

ミニ特集：オルピディウム菌媒介ウイルス病対策

施肥法改善を基幹としたチューリップ微斑モザイク病と条斑病の総合防除対策

富山県農林水産総合技術センター園芸研究所 ^{もりわき} 森脇 ^{じょうじ} 丈治*・^{もものい} 桃井 ^{かずみ} 千巳
 富山県農林水産総合技術センター農業研究所 ^{もり} 守 ^{かわ} 川 ^{とし} 俊 ^{ゆき} 幸

はじめに

チューリップ微斑モザイク病は、つぼみに退色した紡錘状の斑点あるいは開花後の花卉にスジ状の増色斑を、葉に不明瞭なモザイク症状を生じる。一方、チューリップ条斑病は葉に黄色ないし黄緑色の条斑が葉脈に沿って生じる。いずれも商品価値が低下し、微斑モザイク病では早枯れによって球根収量が約 10～30%低下する。

それぞれチューリップ微斑モザイクウイルス (*Tulip mild mottle mosaic virus*, TMMMV) およびチューリップ条斑ウイルス (*Tulip streak virus*, TuSV) が病原で、いずれもツボカビ類のオルピディウム菌 (*Olpidium virulentus*) によって媒介される。オルピディウム菌が本病のチューリップに感染することでウイルスを獲得し、そこから他の健全なチューリップに感染することでウイルスを伝搬して、これら病害が発生する。また、ウイルスを獲得した本菌の休眠胞子は土壤中で 10 年以上生存が可能で、いったん圃場が汚染されると、被害が長期化する。

したがって、健全な球根を健全な圃場に植付けることが両病害の発生を抑制するために重要である。そのために富山県ではチューリップの健全ロットの選定に血清反応を用いた Tissue blot immunoassay: TBIA 法によるウイルス検定が約 10 万株のチューリップで実施されている (守川ら, 2005)。

富山県のチューリップの球根栽培では、慣行的に球根専用複合肥料 (商品名フミンホスカ、N-P-K: 9-12-18) が 10 月の植付け前と 12 月に施用されてきたが、2009 年に省力化と環境負荷軽減を目的に基肥施用のみでよい施肥窒素利用率が高い肥効調節型肥料 (商品名バルブクイーン、LP30、N-P-K: 15-9-17) が開発された (井上, 2010)。その際、生産者間で微斑モザイク病の発生

に顕著な差があり、その理由の一つとして施肥の違いが考えられた。

そこで、まず施肥法の違いが両ウイルスのチューリップへの感染に与える影響について明らかにした。それを元に両病害の発病を抑え、慣行と同等の球根収量を確保できる施肥法を開発した。また、本施肥法を基幹にして抵抗性品種および農薬と組合せた総合防除技術を開発したので紹介する。

本研究は、農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「根圏環境制御による土壌菌媒介性ウイルス病害の発病抑制技術の開発」および持続型農業技術開発指定試験「難防除土壌伝染性ウイルスの耕種的・生物的制御技術の開発」において実施したものである。

I 施肥がウイルスの感染に与える影響

施肥法の違いが両ウイルスの発生に与える影響を明らかにするため、フミンホスカ (慣行) とバルブクイーンをそれぞれ施用して無病球根 (‘ラッキーストライク’) を植付け、開花期に花茎を採集し TBIA により両ウイルス感染率を調査・比較した。その結果、バルブクイーンを施用した場合、慣行のフミンホスカを施用する場合と比較して TMMMV で 31～50%、TuSV で 38～61% 感染率が減少していた (図-1)。このことから、施肥法の違いが両ウイルスの感染率に影響することが明らかになった。

具体的に肥料のどの成分がウイルス感染に影響しているかを調べるため、窒素 (N)・リン酸 (P)・カリ (K) が慣行施肥と同量となるよう硫酸、過石、塩化カリを施用してウイルス感染率を比較した。その結果、単肥を混合して NPK が同量となるよう施用しても慣行施肥と同様のウイルス感染率であったが、N を施用せず、PK が同量となるよう施用すると明らかに両ウイルス感染率が低下した (図-2)。つまり、硫酸を施用せず、過石および塩化カリのみ施用して球根を植付けると、慣行施肥と比較して TMMMV で 25%、TuSV で 34% 感染率が減少した。このことからフミンホスカの成分のうち、窒素成分が土壌からのウイルス感染に影響していると考えられた。

Integrated Management of Tulip mild mottle mosaic Disease and Tulip streak Disease Based on the Method of Fertilizer Application.
 By Jouji MORIWAKI, Kazumi MOMONOI and Toshiyuki MORIKAWA

(キーワード: オルピディウム, 菌媒介ウイルス病, 耕種の防除, 肥培管理, 窒素肥料)

* 現所属: 農研機構 九州沖縄農業研究センター

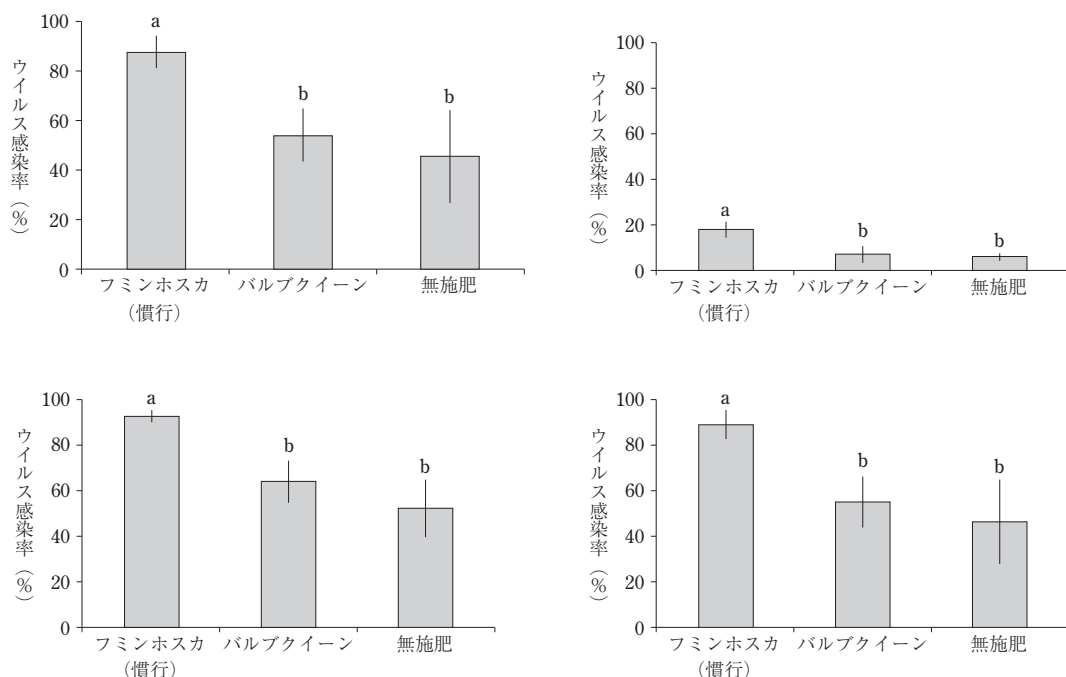


図-1 肥料の種類がチューリップ微斑モザイクウイルス (TMMMV) および条斑ウイルス (TuSV) の感染率に与える影響

(上段) 2009 年検定 (n = 72), (下段) 2011 年検定 (n = 51),

(左列) TMMMV 感染率, (右列) TuSV 感染率. 同一英字は Tukey 法 (5%) で有意差なし.

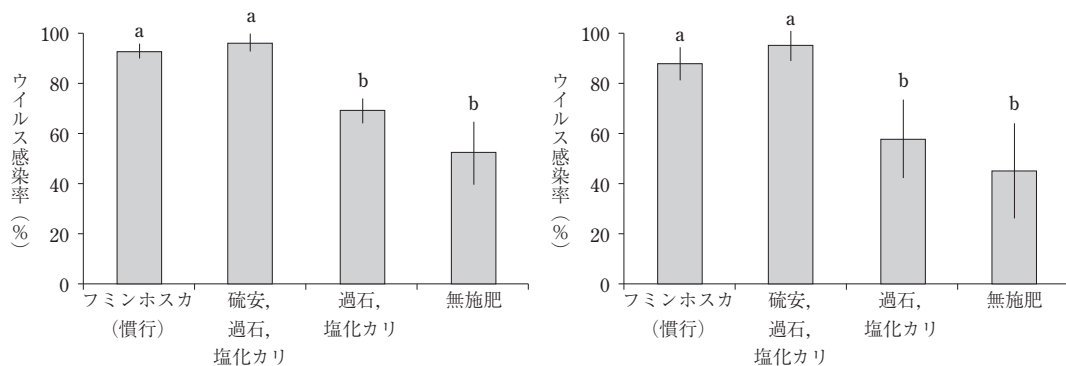


図-2 肥料成分がチューリップ微斑モザイクウイルス (TMMMV) および条斑ウイルス (TuSV) の感染率に与える影響 (n = 51)

(左) TMMMV 感染率, (右) TuSV 感染率.

硫酸, 過石, 塩化カリは慣行と窒素, リン酸, カリウムが同量となるよう混合して施用した.

同一英字は Tukey 法 (5%) で有意差なし.

慣行では基肥と 12 月追肥を行っており, どちらがウイルス感染に影響しているか調べたところ, TMMMV ではフミンホスカを基肥のみ施用した場合でも慣行施肥と同様の感染率であったが, 12 月施肥のみでは明らかに感染率が低下し, 施肥しない場合と同様の感染率であ

った (図-3)。一方で, TuSV では慣行施肥の感染率が 12.3% と低く, 施肥時期の違いで感染率に明らかな違いはなかった。ただし, 12 月施肥のみや無施肥の場合は TuSV の感染は確認できなかった。このことから植付け初期の肥効が感染に強く影響していると考えられた。

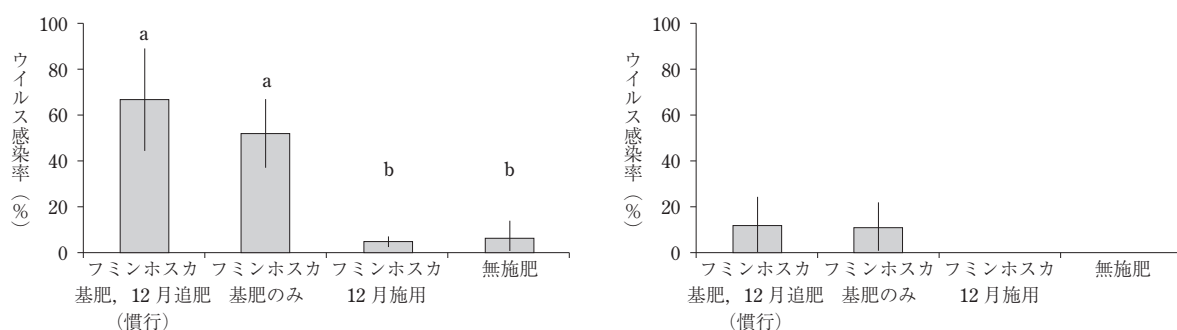


図-3 施肥時期がチューリップ微斑モザイクウイルス (TMMMV) および条斑ウイルス (TuSV) の感染率に与える影響 (n = 27)
(左) TMMMV 感染率, (右) TuSV 感染率. 同一英字は Tukey 法 (5%) で有意差なし.

表-1 施肥法の違いが球根収量に与える影響

処理 a)	黄小町		ピンク ダイヤモンド		バレリーナ	
	主球重 (指数)	肥大 程度 b)	主球重 (指数)	肥大 程度	主球重 (指数)	肥大 程度
フミンホスカ (60, 20)	100.0	73	100.0	31	100.0	62
フミンホスカ (0, 20)	67.8	68	102.4	33	96.0	60
フミンホスカ (0, 40)	96.7	68	98.2	34	103.7	69
フミンホスカ (0, 60)	102.5	75	117.6	44	103.9	67

a) カッコ内は球根専用肥料フミンホスカの 10 a 当たりの施用量 (kg), (基肥量, 12 月施用量).

b) 100 株当たりに換算したサイズごとの主球数にそれぞれの係数を乗じた和.
売上高 = 単価 × 収獲球数 × 肥大程度 ÷ 100.

以上のように, 施肥法の違いがオルピディウム菌を介した両ウイルスの感染率に影響を与えることが明らかになった。特に肥効調節型肥料の施用もしくは 12 月施肥により, 窒素成分の初期の肥効を抑制することで, 両ウイルスの感染を抑制できると考えられた。

II 実用的な施肥による発病抑制技術の開発

窒素成分の肥効を遅らせることにより, 両病害の発生を抑制できることが明らかになったが, 窒素成分の単純な減量は球根収量の低下を招く。また, チューリップには 6,000 品種以上があり, 富山県でも 600 品種以上栽培しており, 本技術が品種によって適応可能かは不明である。

そこで, 県内で出荷球数の多い「黄小町」(微斑モザイク病抵抗性: 強, 条斑病抵抗性: 極弱), 「ピンクダイヤモンド」(極弱, 中), および「バレリーナ」(極強, 極強) を用いて現地圃場で施肥条件を変えて各品種の球根を植付け, 開花期の両ウイルス感染率および球根収量を調査した。慣行ではフミンホスカ (アンモニア態窒素 9%) を基肥として 10 a 当たり 60 kg 施用し, 12 月に 20 kg

追肥している。本試験では, フミンホスカを植付け前には施用せず, 12 月に 10 a 当たり 20 kg, 40 kg または 60 kg 施用とした。

その結果, 品種のウイルスに対する抵抗性に応じて感染率に違いはあったが, いずれの品種においても両ウイルス感染率は, フミンホスカの 12 月施用により慣行施肥と比較して減少した (データ略)。また, 12 月に施用したフミンホスカの量は, 開花期のウイルス感染率にはほとんど影響しなかった (データ略)。

球根収量については, 出荷球となる主球の重さと肥大程度 (単価に影響。100 株当たりの球周 12 cm 球根数に換算した値で示す。) に基づいて比較したところ, 品種によって違いはあったが, 12 月の施肥量に応じて主球重および肥大程度が増加する傾向があった (表-1)。フミンホスカの 12 月 20 kg/10 a 施用では, 「黄小町」の肥大程度は同等であったが, 主球重が十分ではなく慣行施肥の 68% にしかなかった。その他の品種においては, 12 月 40 kg/10 a 施用で主球重および肥大程度とも同等であった。このことから, 慣行施肥並の球根収量を

得るには 12 月にフミンホスカを 40 kg/10 a 以上施用すればよいと考えられた。

フミンホスカに含まれるアンモニア態窒素は 12 月に施用されると、砺波市では地温が 10℃ 以下のため、ほとんど硝化されず、アンモニア態のまま春まで土壌に残留し、地温の上昇とともに硝化されてチューリップの生育に利用されると考えられる。もともと基肥施用した肥料由来の窒素利用率は 29% であることがわかっている (井上, 2010)。また、窒素成分の肥効時期と球根収量の関係として、植付け直後の根系発達期や摘花後の球根肥大期の肥効を抑えても球根収量に影響しない (西井ら, 1963)。したがって、環境に多くが流亡する基肥をなくし、春に肥効があるように施用する 12 月施肥は理にかなっている。

III 総合防除マニュアルの作成

チューリップ微斑モザイク病と条斑病は、前述したように、いずれもオルピディウム菌が媒介するウイルス病であり、いったん感染すると治療法がないことから、植付けには健全な球根を用い、オルピディウム菌の感染を抑制することと罹病株を抜き取るのが防除の基本となる。

これまでに両病害の制御のために、栽培品種の抵抗性の解明、効果のある農薬の選抜、オルピディウム菌の感染時期の回避を目的とした遅植え栽培、抜き取りのための病徴指標の解明、抗血清を用いたチューリップのウイルス診断技術 (TBIA 法) の開発、圃場の汚染低減のための輪作作物 (クリーニングクロップ) の選定などを行

ってきた (守川ら, 2004)。そして、新たに施肥法改善による発病抑制技術を開発した。

そこで、新しい施肥法が従来の制御技術である抵抗性品種利用と農薬 (フロンサイド) の土壌混和と組合せることができるか現地試験を行った (表-2)。感受性品種 ‘ピンクダイヤモンド’ を慣行施肥で栽培すると TMMMV が 70.1%, TuSV が 38.8% 感染する条件で、抵抗性品種 ‘バレリーナ’ を植付け前にフロンサイド水和剤を土壌混和し、フミンホスカを基肥なし、12 月 40 kg/10 a 施用することで両ウイルスの感染を完全に抑えることができた。球根収量も慣行施肥と同等以上にあり、本施肥技術を核とした総合防除技術の実用性が証明された。

富山県で今までに開発した両病害の防除技術を農業指導者向けに「チューリップ微斑モザイク病および条斑病の総合防除マニュアル」としてまとめた。内容は、チューリップ微斑モザイク病および条斑病の病徴と発生生態、防除対策、特に施肥法改善による発病抑制技術および総合防除の例について、巻末に約 600 品種の両病害に対する抵抗性の表を付けている。

富山県農林水産総合技術センター園芸研究所のウェブサイト (<http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/engei/>) には、チューリップ病害虫データベースとして、チューリップに発生する病害の診断と防除のポイントを栽培時期ごとに、また病害ごとにまとめるとともに、微斑モザイク病については品種ごとの病徴やその出現部位、微斑モザイク病と条斑病に対する品種の抵抗性程度をデータベース化し公開している (森脇ら, 2012)。本マニュアルも同

表-2 施肥法改善と農薬による体系処理がウイルス感染率と球根収量に与える影響

品種	処理 ^{a)}	ウイルス感染率 (%)		主球重 (指数)	肥大 程度 ^{b)}
		微斑モザイク ウイルス	条斑ウイルス		
ピンクダイヤモンド (極弱, 中) ^{c)}	慣行施肥	70.1	38.8	100	31
	BQ 36 kg 施用	46.1	21.6	95	28
	12 月 40 kg 施用	37.5	17.2	98	34
	12 月 40 kg 施用 + 農薬	3.0	3.1	116	48
バレリーナ (極強, 極強)	慣行施肥	2.2	0.7	100	62
	BQ 36 kg 施用	1.4	0.0	95	56
	12 月 40 kg 施用	0.9	0.0	104	69
	12 月 40 kg 施用 + 農薬	0.0	0.0	103	71

^{a)} 慣行施肥: 球根専用肥料フミンホスカ基肥 60 kg/10 a, 12 月追肥 20 kg/10 a, BQ 施用: 球根専用肥効調節型肥料バルブクイーン基肥 36 kg/10 a 施用, 12 月施用: フミンホスカ 12 月 40 kg/10 a 施用, 農薬: フロンサイド水和剤植付け前土壌混和。

^{b)} 100 株当たりに換算したサイズごとの主球数にそれぞれの係数を乗じた和。
売上げ = 単価 × 収穫球数 × 肥大程度 ÷ 100。

^{c)} 微斑モザイク病および条斑病抵抗性を 5 段階 (極弱, 弱, 中, 強, 極強) で表す。

サイトから PDF ファイルをダウンロードできる。

おわりに

農食研究推進事業の本課題では、作物の根圏をオルピディウム菌の活動に適さない状態にすることで、本菌の感染を抑制し、ウイルス病の発生を抑制する技術の開発を行った。新しい施肥法のほかに、新規亜リン酸資材を開発し、植付け前に施用することで、オルピディウム菌の活動が抑制される土壌 pH5.5 ～ 6.0 まで降下・持続させて発病抑制する技術の開発やオルピディウム菌の根への感染を阻害する細菌による生物防除試験を行った。新規亜リン酸資材の施用によって、オルピディウム菌の根への感染を抑制することや、両ウイルスの感染率を抑制すること、この効果は他のオルピディウム菌媒介ウイルス病であるレタスビッグベイン病やメロンえそ斑点病でも発病抑制効果が確認された。しかし、施用量が 60 kg ～ 100 kg/10 a と多く、コスト面での問題が解消されず、実用化にはいたっていない。

肥効調節型肥料であるバルブクイーンは、10 月は 36 kg/10 a, 11 月は 30 kg/10 a 施用することで、慣行施肥並みの球根収量が得られる（井上, 2010）。これは、フミンホスカの 12 月 40 kg/10 a 施用とともに、慣行の施肥量の半分以下であり、肥料価格と比較しても半分程度で、さらに施肥作業が一回ですみ、省力化および低コ

スト化につながる。しかし、生産現場では多くの品種を栽培しており、品種ごとに施肥量を変える場合が多く、新しい肥料であるバルブクイーンでは施用量の加減の判断が難しく、導入はなかなかすすまなかった。今回、対策に苦慮していたチューリップ微斑モザイク病および条斑病の発病抑制効果が明らかになり、フミンホスカの 12 月施用とあわせ、新しい施肥法が普及することを期待している。

菌媒介ウイルス病対策の構築のため、圃場診断法の早急な開発が期待されている。圃場診断の実施により発病予測程度に応じて適切な防除対策が実行できるようになり、環境負荷低減、低コスト、収益増につながる。ところが両ウイルスは土壌中のオルピディウム菌の硬い細胞壁におおわれた休眠胞子の内側に存在し、極微量であるために検出・定量することが難しかった。桃井ら（2014）はリアルタイム RT-PCR を使った土壌中のウイルス定量法を報告しており、土壌中のウイルス量と発病との関係解析から近い将来発病予測ができるようになるであろう。

引用文献

- 1) 井上徹彦（2010）：農耕と園芸 65（1）：39 ～ 43.
- 2) 桃井千巳ら（2014）：平成 26 年度日本植物病理学会大会プログラム・講演要旨予稿集，日本植物病理学会，東京，p. 175.
- 3) 守川俊幸ら（2004）：富山農技セ研報 21：1 ～ 141.
- 4) ———ら（2005）：植物防疫 59：279 ～ 282.
- 5) 森脇丈治ら（2012）：同上 66：105 ～ 108.
- 6) 西井謙治ら（1963）：園芸雑 32：65 ～ 73.

登録が失効した農薬（26.8.1 ～ 8.31）

掲載は、**種類名**、登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

「殺虫剤」

●シフルトリン液剤

17619：バイスロイド液剤 AL（バイエル クロップサイエンス）14/8/3

●アセフェート・イミダクロプリド水和剤

21579：ホクコーオルトランアドマイヤー顆粒水和剤（北興化学工業）14/8/27

「殺虫殺菌剤」

●MEP・カスガマイシン・フサライド水和剤

17630：ホクコーカスラプスミゾル（北興化学工業）14/8/20

「殺菌剤」

●イソプロチオラン粒剤

20208：ヤシマフジワン 1 キロ粒剤（協友アグリ）14/8/6

「除草剤」

●インダノファン・ピラジルスフロエチル粒剤

20226：キリフダ 1 キロ粒剤（日産化学工業）14/8/24

●カルフェントラゾンエチル水和剤

20872：タスク DF（エフエムシー・ケミカルズ）14/8/29