

育苗圃の田畑輪換によるイチゴ萎凋病の防除

千葉県農林総合研究センター暖地園芸研究所 ^{えびはら}海老原 ^{よしゆき} 克介・^{うなまつ}植松 ^{せいじ} 清次*

はじめに

田畑輪換または湛水処理による病害防除については様々な研究が行われ、その有効性が報告されている (MOORE, 1949; STOVER et al., 1953; 野村・孫工, 1987; 田中ら, 1993)。圃場における防除効果を実証された例としては、ダイズ黒根腐病 (西ら, 1994)、タバコ立枯病 (田中ら, 1979)、トマト褐色根腐病 (鈴木ら, 1979)、レタス菌核病 (孫工, 1978 a; 1978 b) 等の報告がある。しかし、これらの研究の中で、処理期間中における病原菌密度の減衰を定量的に調査した研究例は少ない。

Verticillium dahliae に関しては、トマト半身萎凋病 (内田ら, 1981)、ナス半身萎凋病 (田中・草刈, 1987; 橋本, 1989)、ワタ半身萎凋病 (PULLMAN and DeVAY, 1981) において、湛水または水稲 (またはヒエ) を作付けすることによって発病を大幅に軽減できたことが報告されている。PULLMAN and DeVAY (1981) がワタ半身萎凋病の発生圃場を 17 週間湛水して微小菌核密度を経時的に調査したところ、湛水単独処理では処理前の 9% の微小菌核が生存していたが、水稲作付け区では本菌が検出されなかった。また、橋本 (1989) によると、防除効果は湛水期間中の温度条件に影響を受けるとされ、PULLMAN and DeVAY (1981) も冬季低温時の湛水処理では効果が認められなかったとしており、気温や水温の違いにより十分な防除効果が得られない可能性が指摘されている。

上記のように、田畑輪換や湛水処理が各種土壌病害の防除に有効であるとする報告がある一方、*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* および *Ralstonia solanacearum* に対しては十分な防除効果が認められなかったという報告もある (駒田ら, 1970)。圃場における田畑輪換や湛水処理の防除効果には、病原菌の種類や環境条件等の様々な要因が複合的に影響を及ぼすと考えられる。現地において、田畑輪換を防除対策として導入する場合は、条件の異なる地域での試験結果をそのまま適用できず、地域の状況に応じた作付け体系を確立する

ことが必要であると考えられる。

本稿では、育苗圃の田畑輪換によるイチゴ萎凋病の防除について、研究を始めるに至った経緯および研究により得られた知見 (EBIHARA et al., 2010) を紹介する。

I 北海道におけるイチゴリレー苗生産

千葉県では、1998 年前後に *Colletotrichum gloeosporioides* によるイチゴ炭疽病の発生が非常に大きな問題となっていた。千葉県安房農林振興センターが当時行った調査では、毎年管内のほとんどの生産者の圃場で発生が認められ、苗不足のために作付面積を減らさざるを得ない生産者も見られた。このため、炭疽病を回避する目的で、夏季冷涼で炭疽病の発生報告がなかった北海道に苗生産を委託するイチゴリレー苗生産 (高橋, 2000) に取り組んだ。ところが、1998 年に士幌町、99 年に女満別町に苗生産の試験委託を行ったところ、いずれにおいても *V. dahliae* による萎凋病が発生し、新たな問題となった。本病は、北海道での育苗中だけでなく、育苗中は外見上健全であっても千葉県の本圃定植後に発生する場合もあった。本圃での発病株率は、士幌産苗では 30.0% (3,000 株導入)、女満別産苗では 39.3% (5,129 株導入) であり、リレー苗生産を進めていくうえでの大きな障害となった。こうした状況であったにもかかわらず、リレー苗生産に対する千葉県内の生産者の期待は高く、引き続き北海道への生産委託を継続していくことが強く要望された。そこで、千葉県、北海道の関係機関が連携し、リレー苗生産における萎凋病対策の検討を開始した。

北海道での萎凋病対策として、圃場の施設化と高設栽培の導入、土壌消毒の実施等が検討されたが、いずれも労力の負担や生産コストの上昇が大きく、受託側と価格面での折り合いがつかなかった。そこで、大規模な露地圃場を低コストで簡易的に処理できる方法として、田畑輪換の防除効果を検討することになった。

II 田畑輪換によるイチゴ萎凋病の防除

1 水田転換畑の汚染状況の確認

北海道栗山町周辺の圃場における *V. dahliae* の汚染状況を調査した。調査は水田からの転換畑 (畑地化 1 年目) および露地永年畑より採取した土壌をプランターに詰め、そこにナス '千両 2 号' を定植し、生物検定を行った。

Control of *Verticillium dahliae* at a Strawberry Nursery by Puddy-Upland Rotation. By Yoshiyuki EBIHARA and Seiji UEMATSU

(キーワード: *Verticillium dahliae*, 田畑輪換, イチゴ)

* 現所属: 千葉県農林総合研究センター病害虫防除課

約2か月間栽培後、ナスの胚軸部分より本菌の分離を試み、本菌が検出された圃場を汚染圃場とした。なお、生物検定については、イチゴ‘章姫’よりもナス‘千両2号’のほうが本菌に対する感受性が高く、微小菌核が1個/乾土1g以上で発病が認められたため、本試験ではナスを検定植物として用いた。

その結果、転換畑17圃場では本菌が全く検出されなかったのに対し、永年畑では調査した7圃場中6圃場から本菌が検出された(表-1)。また、対照として用いた土幌町、女満別町および所内人工汚染圃場では、すべての圃場から本菌が検出された。

2 水田における *V. dahliae* の生存期間

栗山町の転換畑は本菌に汚染されている可能性は非常に低いが、周辺の永年畑は高率に汚染されていることが明らかとなり、周辺圃場からの再汚染が懸念された。そこで、万一圃場が汚染されてしまった場合、何年間水稲を作付けすれば再びイチゴを作付けできるようになるかを明らかにするため、水田における本菌の生存期間を調査した。試験は栗山町の水田で行った。また、同様の試験を千葉県においても実施した。ポリエチレン製の不織布に詰めた本菌の汚染土壌を水田に埋設し、適宜回収し

てナスによる生物検定により本菌の生存を判定した。さらにPPBK培地(角野, 1998)を用いた篩分け法(田村ら, 1985; 白石, 1988)により調査土壌中の微小菌核密度を調査した。

栗山町で行った試験では、生物検定の結果、水稲1作(1年間)後には8.3%の株で発病が認められたが、水稲を2作(2年間)作付けることにより発病が認められなくなった(表-2)。微小菌核密度は、水稲1作後には2.0個/乾土1g、2作後には0.3個/乾土1gまで減少したが、完全には死滅していなかった(図-1)。

千葉県で行った試験では、水稲1作後には検定植物に発病は認められず(表-3)、菌密度も0.1個/乾土1gにまで減少していた(図-2)。

表-1 北海道の転換畑および永年畑における *Verticillium dahliae* の汚染状況

採取場所	圃場の種類	調査圃場数	<i>V. dahliae</i> 検出圃場数
栗山町	転換畑	17	0
栗山町	永年畑	7	6
土幌町	永年畑	2	2
女満別町	永年畑	1	1
所内 ^{a)}	永年畑	4	4

^{a)} 暖地園芸研究所(千葉県館山市)内の人工汚染圃場。

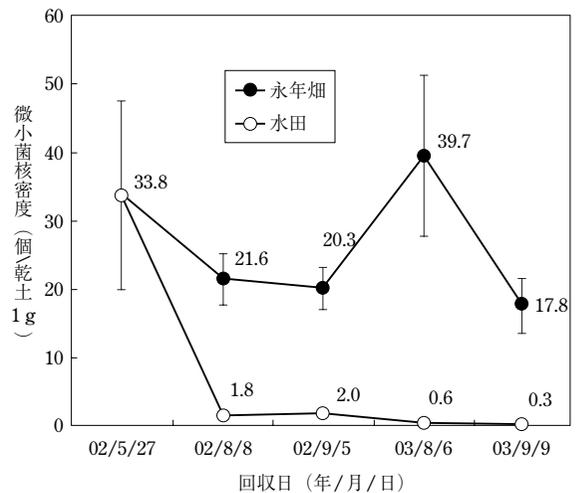


図-1 北海道の水田および永年畑における *Verticillium dahliae* 微小菌核密度の推移
図中のエラーバーは標準誤差を示す。

表-2 北海道の水田における *Verticillium dahliae* の生存

圃場の種類	供試個体数	処理前	分離株率 (%) ^{a)}			
			1作目(2002年)		2作目(2003年)	
			8/10 ^{b)}	9/11	8/9	9/5
水田	24	100	33.3	8.3	0.0	0.0
永年畑	8	100	100.0	100.0	100.0	87.5

汚染土壌は2002年5月27日に埋め込んだ。水田は、いずれの年も5月10日から8月20日まで湛水した。5月21日に‘きらら397’を定植し、9月22日に収穫した。回収した土壌は、9cmポットに詰め、ナス‘千両2号’を定植して約3か月間栽培後、胚軸部分より *V. dahliae* の分離を行って感染株率を調査した。^{a)} *V. dahliae* が分離された検定植物の割合、^{b)} 埋設土壌サンプルの回収日(月/日)。

表-3 千葉県の水田における *Verticillium dahliae* の生存

圃場の種類	供試個体数	処理前	分離株率 (%) ^{a)}					
			回収日 (月/日) ^{b)}					
			6/3	6/16	6/28	7/11	7/26	8/15
水田	16	100.0	100.0	50.0	25.0	0.0	0.0	0.0
永年畑	8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

汚染土壌は2002年4月9日に埋め込んだ。水田は4月10日～8月15日まで湛水した。4月30日に‘コシヒカリ’を定植し、8月30日に収穫した。回収した土壌は、9cmポットに詰め、ナス‘千両2号’を定植して約3か月間栽培後、胚軸部分より *V. dahliae* の分離を行って感染株率を調査した。a) *V. dahliae* が分離された検定植物の割合、b) 埋設土壌サンプルの回収日 (月/日)。

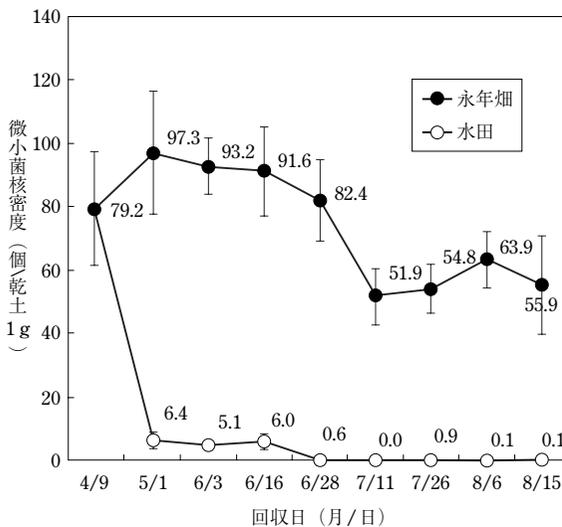


図-2 千葉県の水田および永年畑における *Verticillium dahliae* 微小菌核密度の推移
図中のエラーバーは標準誤差を示す。

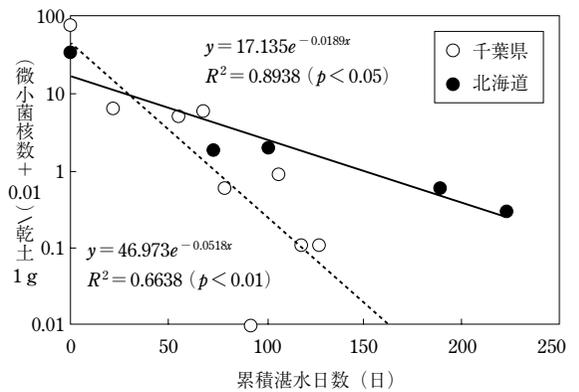


図-3 水田の湛水期間と *Verticillium dahliae* 微小菌核密度との関係

以上の結果、北海道の水田における本菌の減少率(図-3)から、仮に微小菌核密度が100個/乾土1gであってもイチゴやナスの発病に要する菌密度(1個/乾土1g)未満に減少するまでの年数を算出し、栗山町における輪作体系として水稲3作(3年)以上、イチゴ苗床(1年)を提案した。

本試験において、水田での本菌微小菌核の減少率は北海道と千葉県で異なっていた。この違いは、気象条件、土質、土壌中の有機物含量等の様々な要因によるものと考えられたが、詳細についてはさらに検討が必要である。

3 田畑輪換による萎凋病防除の実証

2000～07年に栗山町の転換畑および輪換畑、01～02年に千葉県内の汚染圃場において、萎凋病防除の実



図-4 北海道におけるイチゴリレー苗(無仮植苗)栽培

証試験を行った。北海道では、水稲を3年以上作付けした圃場にイチゴ親株を定植し、苗の増殖を行った(図-4)。2005年以降はイチゴ作付け後に提案した輪作体系を実践し、再びイチゴを作付けした圃場(輪換畑)を加

えて試験を行った。試験期間の8年間に延べ72圃場(約16.9ha)において合計35,531株の親株を定植し、2,658,826株の苗を育苗した。これらの苗は千葉県の本圃に定植されたが、本病の発生は全く認められなかった(表-4)。北海道においては、汚染圃場を用いた防除試験を実施することができなかったが、これらの試験により田畑輪換圃場を利用することで周辺圃場からの汚染を防止できることが明らかとなった。

千葉県内の汚染圃場を用いて行った試験では、水稻1作後にイチゴを定植したところ、本病の発生は認められなかった(表-5)。

III イチゴ無病苗生産における田畑輪換技術の普及

本試験結果から、田畑輪換は本病に対して有効な防除対策であることが実証され、北海道におけるイチゴリレ

ー苗生産を安定して継続していくことが可能となった。現地では、イチゴ作付け前に転換畑の土壌物理性の改善を目的としてエンバクの栽培とすき込みが行われており、実際には水稻3作(3年)、エンバク(1年)、イチゴ苗床(1年)の輪作が行われている。現在、千葉県には毎年50万株を超えるリレー苗が導入されているが、本病の発生は認められていない。その後、千葉県では安房苺苗委託組合、北海道では栗山町苺苗生産組合が生産者によって設立され、両者の間で苗生産の受委託が行われている。特筆すべき点として、安房苺苗委託組合では、リレー苗における病害発生防止のため、「(北海道に病害を)持ち込まない」、「(北海道で病害を)増やさない」、「(北海道から病害を)持ち帰らない」というリレー苗の三原則を掲げ、JAや県等の関係機関および受託側(栗山町苺苗生産組合、北海道の関係機関)と十分な連携を取り、病害の検定に取り組んでいる。特に、炭疽病は

表-4 北海道で育苗されたイチゴにおける萎凋病の発生状況

圃場の種類	調査年	発病株数/調査株数 (発病株率：%)			
		北海道 育苗圃		千葉県 本圃	
		親株	苗	圃場調査	聞き取り調査
転換畑 (一部輪換畑 を含む)	2000	0/ 820 (0.0)	0/ 47,200 (0.0)	0/ 47,200 (0.0)	—
	2001	0/2,200 (0.0)	0/116,741 (0.0)	0/116,741 (0.0)	—
	2002	0/4,205 (0.0)	0/262,336 (0.0)	0/184,489 (0.0)	0/ 73,771 (0.0)
	2003	0/5,172 (0.0)	0/342,462 (0.0)	0/245,820 (0.0)	0/126,230 (0.0)
	2004	0/5,731 (0.0)	0/385,454 (0.0)	0/286,080 (0.0)	0/ 95,214 (0.0)
	2005	0/4,628 (0.0)	0/454,984 (0.0)	0/283,830 (0.0)	0/165,420 (0.0)
	2006	0/6,030 (0.0)	0/489,915 (0.0)	0/264,850 (0.0)	0/218,320 (0.0)
露地永年畑	2007	0/6,745 (0.0)	0/559,734 (0.0)	0/322,384 (0.0)	0/229,160 (0.0)
	2000	125/ 500 (25.0)	0/ 196 (0.0)	34/ 196 (17.3)	—
	2001	55/ 67 (82.1)	0/ 92 (0.0)	68/ 92 (73.9)	—
	2002	11/ 16 (68.8)	0/ 33 (0.0)	13/ 33 (39.4)	—
	2003	10/ 40 (25.0)	0/ 38 (0.0)	5/ 38 (13.2)	—

表-5 千葉県における田畑輪換のイチゴ萎凋病に対する防除効果

圃場の種類	調査年	親株				苗			
		発病株数 (%) ^{a)}		感染株数 (%) ^{b)}		発病株数 (%) ^{a)}		感染株数 (%) ^{b)}	
		発病株数 (%) ^{a)}	感染株数 (%) ^{b)}	発病株数 (%) ^{a)}	感染株数 (%) ^{b)}	発病株数 (%) ^{a)}	感染株数 (%) ^{b)}		
輪換畑	2001	0/51 (0.0)	0/51 (0.0)	0/296 (0.0)	0/296 (0.0)	0/296 (0.0)	0/296 (0.0)		
	2002	0/52 (0.0)	0/52 (0.0)	0/100 (0.0)	0/100 (0.0)	0/100 (0.0)	0/100 (0.0)		
永年畑	2001	20/32 (62.5)	10/32 (31.3)	33/ 92 (35.9)	65/252 (25.8)				
	2002	29/64 (45.3)	36/64 (56.3)	10/ 33 (30.3)	10/ 33 (30.3)				

両年とも4月9日に、稲わらで培養した *Verticillium dahliae* の微小菌核を深さ約15cmまで混和して接種した。水田は4月10日～8月15日まで湛水した。4月30日に‘コシヒカリ’を定植し、8月30日に収穫した。イチゴ親株を水稻収穫後の9月に定植し、翌春4月まで栽培した後、親株と苗における発病を調査した。^{a)} 発病株数/調査株数、^{b)} 感染株数/調査株数。

はじめとする各種の病害を北海道に持ち込まないようにするため、無病親株の確保、北海道に送付する親株すべてについて検定を行う等の対策を実施している。

近年、炭疽病の発生が再び全国的に問題となってきており、さらに生産者の高齢化も進んでいるため、炭疽病の回避、育苗労力の軽減が見込めるリレー苗の需要は今後さらに増加するものと考えられる。

おわりに

田畑輪換（湛水処理）による病害防除技術は、土壤処理剤を用いずに大規模な露地圃場を低コストで簡易的に処理できる方法であり、環境への影響が少ない極めて有効な防除技術であると言える。さらに、病害だけでなく線虫類（田中ら、1975）や雑草（野口、1992）の防除にも有効であるとされており、環境保全型農業の実践が求められる中、効果の確認ばかりでなく、その有効性を科学的に再評価する必要がある。

実用場面においては、転換畑は土壤の静菌作用が畑土壤よりも弱いとする報告（松田ら、1979）があるため、アズキ茎疫病のように排水不良の転換畑で発生が多い（土屋・児玉、1978）とされる他病害の発生や、転換畑におけるラジノクロバ白絹病の発生について木谷ら（1968）が考察しているように、圃場周辺からの病原菌による再汚染などについても留意する必要がある。

上述したように、従来の報告では田畑輪換や湛水処理の防除効果は、処理条件や方法、評価の仕方の違いにより結果等が異なることから、今後はさらにデータを積み上げ、技術的に普遍化していくことが必要であろう。作用機作については、土壤中の拮抗微生物（孫工、1978 b）、酸素の欠乏（STOVER, 1955）、揮発性物質の発生（OKAZAKI, 1985）等が報告されているが、未解明の部分が多い。近年、太陽熱消毒を行う際にふすまなどの易分解性有機物を圃場にすき込んだり、エタノールを投入したりする土壤還元消毒法が注目され、種々の病害に対する防除効果や作用機作が研究されている（MOMMA, 2008；植松ら、2008；KATASE et al., 2009）。これらの作

用機作については、田畑輪換や湛水処理とも共通する部分が多いと思われる。これらの研究の進展により、田畑輪換や湛水処理等の作用機作が解明され、本技術の普及がさらに進むことが期待される。

本研究を行うにあたり多大なご協力を賜った元北海道農政部農業改良課の有村利治氏、北海道立総合研究機構花・野菜技術センターの川岸康司氏、同中央農業試験場の角野晶大氏、同道南農業試験場の新村昭憲氏、群馬県農業技術センターの白石俊昌氏、酒井宏氏、北海道空知農業改良普及センター空知南東部支所、そらち南農業協同組合、栗山町苺苗生産組合、千葉県安房農林振興センター、安房農業協同組合および安房苺苗委託組合の皆様にも厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) EBIHARA, Y. et al. (2010): JGPP 76: 7 ~ 20.
- 2) 橋本光司 (1989): 埼玉園試特報 2: 1 ~ 110.
- 3) KATASE, M. et al. (2009): Nematological Research 39: 53 ~ 62.
- 4) 木谷清美ら (1968): 四国農試験報 18: 139 ~ 160.
- 5) 駒田 且ら (1970): 東海近畿農業試験場研究報告 20: 151 ~ 166.
- 6) 松田 明ら (1979): 茨城農試研報 20: 17 ~ 30.
- 7) MOMMA, N. (2008): JARQ 42: 7 ~ 12.
- 8) MOORE, W. D. (1949): Phytopathology 39: 920 ~ 927.
- 9) 西 和文ら (1994): 関東東山病虫研報 41: 51 ~ 54.
- 10) 野口勝可 (1992): 雑草研究 37: 1 ~ 7.
- 11) 野村良邦・孫工弥寿雄 (1987): 九病虫研会報 33: 62 ~ 65.
- 12) OKAZAKI, H. (1985): Ann. Phytopath. Soc. Japan 51: 264 ~ 271.
- 13) PULLMAN, G. S. and J. E. DeVAY (1981): Phytopathology 71: 1285 ~ 1289.
- 14) 白石俊昌 (1988): 土と微生物 31: 67 ~ 69.
- 15) 孫工弥寿雄 (1978 a): 農業及び園芸 53: 1255 ~ 1259.
- 16) ——— (1978 b): 同上 53: 1373 ~ 1378.
- 17) STOVER, R. H. et al. (1953): Soil. Sci. 76: 225 ~ 238.
- 18) ——— (1955): ibid. 80: 397 ~ 412.
- 19) 角野晶大 (1998): 日植病報 64: 581 (講要).
- 20) 鈴木徹司ら (1979): 静岡農試研報 24: 23 ~ 32.
- 21) 高橋傳吉 (2000): イチゴ一歩先を行く栽培と経営, 全国農業改良普及協会, 東京, p.191 ~ 195.
- 22) 田村 修ら (1985): 日植病報 51: 111 (講要).
- 23) 田中 寛・草刈真一 (1987): 大阪農技セ研報 24: 37 ~ 41.
- 24) 田中欽二ら (1993): 日植病報 59: 721 (講要).
- 25) 田中行久ら (1975): 土と微生物 17: 17 ~ 28.
- 26) ———ら (1979): 宇都宮たばこ試験場特別報告 1: 57 ~ 64.
- 27) 土屋貞夫・児玉不二雄 (1978): 植物防疫 32: 357 ~ 360.
- 28) 内田 勉ら (1981): 関東東山病虫研報 28: 48.
- 29) 植松清次ら (2008): 日植病報 74: 46.