水耕栽培におけるトルコギキョウ立枯病のベノミル水和剤処理による防除

佐藤 衛^{1*}・福田 直子¹

ABSTRACT

SATOU, M.^{1*} and FUKUTA, N.¹ (2019). Control of root rot of Russell prairie gentian (*Eustoma grandiflorum*) caused by *Fusarium solani* in hydroponic culture using a mixture of benomyl. Jpn. J. Phytopathol. 85: 18–24.

For stable growth and root rot control of Russell prairie gentian (*Eustoma grandiflorum*) flowers in hydroponic culture, we tested various applications of a benomyl hydrator in a 50.0% mix (w/w) with benomyl applied by overhead irrigation. At either 500×- or 1,000×-dilution of the hydrator/plug tray 1 day before transplantation of seedlings root rot caused by *Fusarium solani* was suppressed. Benomyl and its decomposition product, carbendazim were barely detected in the nutrient solution after about 2 months. In repeated tests over 2 years, similar results were obtained showing that root rot in Russell prairie gentian caused by *Fusarium solani* can be controlled using a hydrator with benomyl.

(Received March 2, 2018; Accepted May 24, 2018)

Key words: Russell prairie gentian, *Eustoma grandiflorum*, root rot, *Fusarium*, hydroponic culture, benomyl

緒 言

我が国の花きにおいては、トルコギキョウ [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.] は、2016 年における作付面積が、キク、ユリに次ぐ 3 位の 437 ha であり、出荷量は 1 億 90 万本と重要な花きの一つである（農林水産省大臣官房統計部, 2017）。栽培期間の長いトルコギキョウは、土耕栽培が基本である（八代, 1994a, b）が、2011 年 3 月に発生した東日本大震災からの復興のため、2014 年 8 月から福島県いわき市で、13 a のプラスチックハウスにおける水耕による周年栽培が開始された。土耕では、本圃での育成期間が最大 7 ヶ月にも及ぶ場合もあるトルコギキョウの栽培であるが、その期間を短縮し高品質化を図るため水耕栽培が選択され、また、大規模なハウス栽培であるため、環境に配慮した循環式の薄膜水耕（nutrient film technique : NFT）栽培（社団法人日本施設園芸協会・日本養液栽培研究会編, 2012）が導入された。

施設栽培における病虫害防除の基本は、栽培環境を衛生的に保つことであり、病原菌に汚染されていない資材を使用することが前提であるとともに、本圃においては、地下

水や雨水の汚染、塵埃に付着した病原菌の飛び込みなどに対しての病害防除対策が必要不可欠となる。しかしながら、水耕栽培においても、既に多くの野菜や花きで病害の発生が問題となっている（草刈, 2009; 社団法人日本施設園芸協会編, 1996）。これまでトルコギキョウの土耕栽培において、*Fusarium solani* (*F. solani* species complex Clade 3 に属する）（松尾, 1980; 富岡ら, 2002, 2009; Tomioka *et al.*, 2011）、*F. oxysporum*（松尾, 1980; 岩田ら, 1991; 外側ら, 2008）による立枯病が確認されているが、トルコギキョウにおいては、出荷までの栽培期間が水耕栽培においても、育苗で 2 ヶ月、水耕本圃で最大 5 ヶ月と長期間の栽培が必要である（福田ら, 2013）ことから、病害発生のリスクが高くなることが予想され、*Fusarium* についても *Pythium* と並び、周年安定生産のための阻害要因になると考えられた。実際に福島県いわき市においてトルコギキョウの水耕栽培が始まってまもなく 2014 年に *Pythium* による根腐病と *Fusarium* による立枯病が発生し問題となった。立枯病については秋～春にかけて発生し、発生始めは 1 株、2 株とまばらに萎れが確認され、次第に発生株が増加した。初期発生株から次第に広がるのではなくあちこちにスポット的に発生が認められる

¹ 農業・食品産業技術総合研究機構野菜花き研究部門（〒 305-0852 茨城県つくば市藤本 2-1） Institute of Vegetable and Floriculture Science, NARO, Fujimoto 2-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-0852 Japan

* Corresponding author (E-mail: mammo@affrc.go.jp)

ことが多かったことから、病原菌の飛び込みが主たる要因ではないかと推察された。その後も季節に応じて発病も増減を繰り返す状況となっている。これまで、様々な農作物において 40 年以上水耕栽培が行われているが（社団法人日本施設園芸協会・日本養液栽培研究会編, 2012）、水耕栽培を対象とした農薬の登録は、野菜類で僅かに銀イオン殺菌剤（製品名：オクトクロス）（日本植物防疫協会, 2017; 草刈ら, 1994, 1998, 2003）の 1 件があるのみであった。また、水耕栽培の培養液の殺菌方法としては、紫外線、オゾン、銅イオン、銀イオン、フィルターによる濾過、界面活性剤などを利用する方法が報告されている（草刈ら, 2009; 松尾, 1993）。福島県いわき市では、紫外線による殺菌、フィルターによる濾過を行う装置等を導入し、稼働させているが、栽培ベッドへの病原菌飛び込みに対しては無防備のままである。対策として、温室内外への出入り時には靴の履き替えを徹底することや、ハウス周辺をシートで被覆し、塵埃の飛散の防止を行っているが、これだけでは不十分である。そのため、新たに、薬剤による防除が望まれ、先行として *Pythium* による根腐病の防除剤としてアゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤についての試験がなされ（佐藤・福田, 2016）、適用拡大された（農林水産消費安全技術センター, 2016; 日本植物防疫協会, 2017）。さらに本試験においては、防除コストの低減や農業者の選択肢の増加を目的に、ベノミル水和剤を用い、適用拡大のための検討を行った。水耕栽培での農薬登録については、農林水産消費安全技術センターから「水耕栽培終了時の廃棄する養液内には基準値を下回る量の薬効成分が含まれるのみであり、水産動植物および水質汚濁には影響しないこと」の条件が示されていたが、試験に用いるベノミルおよび分解産物のカルベンダジムについては登録保留基準（環境省, 2018a, b）が設定されていないことから、さらに農林水産消費安全技術センター

との相談を重ね、栽培終了時に薬剤および分解産物が養液から検出されず、なおかつ立枯病が抑制可能な条件の検討を行った。

なお、本研究は復興庁・農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」により行った。

材料および方法

植物の準備 トルコギキョウ「キャンディマリン」（株式会社ミヨシ）をくみあいセル専用培土 N220（三研ソイル株式会社）を詰めた 200 穴セルトレイ（東海化成株式会社）に播種し、散水後、10°C 暗黒下に 2~3 週間保持（以下、種子冷蔵と呼ぶ）（谷川, 2001; 大川編, 2003）し、その後インキュベーターに移し、育苗を行った。なお、農薬の適用拡大には 2 反復の試験事例が必要なため、試験は実験 I, II とした。

育苗 第 1 表に示したスケジュールにて育苗を行った。播種~種子冷蔵は LP-200ECT（株式会社日本医化器械）内で暗黒 10°C に保ち、育苗は明期 28°C 12 時間、光量子束密度：約 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、暗期 18°C 12 時間（BIOTRON NC350, 株式会社日本医化器械）で行った。

水耕栽培 水耕栽培はホームハイポニカ Karen（協和株式会社）を用い、1 区 1 台、10 本植え、5 反復、福島県いわき市で行っている NFT 栽培（第 1 図 A）を小型化した規模で行った（第 1 図 B, C）。栽培中は、養液の減耗に対しては適宜、水を追加し、養液量が初期設定の 10 l 前後となるようにした。肥料成分はハイテンボ Ar 液（住友化学株式会社）を 1000 倍希釈、ハイテンボ Cu 液（同上）を 500 倍希釈となるよう投入した。実験 I では 2015 年 6 月 11 日播種、8 月 28 日定植、10 月 29 日最終調査、実験 II では 2016 年 2 月 4 日播種、4 月 21 日定植、6 月 17 日最終調査とした。また、*Pythium* による根腐病が発生しないよう、メタラキシル粒剤（メタラキシル 2.0%, シンジェンタジャパン：現在製造中

第 1 表 実験 I, II のスケジュール

年	播種・種子 冷蔵開始	育苗	薬剤処理	定植	接種	薬効成分の残留調査		発病調査	
						月日	薬剤処理後日数	月日	薬剤処理後日数
実験 I	2015	6 月 11 日	7 月 2 日	8 月 27 日	8 月 28 日	① 8 月 28 日 ^{a)}	9 月 25 日	29 日	9 月 25 日
						② 9 月 10 日 ^{b)}	10 月 16 日	50 日	10 月 16 日
							10 月 29 日	63 日	10 月 29 日
実験 II	2016	2 月 4 日	2 月 25 日	4 月 20 日	4 月 21 日	4 月 28 日 ^{b)}	5 月 20 日	30 日	5 月 20 日
							6 月 10 日	51 日	6 月 10 日
							6 月 17 日	58 日	6 月 17 日

a) トルコギキョウ地際部への針刺しおよび剃刀による根への傷つけを行い、立枯病菌 (*Fusarium solani*; MAFF 712388) 1×10^7 conidia/ml を株元に 1 株あたり 1 ml を灌注、その後定植

b) トルコギキョウ地際部への針刺しを行った後、同上菌 1×10^7 conidia/ml を株元に 1 株あたり 1 ml を灌注

第 1 図 水耕栽培装置および栽培状況

A: 福島県いわき市におけるトルコギキョウの NFT 栽培の様子, B: 水耕栽培装置の上部 (水中ポンプで汲み上げられた養液がもう一方の穴から下へ抜ける), C: 水耕栽培装置の下部 (水中ポンプで養液を上部へと汲み上げて循環させる), D: ベノミル水和剤の如雨露による灌注処理, E: 定植後のトルコギキョウ, F: トルコギキョウ地際部への針刺しによる付傷, G: 菌懸濁液の灌注接種

止のため一般利用はできない) をホームハイポニカ (養液 10 l) 当たり 10 g (トルコギキョウ 1 本当たり 1 g) となるよう各水耕栽培の養液に投入した (生育への影響は無いことを事前に試験し, 確認済み). 栽培は気温を 25°C に調節したガラス温室内で行った.

薬剤処理 薬剤が養液中に流出することを避けるため, 定植前に薬液をセルトレイへ頭上から灌注処理 (セル苗灌注) することとした. 各実験とも定植の前日に薬剤処理を行った (第 1 図 D, E). いずれも, ベノミル水和剤 (ベノミル 50.0%; 住友化学株式会社) を使用した. それぞれ 500 倍, 1000 倍液を 200 穴セルトレイ当たり 500 ml を如雨露にて灌注した. 各実験において, 薬剤無処理区を設けた.

供試菌株および接種方法 接種菌株には *Fusarium solani* (MAFF712388, NARO 微生物ジーンバンク登録) を用いた. 菌株はジャガイモ煎汁ブドウ糖培地で 7~10 日間振とう培養し, 1×10^7 conidia/ml に調製した. 実験 I では, 薬剤処理翌日 (8 月 28 日) にトルコギキョウ地際部茎への針刺しおよび剃刀による根への傷つけを行い, 調製した菌懸濁液を 1 株あたり 1 ml 株元に灌注し, さらに, 14 日後 (9 月 10 日) 追加接種としてトルコギキョウ地際部への針刺しを行った後, 同上菌を株元に 1 株あたり 1 ml を灌注した. 実験 II では定植から 7 日後 (4 月 28 日) にトルコギキョウ地際部への針刺し (第 1 図 F) を行った後, 同上菌を株元に 1 株あたり 1 ml を灌注した (第 1 図 G). 発病株については常法

により再分離を行い, 接種菌が感染していることを確認した.

養液中の薬効成分の残留調査 第 1 表に示すように, 定期的に養液を汲み上げ, カルベンダジム, チオファネート, チオファネートメチルおよびベノミル (委託した分析機関においてカルベンダジムに変換される化合物として考えられる物質の全てについて分析を行い, カルベンダジム, ベノミル, チオファネートおよびチオファネートメチルの各々をカルベンダジム含量に換算したものの総和) の残留濃度を測定した (株式会社環境研究センターに委託).

発病調査 発病については地上部の病徴観察を基に, 第 1 表に示す日付に全個体の発病株率および発病度を調査した. また, 発病度は以下の式で算出した. また, この発病度を基に各実験における薬剤無処理区に対しての防除価を算出した.

$$\text{発病度} = \Sigma[(\text{発病程度別株数} \times \text{発病程度指数})$$

$$/(\text{調査株数} \times 4)] \times 100$$

発病程度指数は, 0: 無発病, 1: 下位葉~中位葉の萎れまたは生育不良, 2: 上位葉まで萎れ, 3: 株全体が青枯れまたは全身萎凋, 4: 枯死, とした.

また, 防除価は以下の計算式で算出した.

$$\text{防除価} = 100 - (\text{各薬剤処理区の発病度})$$

$$/(\text{薬剤無処理区の発病度}) \times 100$$

薬害の発生の有無, 程度, 症状等についても調査を行った. 発病調査を行った時期については第 1 表に示した.

結 果

養液における薬効成分の残留

実験 I 500 倍 500 ml/セルトレイ, 1000 倍 500 ml/セルトレイの両処理区とも, カルベンダジム, チオファネート, チオファネートメチルおよびベノミルは検出されなかった (第 2 表上段).

実験 II 2016 年 5 月 20 日 (薬剤処理 29 日後), 1000 倍 500 ml/セルトレイ区において, カルベンダジム, チオファネート, チオファネートメチルおよびベノミルの総和で 0.03 ppm の検出が認められたが, これ以降は両区とも検出されなかった (第 2 表下段).

防除効果

実験 I 追加接種の翌日 (9 月 11 日) に無処理区において萎れを確認した. 萎れは天候にも左右され, 曇天時には一時的に萎れが認められなくなる場合もあったが, 徐々に進展した. 無処理区での最終 (10 月 29 日) の発病度は 39.4, 発病株率は 42.5% であり (第 3 表), 多くの株が青枯れまたは全身萎凋を示すなどの激しい症状が認められた. 一方, ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ区では, 最終 (10 月 29 日) の発病度は 17.5, 発病株率は 22.0%, 防除価 55.6, また, 1000 倍 500 ml/セルトレイ区では, 最終 (10 月 29 日) の発病度は 23.5, 発病株率は 26.0%, 防除価 40.3 であった. ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ区では, 青枯れまたは全身萎凋を示すなどの激しい症状が認められ

第 2 表 養液中のカルベンダジム, チオファネート, チオファネートメチルおよびベノミル^{a)} の濃度

実験 No.	ベノミル水和剤処理量	調査日		
		9 月 25 日	10 月 16 日	10 月 29 日
I	500 倍 500 ml/セルトレイ	検出せず	検出せず	検出せず
	1000 倍 500 ml/セルトレイ	検出せず	検出せず	検出せず
II	500 倍 500 ml/セルトレイ	検出せず	検出せず	検出せず
	1000 倍 500 ml/セルトレイ	検出せず~0.03	検出せず	検出せず

a) 株式会社環境研究センター (つくば市) による分析結果. 各区 5 反復試験した値の下限値~上限値

注: 残留基準濃度: ベノミルおよび分解産物のカルベンダジムについて, 水産動植物, 水質汚濁とも設定無し

第 3 表 実験 I におけるトルコギキョウの発病株率^{a)}, 発病度^{b)}, 薬害発生の有無^{c)} および防除価^{d)}

薬剤名	処理量	調査日											
		9 月 25 日				10 月 16 日				10 月 29 日			
		発病株率 (%)	発病度	薬害	防除価	発病株率 (%)	発病度	薬害	防除価	発病株率 ^{e)} (%)	発病度 ^{f)}	薬害	防除価
ベノミル水和剤	500 倍 500 ml/セルトレイ	2.0	1.0	—	77.8	14.0	8.5	—	69.8	22.0 a	17.5 a	—	55.6
ベノミル水和剤	1000 倍 500 ml/セルトレイ	0	0	—	100	18.0	10.0	—	64.4	26.0 ab	23.5 ab	—	40.3
無処理		8.0	4.5			35.0	28.1			42.5 b	39.4 b		

a) 各区 5 反復試験した値の平均値

b) 発病度 = $\Sigma [(\text{程度別発病株数} \times \text{発病程度指数}) / (\text{調査株数} \times 4)] \times 100$. 発病程度指数は, 0: 無発病, 1: 下位葉~中位葉の萎れまたは生育不良, 2: 上位葉まで萎れ, 3: 株全体が青枯れまたは全身萎凋, 4: 枯死. 各区 5 反復試験した値の平均値

c) 薬害発生の有無: —: 薬害無し, ±: 軽微な生育遅延が認められるが実用上問題なし, +: 薬害が認められ実用上問題がある

d) 防除価 = $100 - (\text{処理区の発病度}) / (\text{無処理区の発病度}) \times 100$

e) 同一アルファベット間には χ^2 検定 (Bonferroni 補正) により $p < 0.05$ で有意差なし

f) 同一アルファベット間には Kruskal-Wallis の検定により $p < 0.05$ で有意差なし

注: 10 月 16 日以降の無処理区は 4 反復試験の平均値

るものもあったが、発病株率および発病度が無処理区と比べて統計的に低かった。1000 倍 500 ml/セルトレイ区では、発病株率および発病度とも無処理区より低かったが、無処理区との間に統計的な差は認められなかった。両区とも薬害は認められなかった。

実験 II 接種翌日（4 月 29 日）からわずかな萎れが認められた。萎れは天候にも左右され、曇天時には一時的に萎れが認められなくなる場合もあったが、徐々に進展した。無処理区での最終（6 月 17 日）の発病度は 51.2、発病株率は 73.0%であった（第 4 表、第 2 図）。一方、ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ区では、最終（6 月 17 日）の発病度は 21.5、発病株率は 34.7%、防除価 58.1、また、1000 倍 500 ml/セルトレイ区では、最終（6 月 17 日）の発病度は 33.6、発病株率は 50.0%、防除価 34.4 であった。ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ区は、発病株率および発病度が無処理区と比べて統計的に低かった。1000 倍 500 ml/セルトレイ区でも、発病株率において無処理区との間に統計的な差が認められた。両区とも薬害は認められなかった。

考 察

実験 I では、薬剤処理翌日に定植し、同日とさらに 13 日後に接種を行った。栽培終了時におけるトルコギキョウ立枯病の防除価は、ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイおよび 1000 倍 500 ml/セルトレイ区ともそれぞれ 55.6、40.3 と防除効果が認められた。また、カルベンダジム、チオファネート、チオファネートメチルおよびベノミルは、薬剤処理後 29 日、50 日、63 日も検出されなかった。したがって、この処理方法によって、水耕栽培終了時の廃棄する養液内にはベノミル水和剤の薬効成分およびその分解産物が検出されることはなく、水産動植物および水質汚濁には影響しないと考えられた。また、トルコギキョウ立枯病の防除についても明らかに萎れる株が減るなど、防除効果が認められたことから、有用な処理方法であると考えられた。

実験 II では、薬剤処理翌日に定植し、定植 7 日後に接種を行った。栽培終了時におけるトルコギキョウ立枯病の防除価は、ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ区は 58.1

第 4 表 実験 II におけるトルコギキョウの発病株率^{a)}、発病度^{b)}、薬害発生の有無^{c)} および防除価^{d)}

薬剤名	処理量	調査日											
		5 月 20 日				6 月 10 日				6 月 17 日			
		発病株率 (%)	発病度	薬害	防除価	発病株率 (%)	発病度	薬害	防除価	発病株率 ^{c)} (%)	発病 ^{f)}	薬害	防除価
ベノミル 水和剤	500 倍	14.2	4.1	—	89.0	22.4	11.0	—	74.4	34.7 a	21.5 a	—	58.1
ベノミル 水和剤	1000 倍	10.0	3.5	—	90.5	36.0	26.0	—	39.4	50.0 a	33.6 ab	—	34.4
無処理	500 ml/セルトレイ	52.0	36.8			62.0	42.9			73.0 b	51.2 b		

a)～f) 第 3 表参照

第 2 図 実験 II でのトルコギキョウの生育（2016 年 6 月 17 日）

A：ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ区，B：1000 倍 500 ml/セルトレイ区，C：薬剤無処理区

と防除効果が認められた。また、1000 倍 500 ml/セルトレイ区では 34.4 と低かったものの防除効果は認められた。また、カルベンダジム、チオファネート、チオファネートメチルおよびベノミルは、1000 倍 500 ml/セルトレイ区で薬剤処理後 29 日目に 0.03 ppm 検出されたが、60 日目以降は検出されなかった。したがって、試験 I と同様に、この処理方法によって、水耕栽培終了時の廃棄する養液内にはベノミル水和剤の薬効成分およびその分解産物が検出されることはなく、水産動植物および水質汚濁には影響しないと考えられた。薬剤処理 29 日目に 1000 倍 500 ml/セルトレイ区のみで検出されたことについては、水耕栽培装置内において、根の伸長にしたがって養液の流れが変化し、十分に循環できない部分で検出された可能性がある。

実験 I および II において、2 カ年にわたる防除効果の確認の結果、ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ処理および 1000 倍 500 ml/セルトレイ処理ともに、効果はやや低いが実用性はあると判定できる。また、両試験ともに栽培終了時において薬効成分およびその分解産物の不検出が確認できた。実験においては、用いる資材を出来るだけ一般的なものにしたが、異なる成分の養液を使用した場合でのベノミル水和剤の薬効成分およびその分解産物の検出については不明であるとともに、2 ヶ月以上栽培する場合の効果については未検討のままとなった。課題はいくつか残ったものの、これらの結果は、農林水産消費安全技術センターに指摘された薬剤登録のための農薬残留試験条件を満たした。ベノミル水和剤 500 倍 500 ml/セルトレイ処理については、1000 倍 500 ml/セルトレイ処理の倍量試験であるため、農薬メーカーの適用拡大申請については、1000 倍 500 ml/セルトレイ処理のみが申請の対象となる試験である。今後は、農薬メーカーの適用拡大申請の後、農林水産省の認可を受ければ、一般利用が可能になる見込みである。この薬剤処理により、トルコギキョウの水耕栽培における *Fusarium* による立枯病の防除が可能となり、*Pythium* による根腐病の防除とともに、安定生産を更に確実なものにすることが期待される。

トルコギキョウの水耕栽培における病害は立枯病および根腐病だけではないが、水耕栽培において重大な被害を及ぼすこれら病害の防除が可能になりつつある。今後は、更なる安定生産のためにも、他の病害についても防除に関する試験が展開していくことに期待したい。

摘 要

トルコギキョウの水耕栽培の安定生産を目的とし、立枯病の発生を抑え、なおかつ栽培終了時において、処理した

薬剤の養液内における薬効成分が不検出となる施用方法の検討・試験を行った。その結果、ベノミル水和剤の 500 倍または 1000 倍液を 200 穴セルトレイ 1 枚当たり 500 ml 灌注後、翌日にトルコギキョウを定植することにより、立枯病の発生を抑制することが可能となり、なおかつ栽培終了時の養液において、薬効成分およびその分解産物が不検出となった。同様の試験を 2 カ年に渡り実施した結果、同様の病害防除効果が得られ、薬効成分およびその分解産物が不検出となり、ベノミル水和剤処理が養液栽培におけるトルコギキョウ立枯病の防除に有用であることが明らかとなった。

謝 辞

本研究を行うにあたり、菌株の情報を頂いた山形県最上総合支庁農業技術普及課 菅原 敬博士に深謝の意を表する。

引用 文 献

- 福田直子・牛尾亜由子・中南暁夫・渡辺幸子 (2013). NFT 水耕システムによるトルコギキョウ切り花形質の作型間変動. 園芸学研究 12 別 1: 204. (講要)
- 岩田康広・近藤則夫・児玉不二雄 (1991). *Fusarium roseum* および *Fusarium oxysporum* によるトルコギキョウの萎ちょう症状について. 日植病報 57: 123. (講要)
- 環境省 (2018a). 水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準について 基準値 (最終改正 平成 30 年 1 月 15 日). <https://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html>
- 環境省 (2018b). 水質汚濁に係る農薬登録保留基準について 基準値 (最終改正 平成 30 年 1 月 15 日). https://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/odaku_kijun/kijun.html
- 草刈眞一 (2009). 培養液の殺菌—各種の方法. 養液栽培の病害と対策. pp. 107–142. 農文協, 東京.
- 草刈眞一・江口晴一郎・趙 志宏・鷺見隆男・岡田清嗣 (1998). 養液栽培における培養液中への銀被覆繊維布添加によるキュウリ, ミツバ根腐病の防除とキュウリ果実の銀の残留量. 日植病報 64: 50–56.
- 草刈眞一・岡田清嗣・江口晴一郎・鷺見隆男 (1994). 銀イオンおよび銀被覆繊維布による水耕栽培病害防除. 日植病報 60: 337–338. (講要)
- 草刈眞一・岡田清嗣・伊藤克彦 (2003). 銀を素材としたはじめての農薬. 植物防疫 57: 325–329.
- 松尾昌樹 (1993). 養液内病原菌のオゾンによる殺菌—キュウリつる割病菌分生胞子の場合—. 農業機械学会誌 55(3): 105–111.
- 松尾卓見 (1980). トルコギキョウ立枯病 (松尾卓見・駒田 旦・松田 明編. 作物のフザリウム病). p. 472. 全農協, 東京.
- 日本植物防疫協会 (2017). 農薬適用一覧表 2017 年版. pp. 722–723. 日本植物防疫協会, 東京.
- 農林水産省大臣官房統計部 (2017). 確報 花き生産出荷統計 平成 28 年産. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kaki/
- 農林水産消費安全技術センター (2016). 農薬登録情報・速報 平成 28 年 02 月 17 日分. <http://www.acis.famic.go.jp/searchF/>

index/1510_1603/20160217.html

- 大川 清編 (2003). 実践花き園芸技術トルコギキョウ 栽培管理と開花調節. pp. 132–144, 誠文堂新光社, 東京.
- 佐藤 衛・福田直子 (2016). アゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤処理による水耕栽培におけるトルコギキョウ根腐病の防除. 日植病報 82: 93–100.
- 社団法人日本施設園芸協会編 (1996). 最新養液栽培の手引き. 誠文堂新光社, 東京. 298 pp.
- 社団法人日本施設園芸協会・日本養液栽培研究会編 (2012). 養液栽培のすべて 植物工場を支える基本技術. 誠文堂新光社, 東京. 386 pp.
- 谷川孝弘 (2001). ユーストマ種子の低温処理と作型・品種. 農業技術体系 花卉編 8 1・2 年草 追録第 3 号. pp. 452 の 7 の 2–5, 農文協, 東京.
- 外側正之・鈴木幹彦・内山 徹 (2008). *Fusarium oxysporum* によるトルコギキョウ立枯病—接種試験による病原性の確認. 日植病報 74: 35. (講要)
- 富岡啓介・青木孝之・廣岡裕史・竹内香純・埋橋志穂美・澤田

- 宏之・永井利郎・佐藤豊三 (2009). *Fusarium solani* (species) complex-Clade 3 によるトルコギキョウ立枯病および *Haematonectria ipomoeae* [不完全世代 *Fusarium striatum*] によるミヤコグサ根腐病 (病原学名変更). 四国植防 44: 44. (講要)
- Tomioka, K., Hirooka, Y., Takezaki, A., Aoki, T. and Sato, T. (2011). *Fusarium* root rot of prairie gentian caused by a species belonging to the *Fusarium solani* species complex. J. Gen. Plant Pathol. 77: 132–135.
- 富岡啓介・竹崎あかね・佐藤豊三 (2002) *Fusarium solani* (Martius) Saccardo によるトルコギキョウ立枯病の確認. 日植病報 68: 185. (講要)
- 八代嘉昭 (1994a). 栽培特性と経営上の課題. 農業技術体系 花卉編 8 1・2 年草. pp. 403–408, 農文協, 東京.
- 八代嘉昭 (1994b). 開花期, 収量, 品質を左右する要因と技術対応. 農業技術体系 花卉編 8 1・2 年草. pp. 413–431, 農文協, 東京.