた *B. subtilis* 菌量は、取手市で $4.6 \times 10^4 \sim 1.4 \times 10^5$ cfu/cm²、北茨城市で $8.4 \times 10^4 \sim 1.1 \times 10^5$ cfu/cm²、結城市で $3.1 \times 10^3 \sim 5.4 \times 10^4$ cfu/cm² であり（図 3, 表 8）、3 圃場ともほぼ同等であった。

表2 バチルス・ズブチリス水和剤（BS 剤）のダクト内投入の実施概要と試験期間中の化学合成殺菌剤の使用状況

試験年度	試験場所	BS 剤のダクト内投入				BS 剤の1000倍希釈液散布日	化学合成殺菌剤の使用回数	
		開始日	投入量(10a/日)	防除効果の有無	開始時における灰色かび病の発生状況		ダクト内投入区	化学殺菌剤区
2003	伊奈町 A	11/25	15g	+ ¹⁾	無	12/4, 5/28	10 (7) ²⁾	10 (7)
	取手市	11/26	15g	+	無	11/22, 1/13, 2/23	7 (4)	16 (10)
	坂東市	12/10	14g	+	無	12/11	4 (4)	8 (7)
2004	伊奈町 B	12/22	10g	-	有	11/17, 2/6	15 (13)	16 (12)
	北茨城市	12/14	13g	-	有	11/22	6 (4)	4 (3)
	結城市	11/24	10g	-	有	11/17	12 (8)	11 (8)

1) + は防除効果あり， - は防除効果なし

2) カッコ内はトマトの灰色かび病に登録のある化学合成殺菌剤（2005年5月現在）の合計使用回数

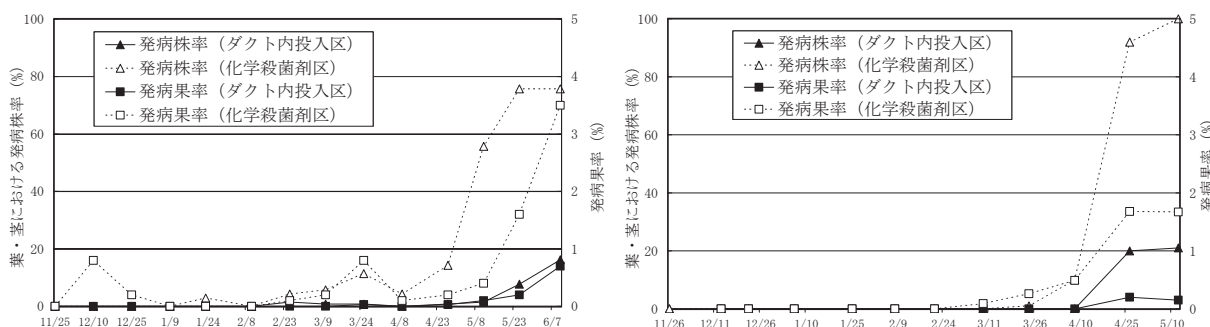


図1 伊奈町 A（左図）および取手市（右図）におけるトマト灰色かび病の発生推移

表3 伊奈町 A における化学合成殺菌剤の使用状況

ダクト内投入区		化学殺菌剤区	
散布月日	有効成分名	散布月日	有効成分名
9月23日	TPN ¹⁾	9月23日	TPN ²⁾
10月2日	キャプタン	10月2日	キャプタン
11月5日	塩基性硫酸銅 炭酸水素ナトリウム	11月5日	塩基性硫酸銅 炭酸水素ナトリウム
12月4日	マンゼブ・メタラキシル	12月4日	マンゼブ・メタラキシル
2月8日	フルジオキシニル	2月8日	フルジオキシニル
3月14日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル	3月14日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル
5月21日	フルジオキシニル 炭酸水素カリウム	5月21日	メバニピリム 炭酸水素カリウム
5月28日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル	5月28日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル
合計回数	10 (7) ²⁾	合計回数	10 (7)

1) ゴシック太字はトマトの灰色かび病に登録のある化学合成殺菌剤（2005年5月現在）

2) カッコ内はトマトの灰色かび病に登録のある化学合成殺菌剤（2005年5月現在）の合計回数

表4 取手市における試験期間中の化学合成殺菌剤の使用状況

ダクト内投入区		化学殺菌剤区	
散布月日	有効成分名	散布月日	有効成分名
11月22日	イミノクタジナルベシル酸塩 ¹⁾	12月8日	イミノクタジナルベシル酸塩, マンゼブ・メトラキシル
12月1日	トリフルミゾール	12月24日	メパニピリム, テトラコナゾール
1月13日	イミノクタジナルベシル酸塩, トリフルミゾール	1月8日	フルジオキシニル, テトラコナゾール
2月23日	メパニピリム, テトラコナゾール	1月17日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル, トリフルミゾール
4月27日	フルジオキシニル	2月2日	フルジオキシニル, トリフルミゾール
		2月22日	フルジオキシニル, TPN
		3月4日	メパニピリム
		3月11日	メパニピリム
		4月7日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル, テトラコナゾール
合計回数	7 (4) ²⁾	合計成分数	16 (10)

1) ゴシック太字はトマトの灰色かび病に登録のある化学合成殺菌剤 (2005年5月現在)

2) カッコ内はトマトの灰色かび病に登録のある化学合成殺菌剤 (2005年5月現在) の合計回数

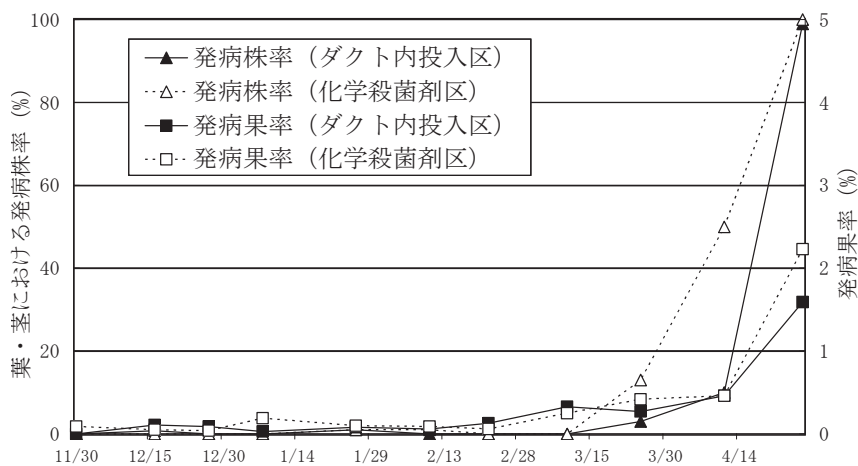


図2 結城市におけるトマト灰色かび病の発生推移

表5 結城市における試験期間中の化学合成殺菌剤の使用状況

ダクト内投入区		化学殺菌剤区	
散布月日	有効成分名	散布月日	有効成分名
11月17日	オキサジキシル・TPN	12月7日	マンゼブ・メトラキシル, ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル
12月7日	マンゼブ・メトラキシル, ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル ¹⁾	12月22日	メパニピリム
12月22日	メパニピリム	1月7日	フルジオキシニル, イミノクタジナルベシル酸塩 シアゾファミド
1月7日	フルジオキシニル, イミノクタジナルベシル酸塩 シアゾファミド	1月20日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル オキサジキシル・TPN
1月20日	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル オキサジキシル・TPN	2月18日	ボスカリド
2月18日	ボスカリド	3月8日	フェンヘキサミド・フルジオキシニル
3月8日	フェンヘキサミド・フルジオキシニル	3月18日	ボスカリド
3月18日	ボスカリド		
合計成分数	12 (8) ²⁾	合計成分数	11 (8)

1) ゴシック太字はトマトの灰色かび病に登録のある化学合成殺菌剤 (2005年5月現在)

2) カッコ内はトマトの灰色かび病に登録のある化学合成殺菌剤 (2005年5月現在) の合計回数

表6 各圃場のダクト内投入区における2005年2月の各湿度域の一日平均時間

湿度	一日平均時間				
	取手市	板東市	伊奈町 B	北茨城市	結城市
99% 以上	5.0	4.4	1.2	3.1	15.3
95 - 98%	7.5	6.1	3.4	4.0	2.3
90 - 94%	4.3	5.5	8.3	7.1	1.2
80 - 89%	2.6	1.8	4.7	4.2	1.3
50 - 79%	3.8	3.7	6.0	4.8	3.9
50% 以下	0.8	2.5	0.4	0.7	0.1

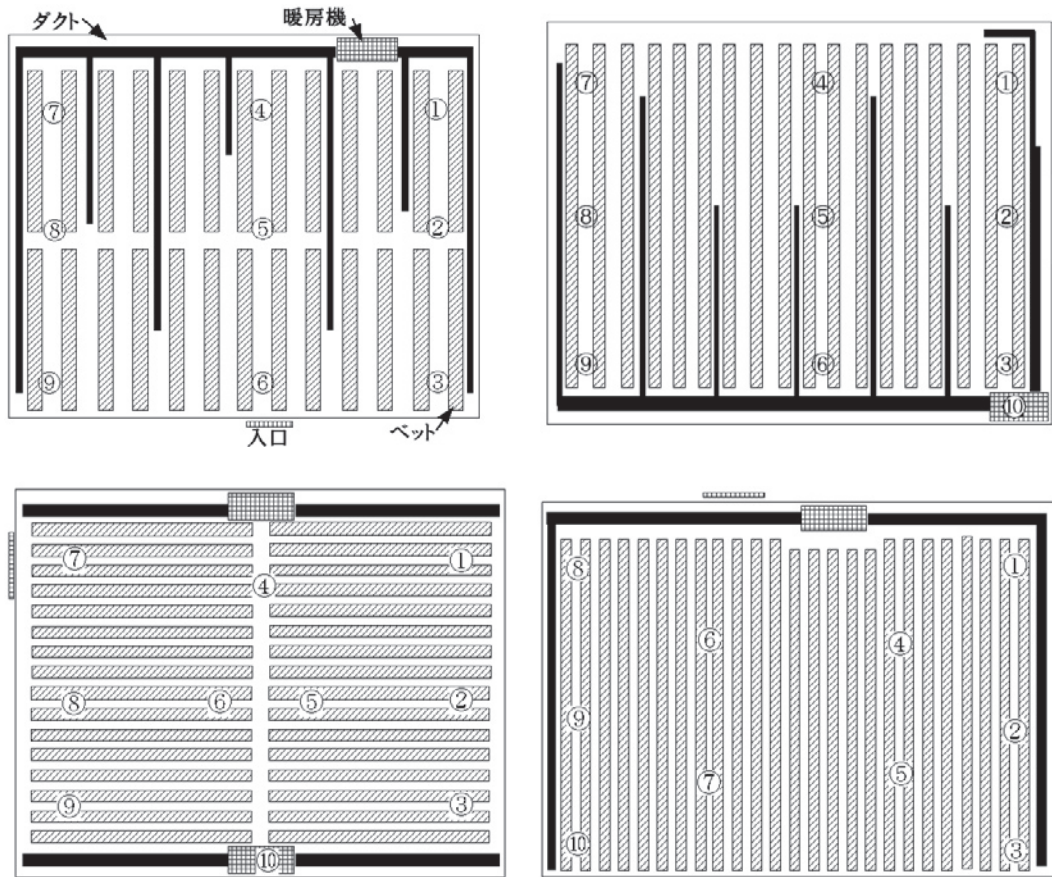


図3 伊奈町 A (左上), 取手市 (右上), 北茨城市 (左下) および結城市 (右下) 圃場におけるダクト内投入区ハウス内のダクト配置の見取り図
○内数字は BS 剤の飛散調査および *B. subtilis* 菌量の調査位置を示す。

表7 バチルス・ズブチリス水和剤のダクト内投入による飛散量（コロニー数）¹⁾

調査位置 ²⁾	伊奈町 A	取手市	北茨城市	結城市
①	1,544	4,450	2,466	192
②	2,892	1,956	4,337	336
③	8,818	1,056	1,786	1,814
④	1,480	4,904	1,190	520
⑤	3,119	2,353	1,502	688
⑥	4,915	1,559	1,389	1,080
⑦	1,920	8,788	1,701	912
⑧	2,580	2,211	2,324	784
⑨	6,408	1,842	2,636	3,402
⑩	—	1,360	1,417	2,720

1) 調査は、伊奈町 A は 2004 年 12 月 10 日、取手市と北茨城市は 2005 年 11 月 26 日、結城市は 11 月 30 日に実施した。

2) 調査位置については図 3 に示す。

表8 トマト葉面上における *Bacillus subtilis* の菌量 (cfu/cm²)¹⁾

取手市	北茨城市	結城市
1.4×10^5 (① ²⁾)	8.4×10^4 (①)	3.1×10^3 (①)
5.3×10^4 (⑤)	9.0×10^4 (⑨)	5.4×10^4 (⑤)
4.6×10^4 (⑨)	1.1×10^5 (⑥)	6.3×10^3 (⑨)

1) 調査は 2005 年 2 月 21, 22 日に実施した。

2) カッコ内○内数字は調査位置 (図 3 参照) を示す。

IV. 考 察

トマト、キュウリ、イチゴ等において、BS 剤のダクト内投入は、化学合成殺菌剤を用いた慣行防除区と比較して、灰色かび病の発生を顕著に抑制したと報告されている (田口, 2004; 田口ら, 2003)。本試験においても効果の見られた 3 圃場では、化学殺菌剤区と比較して顕著に灰色かび病の発生が抑制され、また、化学合成殺菌剤の使用回数も削減された。このことから、茨城県においても BS 剤のダクト内投入のトマト灰色かび病に対する防除効果は高く、普及性は高いと考えられる。一方、6 圃場のうち 3 圃場では、防除効果が認められなかった。バチルス・ズブチリス製剤を含む微生物殺菌剤は、防除効果が安定しないことが多く、その原因として、散布時の発病状況や温度・湿度などの環境条件、化学合成殺菌剤の散布状況等が関与していると考えられている (田口, 2003)。

BS 剤のダクト内投入では、ダクトの配置が櫛型、平行型、コの字型と異なってもハウス全体に飛

散が認められた。また、トマト葉面に付着した *B. subtilis* の菌量は $10^3 \sim 10^5$ cfu/cm² であった。BS 剤のダクト内投入による灰色かび病に対する防除効果が認められ、さらに植物体での *B. subtilis* の付着菌量を調査した事例として、野島・牟田 (2002) は、径 1cm のコルクボーラーで打ち抜いたトマトのディスク葉から $10^4 \sim 10^5$ cfu/disk、また、田口ら (2003) はキュウリの下、中、上位葉より $10^3 \sim 10^4$ cfu/cm² を検出したと報告している。本試験結果は、これらとほぼ同等の値となったことから、本試験を実施した現地 6 圃場では、ダクト内投入により飛散した BS 剤はトマト葉面に十分量飛散し、定着していたと考えられる。また、結城市では図 3 の①と⑨で 17 倍以上と大きな飛散量の違いが認められたが、*B. subtilis* の菌量はほぼ同等であった。これは、ダクト内投入を毎日行ったことによる BS 剤の葉面上での蓄積により、飛散量の多少が解消されたためと推察される。百町 (2003) は、有用微生物による防除効果は、病原菌の感染源密度または病気を引き起こす活性 (病気圧) と有用微生物の病気を抑える活性 (抑制圧) の高低の組み合わせ

によると述べている。本試験では、BS 剤が十分飛散し、トマトに定着していたことから、「抑制圧」は高かったと考えられる。しかし、3 圃場において BS 剤の防除効果が不十分であったのは、灰色かび病菌の「病気圧」が高かったためと推察される。したがって、この「病気圧」を下げる方法が、BS 剤のダクト内投入を効果的に使用するためのポイントになると考えられる。

まず、ダクト内投入の開始時期が重要であると考えられる。本試験では、防除効果が高かった 3 圃場では、ダクト内投入を開始した時点で灰色かび病は未発生であったが、防除効果が得られなかった 3 圃場では開始時にすでに発生が認められた。BS 剤は、殺菌効果は乏しいが、棲息場所や栄養物の奪い合いにより高い予防効果を発揮する（川根, 2000）。したがって、ダクト内投入を灰色かび病の発生前から開始することは、効果的に使用するためのポイントの一つと考えられる。

また、化学合成殺菌剤の散布状況が重要になると考えられる。北茨城市では、2004 年 11 月下旬に灰色かび病が発生していたにもかかわらず、その後 60 日以上、化学合成殺菌剤を散布せず、発病程度は高いまま維持された。一方、防除効果が高かった坂東市では 12 月下旬に若干の発病を確認したあと、直ちに化学合成殺菌剤を散布して発病をほぼ抑制し、これ以降の発生はほとんど認められなかった。このことは、灰色かび病の発病後、直ちに化学合成殺菌剤を散布することはダクト内投入を効果的に使用するためのポイントの一つであること示唆していると考えられる。

さらに、耕種的防除の徹底もポイントの一つとして考えられる。伊奈町 B では 2005 年 2 月以降、5～7 日間隔で連続 6 回、計 8 薬剤を散布したものの灰色かび病の病勢は進展した。これは、古葉や罹病果の除去が不十分だったため伝染源がハウス内に残されたことや、葉かき等の栽培管理が行き届かなかったために通風が悪化したり、BS 剤や化学合成殺菌剤の散布むら等が生じたりした可能性があり、これらが発病を助長したと考えられる。また、結城市では、約 2 回/月と定期的に化学合成殺菌剤の散布が実施されていたにもかかわらず、灰色かび病の病勢が進展し続けた原因は、99% 以上の高湿度が長時間連続したことであったと考えられる。手塚ら（1983）は灰色かび病の感染行動には 93% 以上の湿度と 5 時間以上の連続結露時間が必要で、トマト果実上における菌糸伸長と分生胞子の形成は湿度 100% が最も良好であると報告してい

る。したがって、結城市圃場では灰色かび病の感染・発病に好適な環境が長時間に渡り継続していたと考えられる。

バチルス・ズブチリス水和剤には化学合成殺菌剤と同等の防除効果が期待されているが、農薬登録を行うための効果試験では必ずしも効果が安定していたわけではない（日本植物防疫協会, 2003；日本植物防疫協会, 2004）。安定した防除効果を得るためには、いかに「抑制圧」を高めるかを、また、一方では「病気圧」を下げるかを考えなければならない（百町, 2003）。本研究では、BS 剤のダクト内投入を効果的に使用するための「病気圧」を下げるポイントとして、①灰色かび病の発生前から開始する、②灰色かび病が発生したら早期に化学合成殺菌剤による防除を実施する、③耕種的防除（葉かき、古葉や罹病果の除去、湿度管理等）を徹底して実施することが重要であると考えられた。今後は、防除効果をさらに安定させるため、県内の灰色かび病の発消長等を利用した化学合成殺菌剤の効果的な散布時期等についての検討も必要である。

V. 摘要

バチルス・ズブチリス水和剤（商品名ボトキラー水和剤、以下「BS 剤」とする）のダクト内投入のトマト灰色かび病に対する防除効果の確認と効果的な使用方法について検討した。2003、2004 年に茨城県内 6 圃場で、BS 剤のダクト内投入を実施した結果、3 圃場で灰色かび病の顕著な抑制と、化学合成殺菌剤の使用回数の削減が認められた。一方、3 圃場では防除効果が認められなかった。しかし、防除効果の有無に関わらず、BS 剤はいずれの圃場でもハウス内全体に飛散し、トマト葉面にも十分量付着していた。これら 6 圃場の栽培状況等を検討したところ、BS 剤のダクト内投入を効果的に実施するためには、①灰色かび病の発生前から開始する、②発病が見られたら早期に化学合成殺菌剤による防除を実施する、③耕種的防除（葉かき、古葉や罹病果の除去、湿度管理等）を徹底して実施することが重要であると考えられた。

謝辞 本研究を実施するに当たり、農業総合センター武藤久仁男技師、大野英昭副技師には現地圃場における調査において多大なご協力を頂きました。また、試験を実施した農家各位には快く現地圃場を提供して頂きました。さらに、常陸太田地域農業改良普及セン

ターの大地幸男地域普及第三課長, 矢田和寛技師 (現・銚田地域農業改良普及センター), つくば地域農業改良普及センターの田中有子主任, 草野尚雄技師, 結城地域農業改良普及センターの郡司彰専門員, 萩原愛技師, 坂東地域農業改良普及センターの瀬尾かほる専門員には現地圃場の選定や調査において多大なご協力を頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

- 百町満朗. 2003. 拮抗微生物による病害防除メカニズム. pp. 19-27. クミアイ化学工業株式会社. 東京.
- 川根太. 2000. 微生物農薬 (病害防除剤) の特性および開発の現状. 植物防疫. 54 (8) : 34-37.
- 日本植物防疫協会. 2003. 生物農薬連絡試験成績. pp. 1-5, 95-170. 日本植物防疫協会. 東京.
- 日本植物防疫協会. 2004. 生物農薬連絡試験成績. pp. 63-129. 日本植物防疫協会. 東京.
- 野島秀伸・牟田辰朗. 2002. 新農薬実用化試験成績 (生物農薬). pp. 88-89. 日本植物防疫協会. 東京.
- 田口義広. 2003. 拮抗微生物による作物病害の生物防除. pp. 29-38. クミアイ化学工業株式会社. 東京.
- 田口義広. 2004. 果菜類灰色かび病防除のための *Bacillus subtilis* 剤の新しい処理方法. 植物防疫. 58 (3) : 6-10.
- 田口義広・渡辺秀樹・川根太・百町満朗. 2003. キュウリ灰色かび病防除のための温風ダクトを利用した微生物殺菌剤 (*Bacillus subtilis* IK-1080) の散布方法の開発. 日植病報. 69 : 107-116.
- 手塚信夫・石井正義・渡辺康正. 1983. 施設栽培におけるトマト灰色かび病の発生に及ぼす空気湿度の影響. 野菜試報 A. 11 : 105-111.

クリシギゾウムシに対するヨウ化メチルくん蒸の効果

大竹恵乃*・草野尚雄**・中村善二郎***・長塚 久*

The Effects of CH₃I Fumigation Treatments on Chestnut Weevil larvae (*Curculio sikkimensis*) in Chestnuts

Ayano OTAKE, Hisao KUSANO, Zenjiro NAKAMURA and Hisashi NAGATSUKA

Summary

The experimental fumigation of chestnuts was carried out using methyl iodide (CH₃I) a substitute for methyl bromide (CH₃Br). Fumigation treatments (CH₃I-25g/m³-4hrs, 50g/m³-2 and 4hrs) were confirmed to have high insecticidal effectivity on Chestnut weevil larvae (*Curculio sikkimensis*) in chestnuts. The result indicated that CH₃I fumigation had an effect equivalent to CH₃Br fumigation. The CH₃I fumigation has the advantage of capacity to treat large quantities of chestnuts, 3 tons of chestnuts per 10 cubic meters every 2 hours. This is a simple and easy method to prevent damage from Chestnut weevil larvae in chestnuts at a low cost. The chestnuts treated CH₃I fumigation were in no way inferior in color of the sarcocarp to the chestnuts not treated.

キーワード：クリ，クリシギゾウムシ，くん蒸，ヨウ化メチル，臭化メチル代替

I. 緒言

クリシギゾウムシ (*Curculio sikkimensis*) は、幼虫がクリ果実内部を食害するため、クリの生産、販売において問題となる害虫である。本県は、クリの収穫量が約 5,000t であり、全国の収穫量の約 20% を占める国内第一位のクリ生産県であるが、栽培品種の 70% を占める「筑波」, 「石鎚」, 「岸根」などの中生種から晩生種にクリシギゾウムシによる被害が多い。これらの品種では、収穫果実の約 40%、多い場合には 70% 以上が被害を受ける。これまで、果実内の幼虫の食害を防ぐため、収穫後の果実を臭化メチル剤でくん蒸する処理が行われてきた (楯谷, 2004)。

しかし、臭化メチルは、1992 年のモントリオール議定書締約国会合において、オゾン層破壊物質として指定され、1997 年の締約国会合では 2005 年までに全廃することが決定された。そのため、臭化メチルくん蒸処理に代わるクリシギゾウムシの防除技術が求められている。臭化メチル代替技術として、高圧炭酸ガ

スくん蒸 (宮ノ下, 2003), 低温貯蔵, 温湯浸漬法 (廣瀬, 2001) などが有効であると報告されているが、これらの技術を本県で利用するにあたっては、新規に高価な装置の導入を必要とすること、処理時間が長いこと、1 回に処理できる量が少ないこと等の難点がある。臭化メチルくん蒸では、10m³ 当たり最大 3t の大量の果実を処理でき、1 回の処理に要する時間が 2 時間と短時間で、簡便かつ安価な処理法であるため、現場からは、新たな設備を必要とせず、従来通り安価に大量のクリ果実の殺虫処理が行なえる技術が望まれている。また、本県のクリ果実は加工用として用いられることが多いため、くん蒸後のクリ果実が加工業者の要求にかなう品質を保持している必要がある。

そこで、筆者らは、臭化メチル代替剤として構造や性質が類似するヨウ化メチルを用いて、臭化メチルくん蒸処理とほぼ同様にクリ果実をくん蒸できる技術について検討し、クリシギゾウムシに対する防除効果と果実内部の色彩への影響を明らかにしたので、報告する。

* : 園芸研究所 ** : つくば地域改良普及センター *** : アリスタライフサイエンス

Ⅱ. 材料および方法

1. クリシギゾウムシに対する殺虫効果試験

2003年10月1日までに収穫したクリ果実(品種‘筑波’)および10月6日までに収穫したクリ果実(品種‘石鎚’)を用い, ‘筑波’は10月6日~8日の間に, ‘石鎚’は11月5日~10日の間にくん蒸処理を行なった。なお, クリ果実は, 試験に供試するまで約2℃の冷蔵室で保存した。くん蒸は臭化メチルくん蒸とほぼ同様の方法で行い, クリ果実くん蒸用ビニール製天幕(容量約10m³)を用い(図1), ヨウ化メチル剤の薬量および処理時間は, 250g/10m³の2時間または4時間処理, 500g/10m³の2時間または4時間処理とした。また, 対照として, 臭化メチル 485g/10m³の2時間処理を行った。調査用のクリ果実は5kg ずつ市販のクリ用ネットに入れ, クリ果実を入れたプラスチック



図1 クリ果実くん蒸用ビニール製天幕を用いたくん蒸試験風景

製コンテナの中間層に配置した。くん蒸用ビニール製天幕内に, コンテナを縦5個×横2個×高さ最大4個の配置で積み, 上段(上から1段目角), 中段(上から3段目中央), 下段(下から1段目角)に調査用のクリ果実を入れたコンテナを配置した(図2)。ブリキ缶に入ったヨウ化メチル剤は, 専用の開缶器具で通気孔を2~3カ所開け, プラスチックトレイ(約17cm×25cm×3cm)の上に置いた。トレイは約90℃の湯で満たした発泡スチロール製の容器の上に載せて, トレイ上に流出するヨウ化メチル剤(液体)を気化させた(図3)。くん蒸中は送風機で天幕内を攪拌した。殺虫効果は, くん蒸処理後, 約1時間ガス抜き(屋外放置)したクリ果実を室温に置き, その後60日間に果実から脱出するクリシギゾウムシ幼虫数から判定した。

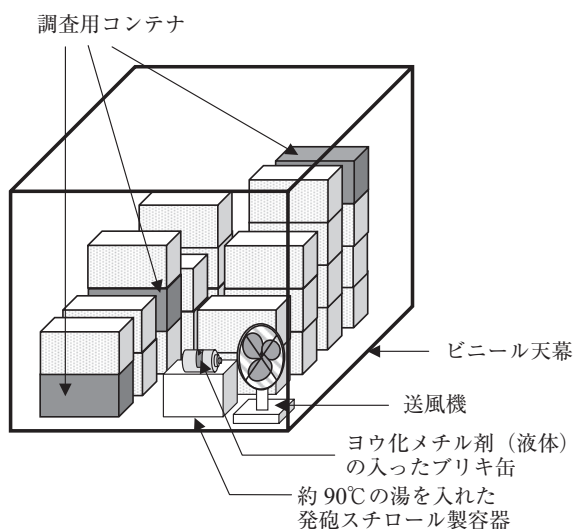


図2 ヨウ化メチルくん蒸処理におけるコンテナの配置状況

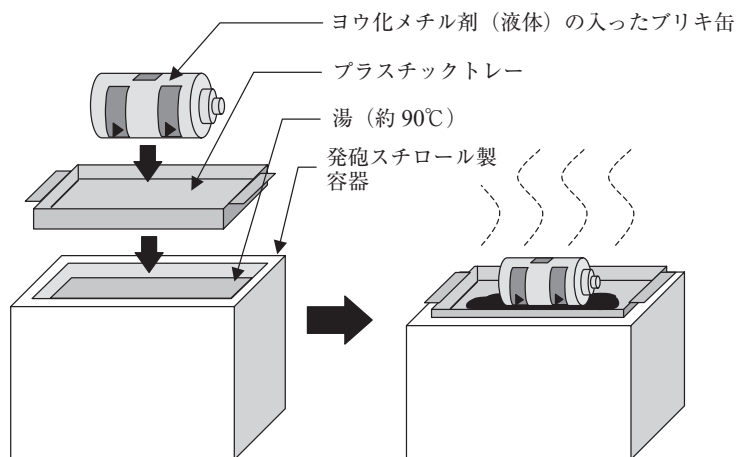


図3 ヨウ化メチル剤の気化方法

2. くん蒸後果実内部の色彩の調査

2005年に収穫したクリ果実(品種‘国見’)を用い、単位容積当たりのヨウ化メチル処理量が殺虫効果試験より2~4倍の処理を施したクリ果実内部の色彩を調査した。くん蒸は2005年12月9日に行い、クリ果実は試験に供試するまで約0℃の冷蔵庫で保存した。くん蒸には、クリ果実くん蒸用ビニール製天幕(容量約10m³)を用い、ヨウ化メチル剤1000g/10m³で2時間処理した。調査用のクリ果実は、縦5個×横2個×高さ最大4個の配置で積んだコンテナの上段(上から1段目角)、中段(上から3段目中央)、下段(下から1段目角)から各1kgを抜き取ったものを用い、それぞれをⅠ~Ⅲ区とした。なお、くん蒸処理後、約1時間のガス抜きを行なった。

クリ果実の色彩の測定には、MINOLTA CR-200を用いた。果実の断面の色彩は、生の状態とゆでた(鬼皮ごとゆでた)状態で調査した。色彩は、縦2等分した果実断面の渋皮から5mm程度内側と果実中心を各1点について測定した。また、クリ果実をペーストにした状態での色彩について調査した。ペーストは、ゆでたクリの果肉のみをスプーンで取り出し、目合い0.75mmのふるいを用いて裏ごしし、ペースト状にした。これをビニール袋に入れて脱気し、10点について色彩を測定した。なお、果実断面、ペーストともに、測定には1区10果を供試した。

Ⅲ. 結果および考察

1. クリシギゾウムシに対する殺虫効果試験

くん蒸処理後のクリ果実からの脱出幼虫数は、表1および表2のとおりである。なお、上段、中段、下段に配置したクリ果実からの脱出幼虫数において、配置場所による差異は認められなかったため、表中の数値は3コンテナの平均値とした。

品種‘筑波’では、100果当たりの脱出幼虫数が無処理区では27.7~84.1頭であったのに対し、ヨウ化メチル250g/10m³および500g/10m³の2時間および4時間処理区とともに、0~0.7頭、対無処理比は1.8以下であり、高い防除効果が認められた。また、臭化メチル485g/10m³の2時間処理と比較して同等の防除効果が認められた(表1)。

‘石鎚’では、100果当たりの脱出幼虫数が無処理区では76.3~94.0頭であったのに対し、ヨウ化メチル250g/10m³の4時間処理と500g/10m³の2時間処

理および4時間処理では、0.1頭であり、高い防除効果が認められ、また、臭化メチルと比較して優る防除効果が認められた(表2)。しかし、250g/10m³の2時間処理では、100果当たり4.1頭の脱出幼虫が認められ、防除効果は不十分であった。

‘石鎚’を用いたくん蒸試験におけるクリシギゾウムシ脱出幼虫数の推移は、図4のとおりである。効果が不十分であった臭化メチル処理とヨウ化メチル250g/10m³の2時間処理区において、脱出幼虫数は、臭化メチルでは処理約2週間後から1ヶ月後までの間に多く、ヨウ化メチル250g/10m³の2時間処理では処理直後から2週間後までの間に多かった。無処理区の脱出幼虫数の推移から、クリ果実内には、卵から老熟幼虫まで様々な発育ステージのクリシギゾウムシ幼虫が存在したと考えられる。すなわち、くん蒸してから脱出までの期間が短いものは、くん蒸処理時に中齢~老齢幼虫であり、くん蒸してから脱出までの期間が長いものほど、くん蒸処理時に卵または若齢幼虫であったと考えられる。このことから、臭化メチルはクリシギゾウムシの卵や若齢幼虫に対する殺虫効果が低く、ヨウ化メチルは中齢から老齢幼虫に対する殺虫効果が低いと推測される。

以上のことから、ヨウ化メチルくん蒸では、天幕内のいずれの場所でも均一な殺虫効果が得られ、250g/10m³の4時間処理と500g/10m³の2時間処理および4時間処理は、クリシギゾウムシ幼虫に対して高い殺虫効果を有することが確認された。ただし、ヨウ化メチルでは中齢から老齢幼虫に対する殺虫効果が低いことが示唆されるため、収穫直後のくん蒸処理がより効果的であると考えられる。ヨウ化メチルくん蒸は、従来の臭化メチルくん蒸用天幕を用いることができ、ヨウ化メチル剤の気化に要する手順以外は、臭化メチルくん蒸と同様の処理が可能であるため、臭化メチルの代替くん蒸剤として実用性は高いと考えられる。

臭化メチルの沸点は約4℃であり、通常くん蒸が行われる常温条件下では、臭化メチル剤は開缶すると同時に速やかに気化し、缶の外へ噴出する。これに対して、ヨウ化メチルの沸点は約43℃であり、常温では液体であるため、缶に入った所定量のヨウ化メチル剤を速やかに気化させるために湯煎をする必要がある。このため、今後、さらに簡易な処理方法の技術開発が必要と思われる。

表1 品種‘筑波’におけるヨウ化メチルくん蒸のクリシギゾウムシ幼虫に対する防除効果

試験区		薬量 (g/10m ³)	処理時間 (hr)	処理果重量 (kg)	調査果数 (個)	脱出幼虫数 (頭/100果)	対無 処理化	薬害
ヨウ化メチル剤	処 理	250	2	5	211	0	0.0	—
	無処理	—	—	3	118	50.0	100	—
	処 理	250	4	5	220	0.3	1.1	—
	無処理	—	—	3	137	27.7	100	—
	処 理	500	2	5	221	0	0.0	—
	無処理	—	—	3	137	27.7	100	—
臭化メチル剤	処 理	500	2	5	268	2.7	3.2	—
	無処理	—	—	4	174	84.1	100	—

注) —は、薬害が認められないことを示す

表2 品種‘石鎚’におけるヨウ化メチルくん蒸のクリシギゾウムシ幼虫に対する防除効果

試験区		薬量 (g/10m ³)	処理時間 (hr)	処理果重量 (kg)	調査果数 (個)	脱出幼虫数 (頭/100果)	対無 処理化	薬害
ヨウ化メチル剤	処 理	250	2	5	258	4.1	5.4	—
	無処理	—	—	5	274	76.3	100	—
	処 理	250	4	5	257	0.1	0.1	—
	無処理	—	—	5	274	76.3	100	—
	処 理	500	2	5	253	0.1	0.1	—
	無処理	—	—	5	274	76.3	100	—
臭化メチル剤	処 理	485	2	5	250	15.7	16.7	—
	無処理	—	—	5	251	94.0	100	—

注) —は、薬害が認められないことを示す

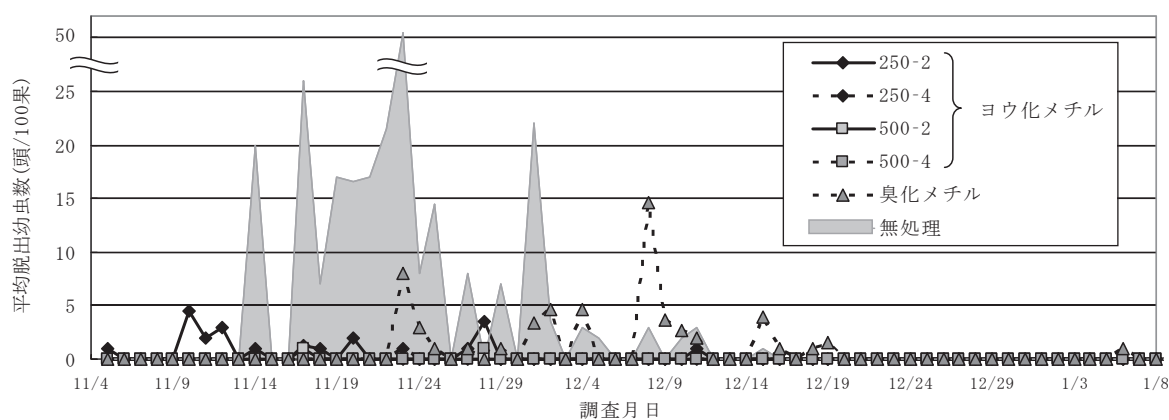


図4 品種‘石鎚’におけるくん蒸処理後のクリシギゾウムシ幼虫脱出数の推移

注) 250-2 : 250g/10m³ の 2 時間 処 理, 250-4 : 250g/10m³ の 4 時 間 処 理,
500-2 : 500g/10m³ の 2 時 間 処 理, 500-4 : 500g/10m³ の 4 時 間 処 理

2. くん蒸処理が果実内部の色彩に与える影響

くん蒸処理後の果実断面の色彩において、ヨウ化メチル処理区は、生の状態およびゆでた状態ともに、無処理区とのほぼ同等の測定値であった（表3、表4）。また、ペーストの色彩においても、ヨウ化メチル処理区は、無処理区とほぼ同等の測定値であった（表5）。

以上のことから、クリ果実内部の色彩に関して、ヨ

ウ化メチルくん蒸による影響はないと考えられる。

本県のクリ果実は加工用として用いられることが多く、加工業者の要求にかなう品質を持った高品質なクリ果実を生産することが望ましい。ヨウ化メチルくん蒸処理による果肉の変色は認められず、処理後の果実を加工に利用できる可能性があると考えられる。

表3 クリ果実（生）における果実内部の色彩

供試薬剤	薬量 (g/10m ³)	処理時間 (hr)	区	果実外縁 (渋皮から5mm程度内側)			果実中心		
				L* 値	a* 値	b* 値	L* 値	a* 値	b* 値
ヨウ化メチル剤	1000	2	I	90.25	-4.46	30.24	89.17	-3.78	27.98
			II	90.34	-4.70	31.17	88.79	-3.72	27.13
			III	90.61	-4.41	28.35	89.14	-3.55	26.97
			平均	90.40	-4.52	29.92	89.03	-3.68	27.36
無処理			I	90.26	-4.58	31.09	88.81	-3.81	28.65
			II	89.95	-4.58	30.60	88.30	-3.81	28.27
			III	90.57	-4.15	27.06	88.95	-3.36	25.69
			平均	90.26	-4.44	29.58	88.69	-3.66	27.54

注) L* : 明度 (輝度), +a* : 赤方向, -a* : 緑方向, +b* : 黄方向, -b* : 青方向

表4 クリ果実（ゆで）における果実内部の色彩

供試薬剤	薬量 (g/10m ³)	処理時間 (hr)	区	果実外縁 (渋皮から5mm程度内側)			果実中心		
				L* 値	a* 値	b* 値	L* 値	a* 値	b* 値
ヨウ化メチル剤	1000	2	I	53.07	-4.12	21.75	42.20	4.36	12.97
			II	53.73	-2.87	25.43	42.11	4.05	14.10
			III	52.30	-3.44	24.31	43.90	3.45	13.25
			平均	53.03	-3.48	23.83	42.74	3.95	13.44
無処理			I	52.49	-3.90	22.52	43.81	2.81	14.62
			II	51.39	-4.06	23.04	43.78	3.20	13.52
			III	52.79	-4.25	22.51	42.93	2.96	13.96
			平均	52.22	-4.07	22.69	43.51	2.99	14.03

注) L* : 明度 (輝度), +a* : 赤方向, -a* : 緑方向, +b* : 黄方向, -b* : 青方向

表5 クリ果実（ペースト）の色彩

供試薬剤	薬量 (g/10m ³)	処理時間 (hr)	区	L* 値	a* 値	b* 値
ヨウ化メチル剤	1000	2	I	65.05	1.99	21.29
			II	63.73	1.91	23.39
			III	66.01	1.24	23.91
			平均	64.93	1.71	22.86
無処理			I	64.85	1.95	21.80
			II	65.56	0.88	22.71
			III	63.55	2.67	20.84
			平均	64.65	1.83	21.78

注) L* : 明度 (輝度), +a* : 赤方向, -a* : 緑方向, +b* : 黄方向, -b* : 青方向

IV. 摘要

クリ果実をヨウ化メチルでくん蒸処理し、クリシギゾウムシに対する防除効果と果実の色彩について調査した。

1. ヨウ化メチルの250g/10m³の4時間処理と500g/10m³の2時間処理および4時間処理は、クリシギゾウムシ幼虫に対して高い殺虫効果を有することが確認された。
2. ヨウ化メチルくん蒸では、臭化メチルくん蒸と同様に10m³当たり最大3tの果実を処理でき、1回の処理に要する時間が2時間から4時間と短時間で、簡便かつ安価な処理法であるという利点がある。

3. ヨウ化メチルくん蒸処理がクリ果実の色彩に及ぼす影響は認められなかった。

引用文献

- 廣瀬敏晴. 2001. クリ果実の温湯処理によるクリシギゾウムシの防除. 平成13年度近畿中国四国農業研究成果情報: 115-116.
- 宮ノ下明大. 2003. 高圧炭酸ガスを用いたクリシギゾウムシの防除. 果実日本. 58: 40-43.
- 楯谷昭夫. 2004. モントリオール議定書特別総会で臭化メチルの不可欠用途規制除外を決議. 今月の農業. 48(5):20-24.

BULLETIN
OF THE
HORTICULTURAL INSTITUTE,
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER

C O N T E N T S

- Takashi KAIZUKA and Masahito SUZUKI:
The Rearing Progress and Varietal Characteristics in New Cultivar Red Bunching Onion
'Hitachi-benikko'.....1
- Kenichi KANEKO, Makoto MIYAGI and Fumio SAKUMA:
Labor Saving Ability of Training and Fruit Thinning of Suppressed-Branching Melon in Creeping
Cultivation.....9
- Takashi ISHII, Takashi KAWANO and Masahide TAKEI:
Decreased Nitrogenous Fertilizer Technology by the 2,3 Crops Nitrogen of One-time Diagnosis and
Fertilization in Plastic Green-house *Brassica chinensis* var.komatsuna.....15
- Tomoko IKEBA and Kyoko KASHIMA:
Evaluation of Antioxidant Activity of Raw and Cooked Vegetable Extracts Produced in Ibaraki
Prefecture.....27
- Takashi OGAWARA, Yasunori TOMITA, Yuko TANAKA and Hisashi NAGATSUKA:
Investigation of Control Methods of Gray Mold on Tomato and Reduction of Chemical Fungicides
Using Biological Fungicides.....35
- Takuya MIYAMOTO, Takashi OGAWARA, Akihiko NARUTAKI, Yasunori TOMITA and Hisashi NAGATSUKA:
Biological Control of Gray Mold on Tomato by Duct Dusting Method for *Bacillus*
subtilis.....43
- Ayano OTAKE, Hisao KUSANO, Zenjiro NAKAMURA and Hisashi NAGATSUKA:
The Effects of CH₃I Fumigation Treatments on Chestnut Weevil larvae (*Curculio sikkimensis*) in
Chestnuts.....53