

昆虫寄生菌 *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium* spp.) によるダイコンパーティシリウム黒点病の生物防除

楠木 芳¹⁾・川井彩子^{1, 2)}・相内大吾^{1, 3)}・小池正徳¹⁾*・谷 昌幸¹⁾・倉持勝久¹⁾

(受理：2006年4月28日)

Biological control of Verticillium black spot of Japanese radish by entomopathogenic *Verticillium lecanii*
(*Lecanicillium* spp.)

Kaori Kusunoki¹, Ayako Kawai^{1, 2}, Daigo Aiuchi^{1, 3}, Masanori Koike^{1*}, Masayuki Tani¹ and Katsuhisa Kuramochi

1)

摘要

ダイコンパーティシリウム黒点病に対する防除効果を昆虫寄生菌 *Verticillium lecanii* を用いて検討した。温室試験と圃場試験で *V. lecanii* の7菌株 (A-2、B-2、C-1、2aF30、2aF31、2aF43、AaF101) を用いて実施した。*V. lecanii* の分生胞子を処理したポット試験では全ての *V. lecanii* 菌株で高い防除効果があり、病原菌単独処理と比較して有意な差が認められた。なかでも B-2 が最も高い防除効果を示し、病原菌単独処理の発病率 51.2% と比較して 31.4% となった。*V. lecanii* のフスマ培養土を用いたポット試験における病徴抑制効果は病原菌単独処理区との有意な差が認められたのは C-1 処理区のみであった。A-2、B-2 処理区においても抑制効果の傾向がみられたが、生長促進効果では顕著な差はみられなかった。また、圃場試験では全ての *V. lecanii* 処理区で発病が抑制された。特に B-2、C-1 においては高い発病抑制効果があり、病原菌単独処理区の半分以下に抑制していた。商品価値調査においては *V. lecanii* 処理区で商品価値のあるダイコンの数が優った。以上の結果から、病原菌単独処理と有意な差が認められなかったものもあるが、*V. lecanii* はダイコンパーティシリウム黒点病を抑制するのに有効である傾向が確認された。よって、*V. lecanii* はダイコンパーティシリウム黒点病に対して生物防除資材として有望であることが示唆された。

キーワード；ダイコンパーティシリウム黒点病、*Verticillium dahliae*, *Verticillium lecanii*

緒言

ダイコンパーティシリウム黒点病は冷涼な気候で発病しやすく、北海道で深刻な問題となっている。本病の主な病徴は根部維管束の黒変であり、外見は健全であるた

め発病の発見が難しい。そのため発病が発見されるとカット野菜としての販売に限られたり、市場に売り出すことができなくなったりと発病地域 (十勝、羊蹄) のダイコン栽培農家に多大な被害を及ぼしている。本病は主に

1 帯広畜産大学畜産学部 環境総合科学講座

1 Department of Agro-environmental Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

2 京都大学大学院農学研究科 環境微生物制御学研究室

2 Laboratory of Environmental Mycology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University

3 岩手大学大学院連合農学研究科 生物制御学講座

3 The United Graduate School of Agricultural Science, Iwate University

*Corresponding to Masanori Koike (e-mail:koike@obihiro.ac.jp)

不完全菌類の *Verticillium dahliae* Klebahn によって引き起こされる病害であり、土壌伝染性病原菌としてトマト、ナス、ダイコンなどの野菜や花卉類などに根から感染して導管に侵入し、維管束系の機能を低下させ、半身萎ちょう病や導管病などを引き起こす重大な病原菌として知られている（北沢ら、1980）。*V. dahliae* は土壌中で長く病原力を保ったまま微小菌核として生存することが可能なため、防除困難な病原菌である（森田、1983；原田ら、1997；Tjamos et al., 2004；Dong et al., 2005）。また、輪作・休閒では防除効果が現れにくく、土壌くん蒸剤による土壌消毒が有効であるが、土壌くん蒸剤は高価なうえ施用方法も煩雑である。現在では、土壌消毒剤のダズメットを用いた防除法が検討、実施されている（小松ら、2001a, 2001b；角野ら、2001a, 2001b）。しかし、人畜に対する安全性の面や環境保全型農業を推進していくうえで問題となるため、これに替わる防除法として拮抗微生物などを用いた生物防除の確立に大きな期待がよせられている（木嶋ら、1988；勝部ら、1997）。

病原菌に何らかの活性を示す微生物は拮抗微生物と呼ばれており、拮抗微生物は土壌中や植物体上などから容易に分離することができるため、これを用いた病害の生物防除は世界各国で試みられている（Barranco et al., 2002；Karagiannidis et al., 2002；勝部ら、1997；木嶋ら、1995；Verhaar et al., 1996）。今回の研究で用いる昆虫寄生性糸状菌 *Verticillium lecanii* はアブラムシ類、コナジラミ類などの害虫（Hall, 1984）だけでなく、うどんこ病菌、さび病菌などの植物病原菌（Verhaar et al., 1996）にも寄生性を示す有用な微生物である。この *V. lecanii* の特性を利用して、アブラムシ用に VERTREC、オンシツコナジラミ用に MYCOTAL が既に生物防除資材としてアリストライフサイエンス社（製造元オランダ・コパート社）より販売されている。また、ある程度の低温、乾燥条件下でも生存可能な *V. lecanii* 菌株が分離されたことにより、圃場における使用の可能性も検討されるようになった（東尾ら、2002；Koike et al., 2004）。しかし、*V. lecanii* は植物病原菌に寄生性を示すことは確認されているものの、まだ植物病原菌に対する防除資材としては販売されていない。そこで本研究では、植物病原菌 *V. dahliae* によって引き起こされるダイコンパーティシリウム黒点病に対して *V.*

lecanii が生物防除資材と成り得る可能性があるかを探るため、温室内と圃場での試験を実施し、本菌の防除効果を検討した。

材料および方法

菌の分離・培養

V. lecanii の菌株は帯広畜産大学環境微生物学研究室の杉本らにより、本学地域共同センター温室内に発生したモモアカアブラムシから分離された A-2、B-2、C-1 を用いた（Sugimoto et al., 2003）。3 回目の温室試験においては、*V. lecanii* の A-2、B-2、C-1 の他にプロトプラスト融合したものの中からうどんこ病に対して抑制効果の高かった 2 菌株 2aF-30、AaF-101 を供試した（Aiuchi et al., 2004）。また圃場試験においては A-2、B-2、C-1 に加え、プロトプラスト融合したものの中からアブラムシに対して病原性の高かった 2 菌株、2aF-31、2aF-43 を選抜し、試験に供試した。1 回目の温室試験において、*V. lecanii* 3 菌株（A-2、B-2、C-1）は PDB 培地で 25°C、14 日間振とう培養し、ガーゼでろ過して菌糸片を取り除いた胞子懸濁液を A-2、B-2 は 1×10^7 、C-1 は 0.25×10^7 cfu/ml に調整したものを使用した。2、3 回目の温室試験および圃場試験では、*V. lecanii* は土壌フスマ培地で 14 日間培養したもの（A-2： 1×10^8 、B-2： 2×10^8 、C-1： 4×10^7 、2aF30： 2×10^7 、2aF31： 3×10^7 、2aF43： 4×10^7 、AaF101： 6×10^7 cfu/g）を用いた。*V. dahliae* は北海道の芽室町で感染したダイコンから分離された株（TS21、VCG4）を用い、*V. lecanii* と同様に土壌フスマ培地で 14 日間培養したもの（ 4×10^7 cfu/g）を供試した。

供試植物

すべての実験において *V. dahliae* に感受性の高いダイコン品種である「貴宮」（シンジェンタシード）を用いた。

V. lecanii 分生胞子処理による発病抑制効果（ポット試験 1）

V. lecanii の発病抑制効果を検討するため、本学地域共同研究センター温室において 1 回目の温室試験を実施した。ジフィーポット（6cm）に市販の園芸培土を

昆虫寄生菌 *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium* spp.) によるダイコンパーティシリウム黒点病の生物防除
 詰め、1ポット当たりダイコン（品種：貴宮）を2粒播種し、プラスチックトレーにジフィーポットを5つずつ入れた。出芽後、ポット当たり1株に間引きし、7日後茎のまわりに *V. lecanii* の孢子懸濁液を10ml接種した。さらに4日後、1トレー当たり5% (w/w) の *V. dahliae* 培土を100g詰め、30日後に発病評価を実施した。*V. dahliae* のみの病原菌単独処理と無処理区を設置した。1トレー5株とし、3反復行った。発病評価は次式により算出した。

$$\text{発病率} = \Sigma (\text{枯れた葉の数} / \text{全体の葉の数}) \times 100$$

***V. lecanii* 土壌フスマ培養土による病徴抑制効果（ポット試験2）**

V. lecanii による根部維管束の病徴抑制効果を検討するため、2回目の試験を温室において実施した。ジフィーポットに市販の園芸培土を詰め、1ポット当たりダイコン（貴宮）を2粒播種し、出芽後、ポット当たり1株に間引きした。7日後、茎のまわりに土壌フスマ培地で培養した *V. lecanii* を1g接種した。さらに7日後、圃場の土を半分まで詰め、その上に *V. dahliae* 濃度5% (w/w) の病原菌汚染土壌を500g詰めたポリポットにジフィーポットの底をはがして移植した。*V. dahliae* のみの病原菌単独処理と無処理区を設置した。1ポリポット当たり3株とし、5反復行った。40日後、植物体の全体重量と根重量を量り、病徴評価を実施した。病徴評価は主根を縦に切った面の病徴程度（0：病徴なし、1：根の1/5が病徴を示す、2：根の2/5が病徴を示す、3：3/5が病徴を示す、4：4/5が病徴を示す、5：根全体が病徴を示す）により評価した。

***V. lecanii* の発病抑制・生長促進効果（ポット試験3）**

圃場試験に向けてより容易な接種方法や生長促進効果について検討するため、3回目の試験を温室において実施した。ジフィーポットの底に土壌フスマ培地で培養した *V. lecanii* を1g入れ、その上に市販の園芸培土を詰め、1ポット当たりダイコン（貴宮）を2粒播種し、出芽後、ポット当たり1株に間引きした。14日後、本学環境微生物学研究室のダイコンパーティシリウム黒

点病が多発する圃場の土を半分まで詰め、その上に *V. dahliae* 濃度3% (w/w) の病原菌汚染土壌を500g詰めたポリポット (21cm) にジフィーポットの底をはがして移植した。*V. dahliae* のみの病原菌単独処理と無処理区を設置した。1ポリポット当たり3株とし、6反復行った。50日後、温室試験1と同じく発病率を算出し、植物体の全体重量と根重量を測定した。

圃場試験

本学環境微生物学研究室の圃場（黒ボク土）において2005年7月14日から9月9日にかけて試験を実施した。本圃は以前から *V. dahliae* によるダイコンパーティシリウム黒点病が発病する汚染土壌である。*Bacillus* 属 (KB-1、KB-2、KB-3) と *V. lecanii* の菌株 A-2、B-2、C-1、2aF-31 および 2aF-43 を用いて行った (Kawai et al., 2006)。ジフィーポットの底に土壌フスマ培地で培養した *V. lecanii* を1g入れ、その上に園芸培土を詰め、1ポット当たりダイコン（貴宮）を2粒播種し、7月14日に本圃へ移植した。なお、試験区は1×20mのベッドが9つ、そこに両側に30cm間隔で穴の開いたシルバーマルチを用いて18列設け、一番端の両列はボーダーとした。また、1列を15株ずつの3つに分け、全部で48区画設けた。*V. lecanii* 5菌株処理区、*Bacillus* 属3菌株処理区、コントロール区を設定し、その配列はランダムとした。1区画15株とし、5反復実施した。

発病調査と生育調査（全体重量、根重量）、および商品化率調査（市場に商品として売り出せるダイコンの数/区画当たりのダイコンの数）を9月9日に実施した。

結果

***V. lecanii* 分生孢子処理による発病抑制効果（ポット試験1）**

Fig. 1 に示したように、B-2 処理区は発病率31.4%と処理した菌株の中で最も抑制しており、次いでA-2 処理区の35.2%、C-1 処理区の36.8%となり、高い防除効果を示した。全ての *V. lecanii* 菌株は病原菌単独処理と比較して有意に発病を抑制していた。

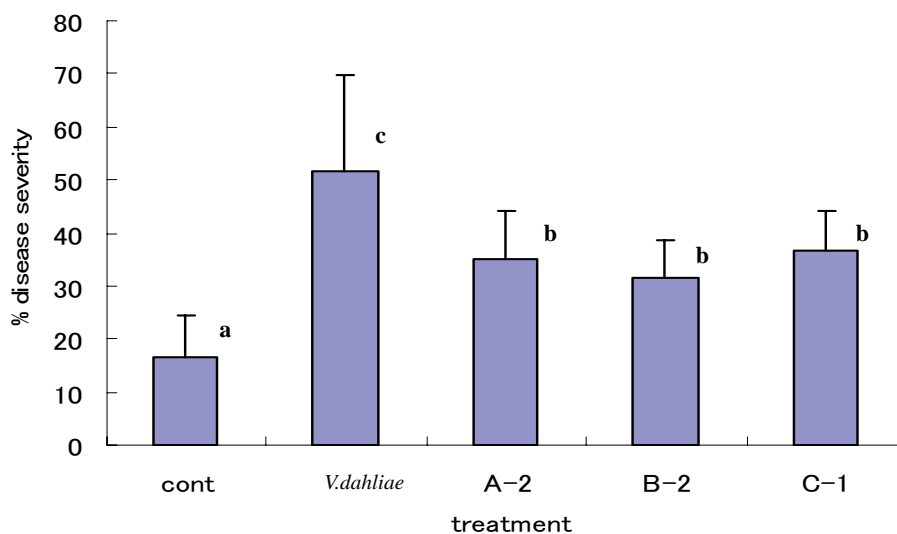


Fig. 1 Effect of treatment with *V. lecanii* on disease incidence of Verticillium black spot of Japanese radish under greenhouse condition. Disease severity was calculated as follow. Disease severity = $\Sigma(\text{number of chlorosis leaves} / \text{number of all leaves}) \times 100$. Means designated with the same letter are not significantly different as determined by the Schffe's F test ($P < 0.05$). Vertical bar indicated S.D.

Table 1 Plant weight, root weight and disease severity of Japanese radish inoculated with *Verticillium dahliae* under greenhouse (Experiment 2)

Treatment	Average of plant weight (g)	Average of root weight (g)	Disease severity *
A-2	67.6 ab **	17.6 ab	3.1 bc
B-2	61.4 ab	19.2 ab	2.9 bc
C-1	60.6 ab	17.4 ab	2.8 b
cont	89.4 a	33.3 a	0.0 a
<i>V. dahliae</i>	54.6 b	13.4 b	3.9 c

* Disease severity :0= no discoloration; 1=1/5 of the cross root showing discoloration; 2=2/5 of the cross root showing discoloration; 3=3/5 of the cross root showing discoloration; 4=4/5 of the cross root showing discoloration; 5=full cross root showing discoloration.

** Means designated with the same letter are not significantly different as determined by the Schffe's F test ($P < 0.05$).

V. lecanii 土壌フスマ培養土による病徴抑制効果 (ポット試験2)

V. lecanii の菌株別にダイコンの全体重量と根重量を Table 1 に示した。全体重量も根重量も病原菌単独処理と比較して有意な差は認められなかったが、全ての *V. lecanii* 菌株処理区において全体重量、根重量共に病原菌単独処理区よりも重量が優った。*V. lecanii* 処理による病徴抑制効果については、C-1 処理区が病徴 2.8 と最も抑制しており、病原菌単独処理と比較して有意な差を示した (Table 1)。また、A-2 および B-2 処理区は病原菌単独処理と比較して有意な差は認められなかったが、いずれも病原菌より病徴を抑制していた。

V. lecanii の発病抑制・生長促進効果 (ポット試験3)

発病については Fig. 2 に示したように、全ての *V. lecanii* 菌株処理区において病原菌単独処理区と有意な差が認められた。特に B-2 処理区が 24.9% と最も抑制しており、病原菌単独処理区 (41.8%) の約半分に発病を抑制し、高い防除効果を示した。

全体重量・根重量については Table 2 に示した。全ての *V. lecanii* 菌株処理区において、全体重量・根重量共に顕著な差は認められなかった。しかし、根重量では 2aF-30 処理区 (0.97g) が無処理区 (0.91g) を上回った。

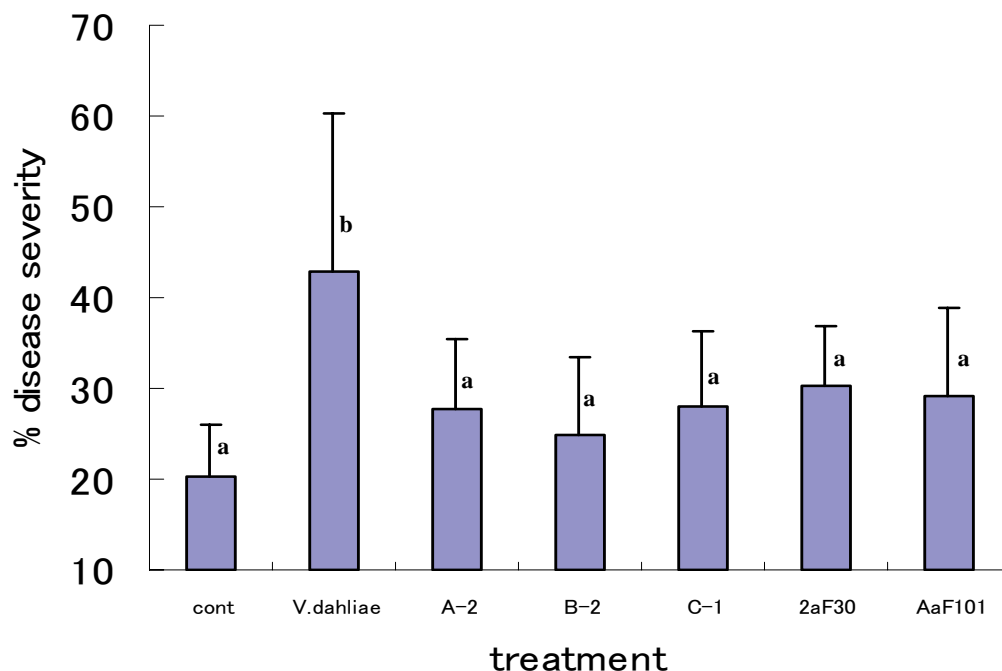


Fig.2 Effect of treatment with *V.lecanii* on disease incidence of Verticillium black spot of Japanese radish under greenhouse condition. Disease severity was calculated as follow. Disease severity= $\Sigma(\text{number of chlorosis leaves}/\text{number of all leaves})\times 100$. Means designated with the same letter are not significantly different as determined by the Schffe's F test ($P<0.05$). Vertical bar indicated S.D.

Table 2 Effect of *Verticillium dahliae* inoculation to plant weight and root weight of Japanese radish under greenhouse (Experiment 2)

Treatment	Average of plant weight (g)	Average of root weight (g)
A-2	16.3	0.87
B-2	13.2	0.74
C-1	13.3	0.77
2aF30	14.1	0.97
AaF101	13.3	0.89
cont	16.3	0.91
<i>V.dahliae</i>	13.4	0.81
	NS *	NS

* NS: not significant according to ANOVA *F*-test.

圃場試験

Table 3 に *V. lecanii* の菌株別に圃場下におけるダイコンの全体重量および根重量を示した。全ての菌株区において病原菌単独処理区と比較して有意な差は認められず、*V. lecanii* の菌株間で最も平均全体重量の高かった A-2 処理区 (934.9g) と最も低かった B-2 処理区 (856.1g) で 78.8g の差を示した。平均根重量では、最も高かった A-2 処理区 (647.8g) と最も低かった C-1 処理区 (600.0g) の差は 47.8g であった。

また、発病株率では全ての *V. lecanii* 菌株区におい

て病原菌単独処理区と比較し、発病を抑制傾向がみられたが、有意な差は認められなかった (Fig 3)。しかし、C-1 処理区では発病率 5.8%、B-2 処理区では 9.4% と高い防除効果が認められた。全体重量および根重量と発病率等との関連性はなかった。

商品化率においては、*V. lecanii* 菌株区と病原菌単独処理区間に有意な差はなかった (Table 3)。しかし、菌株間であまり差はなかったものの、全ての *V. lecanii* 菌株区は病原菌単独処理区よりも商品価値のあるダイコンが多かった。

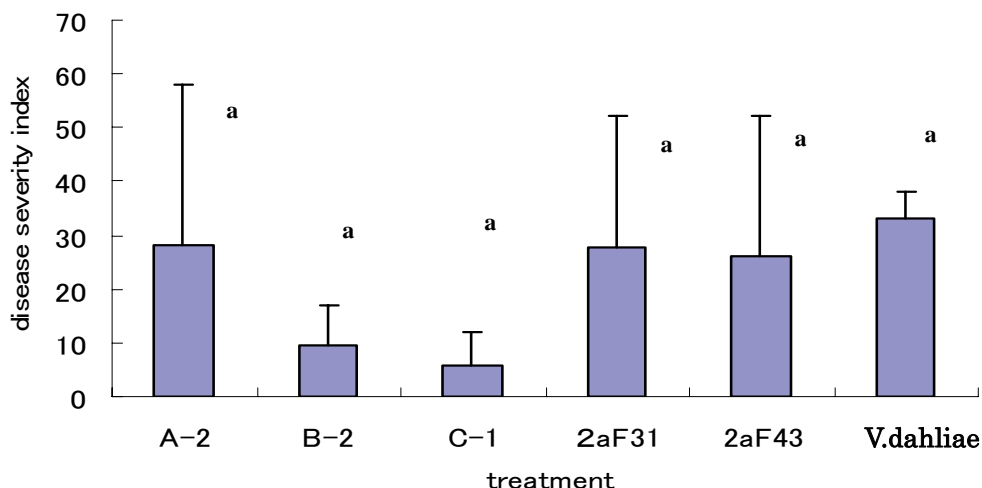


Fig.3 Effect of treatment with *V.lectanii* on disease incidence of Verticillium black spot of Japanese radish under *V.dahliae* infested field. Means designated with the same letter are not significantly different as determined by the Scheffé's F test ($P < 0.05$). Vertical bar indicated S.D.

Table 3 Plant weight, root weight and marketable root of Japanese radish under *V.dahliae* infested field.

Treatment	Average of plant weight (g)	Average of root weight (g)	Average of marketable root (%)
A-2	934.9	647.8	59.5
B-2	856.1	609.3	58.2
C-1	861.3	600.0	56.9
2aF-31	920.1	629.7	58.1
2aF-43	868.8	615.1	54.2
<i>V.dahliae</i>	888.8	634.5	51.1
	NS *	NS	NS

* NS: not significant according to ANOVA *F*-test.

考察

V. dahliae は数多くの植物に萎凋、萎縮、枯死などを引き起こす多犯性の病原菌として知られている(原田ら、1997)。トマトやナスの半身萎ちょう病に関する報告は数多くあり(飯嶋、1983; 橋本、1989)、本研究室では *V. lectanii* と *Bacillus* 属菌を用いた *V. dahliae* に対する拮抗性試験において、生育を抑制する効果を示し、なおかつポット試験においてトマト半身萎ちょう病の発病を抑制することがわかっている(Koike et al., 2004)。

分生孢子懸濁液を処理したポット試験では、全ての *V. lectanii* 菌株処理区で病原菌単独処理区と比較して発病を有意に抑制しており、特にB-2が高い防除効果を示した。しかし、土壌フスマ培地を処理したポット試験では、全体重量・根重量共に病原菌単独処理区と *V.*

lectanii 処理区との間に有意な差はなく、病徴抑制効果ではC-1のみ有意な差が認められた。この2つの試験における防除効果の違いは、2回目の温室試験で、ポリポット半分は圃場の *V. dahliae* 病原菌汚染土を詰めたにも関わらず、さらに5%濃度の *V. dahliae* 病原菌汚染土を加えた上で試験を行ったことにより、*V. dahliae* の濃度が高くなりすぎたためと考えられる。しかしながら、2回の温室試験で全ての *V. lectanii* 菌株は病原菌単独処理よりも発病・病徴を抑制し、全体重量・根重量が優っていたことから防除効果が確認された。

3回目のポット試験では全ての *V. lectanii* 菌株処理区で病原菌単独処理区と比較して発病を有意に抑制していたことから、ポットの底に菌を接種しても根腐れを起こすことなく、発病を抑制することが確認された。よって、発芽後に茎のまわりに菌を接種するのではなく、あらかじめ底に菌接種するというより容易な接種方法

昆虫寄生菌 *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium* spp.) によるダイコンパーティシリウム黒点病の生物防除が可能であり、資材化に向けて有効であると考えられる。

一方、圃場においては B-2、C-1 の各菌株処理区間での区画ごとのバラつきは少なかったが、その他の菌株でバラつきが多かったため、病原菌単独処理区と比較して防除効果の有意な差は認められなかった。ばらつきが多かったのは、圃場内で *V. dahliae* 濃度が異なっていた可能性があると考えられる。その結果として、北から 3・4 ベッド目は全体の発病率が高く、各菌株間のばらつきが大きくなった。またその他の理由としては、圃場の土壌中における多くの細菌や菌類などの微生物、地上部における多くの微生物や昆虫などの様々な生物が関係し、それらが作用した区画としていない区画での差によるものと考えられる。圃場での病気による作物の損害は 1 つの病原体のみでなく、いくつかの組み合わせで引き起こされることが多く (Sherf et al., 1986)、今回の試験ではダイコンの軟腐病と併発しているダイコンが多く確認された。また、実験室または室内試験での効果が圃場ではほとんど発揮されず、実用性が認められない現状にあるのは投入された微生物が土壌中で安定しないためと考えられている (木嶋ら、1988)。しかしながらデータのばらつきが大きかった菌株があったものの、明らかに発病を抑制している菌株もあったことから、よりよい菌株を選抜し、*V. lecanii* の土壌中での安定化をはかることで生物防除資材と成り得る可能性は十分にあると考えられる。今後はダイコンの根面、根内、そして根圏への定着性試験など資材化に向けてより多面的な研究が必要であろう。

V. lecanii は土壌中においても十分に生存できると報告されている (Beyer et al., 1997)。本論文の全ての試験を通して、*V. lecanii* の土壌接種で発病・病徴抑制効果が確認された。各試験で最も防除効果のある *V. lecanii* 菌株は異なり、一概に特定の菌株がダイコンパーティシリウム黒点病を防除するのに最も効果的であると断定することはできない。しかし、*V. lecanii* 菌株間での差は圃場試験での発病株率以外は少なく、全ての *V. lecanii* 菌株において本病抑制効果傾向が確認されたことから *V. lecanii* はダイコンパーティシリウム黒点病に対する防除資材としての可能性を秘めていることが示唆される。今後、圃場での *V. lecanii* 適応能力の強化や防除効果の向上に対する研究など、多方面か

らの検討が必要ではあるが、本研究から *V. lecanii* の生物防除資材としての潜在能力を確認すると共に、植物病原菌 (*V. dahliae*) に対する防除資材としての実用化に向けて、*V. lecanii* は有望であると考えられる。

引用文献

- Aiuchi, D., Koike, M., Tani, M., Kuramochi, K., Sugimoto, M. and Nagao, H. (2004) Protoplast fusion, using nitrate non-utilizing (nit) mutants in the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium* spp.). IOBC/wprs Bull. 27 (8):127-130
- Barranco, J. E., Alatorre, R., Gutierrez, M., Viniegra, G. and Saucedo, G. (2002) Criteria for the selection of strains of entomopathogenic fungi *Verticillium lecanii* for solid state cultivation. Enzyme and Microbial Technology 30:910-915
- Beyer, P. U., Hirte, W. F. and Sermann, H. (1997) The behavior of entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas in soil, I. Viability in soil at different ecological conditions. Plant Dis. Protec. 104(1):65-74
- Dong, .Z., Zhang, X. K., Choen, Y., Zhou, Y., Li, W. J. and Li, Z. H. (2006) Dry mycelium of *Penicillium chrysogenum* protects cotton plants against wilt disease and increase yield under field conditions. Crop Protec. (in press)
- Hall, R. A. (1984) Epizootic potential for aphids of different isolates of the fungus *Verticillium lecanii*. Entomophaga 29:311-321
- 原田幸雄・古枝知也・村田和俊 (1997) *Verticillium dahliae* Klebahn によるシナノキおよびヤマモミジの半身萎凋病 (新称) について 日植病報 63:345-350
- 橋本光司 (1989) ナス半身萎ちよう病に関する研究 埼玉園試特別研報 2:11-29
- 東尾俊基・小池正徳・杉本みどり・檜山直美・秋川寛典・長尾英幸 (2002) *Verticillium lecanii* の葉面定着能力 日植病報 68:202-203

- 飯嶋勉 (1983) トマト半身萎ちょう病に関する研究 東京農試研報 16 : 63-128
- 勝部和則・赤坂安盛 (1997) 非病原性 *Fusarium oxysporum* 利用によるハウレンソウ萎ちょう病の防除 日植病報 63 : 389-394
- Karagiannidis, N., Bletsos, F. and Stavropoulos, N. L. (2002) Effect of *Verticillium dahliae* (Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. Sci. Horticult. 94 : 145-156
- Kawai, A., Kusunoki, K., Aiuchi, D., Koike, M., Tani, M. and Kuramochi, K. (2006) Biological control of *Verticillium* black spot of Japanese radish using *Bacillus* spp. and genotypic differentiation of selected antifungal *Bacillus* strains with antibiotic marker. Res. Bull. Obihiro Univ. (27:49~58)
- 木嶋利男・天谷正行・郷間秀夫・米内貞夫・大橋一夫・生井潔・須永哲央・小栗尚子・橋田弘一・熊田鉄丈・小林光子 (1995) 組織内共生微生物を用いた生育及び病害の制御 栃木県農試研報 43 : 47-86
- 木嶋利夫・有江力・木村栄・峯岸長利・手塚紳浩・橋田弘一・福田充 (1988) 抗菌微生物の利用に関する研究 栃木県農試研報 35 : 95-128
- 北沢健治・鈴井孝仁 (1980) *Verticillium dahliae* Klebahn による各種作物の半身萎ちょう病 日植病報 46 : 267-270
- Koike, M., Higasio, T., Komori, A., Akiyama, K., Kishimoto, N., Masuda, E., Sasaki, M., Yoshida, S., Tani, M., Kuramochi, K., Sugimoto, M. and Nagao, H. (2004) *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium* spp.) as epiphyte and its application to biological control of arthropod pests and diseases. IOBC/wprs Bull. 27(8):41-44
- 小松 勉・角野晶大・北畠国昭・柳山浩之 (2001a) ダイコンバーティシリウム黒点病に対するダズメット粉粒剤の防除効果 (3) 根雪前無被覆処理の効果 北日本病虫研報 52 : 53-55
- 小松 勉・角野晶大・北畠国昭・柳山浩之 (2001b) ダイコンバーティシリウム黒点病に対するダズメット粉粒剤の防除効果 (4) マルチ畦内処理と抵抗性品種の組み合わせ効果 北日本病虫研報 52 : 56-58
- 森田儔 (1983) 花きのバーティシリウム病 植物防疫 37 : 117-120
- Sherf, A. F and MacNab, A. A. (1986) Vegetable Diseases and Their Control. Wiley, New York 728pp
- Steventon, L. A., Okori, P., Dixelius, C. (2001) An Investigation of the Susceptibility of *Arabidopsis thaliana* to Isolates of Two Species of *Verticillium*. J. Phytopathol. 149:395-401
- Sugimoto, M., Koike, M., Hiyama, N. and Nagao, H. (2003) Genetic, morphological, and virulence characterization of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*. J. Invertebr. Pathol. 82:176-87.
- 角野晶大・北畠国昭・柳山浩之・田中民夫・佐々木高行 (2001a) ダイコンバーティシリウム黒点病に対するダズメット粉粒剤の防除効果 (1) 処理量と処理深度 北日本病虫研報 52 : 45-48
- 角野晶大・北畠国昭・佐々木高行・柳山浩之・小松 勉・田中民夫 (2001b) ダイコンバーティシリウム黒点病に対するダズメット粉粒剤の防除効果 (2) 三重ポリエチレンフィルムを用いたマルチ畦内処理 北日本病虫研報 52 : 49-52
- Tjamos, E. C., Tsitsigiannis, D. I. and Tjamos, S. E. and Antoniou, P. P. (2004) Selection and screening of endorhizosphere bacteria from solarized soils as biocontrol agents against *Verticillium dahliae* of solanaceous hosts. Plant Pathol. 110:35-44
- Verhaar, M. A., Hijwegen, T. and Zadoks, J. C. (1996) Glasshouse experiments on biocontrol of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by the mycoparasites *Verticillium lecanii* and *Sporothrix rugulosa*. Biol. Cont. 6:353-360

ABSTRACT

Seven strains of *Verticillium lecanii* were tested for their capacity to control *Verticillium* black-spot of Japanese radish caused by *Verticillium dahliae* under greenhouse condition and *V. dahliae* infested field. The effect of disease suppression and symptoms suppression with *V. lecanii* were investigated. In first greenhouse test, Japanese radish plant inoculated with *V. lecanii* conidia showed significant decrease in disease severity compared to those of *V. dahliae* inoculated control plant. Especially, the highest protection resulted with B-2, which gave 31.4% protected efficiency. In second greenhouse test using *V. lecanii* grown in wheat bran media, C-1 was more effective than other fungal treatments in reducing the disease severity. In field test, the protective effect of B-2 and C-1 were even greater than no treatment. Although A-2 was irregular in blocks, it showed a tendency to decrease in disease severity. These results suggest that *V. lecanii* has a greater potential as biocontrol agents against *Verticillium* black spot of Japanese radish.

Keywords; black spot of Japanese radish, *Verticillium dahliae*, *Verticillium lecanii*