

ニラ白斑葉枯病の発病に及ぼす温度および結露条件

矢野和孝・森田泰彰*
(高知県農業技術センター・*元高知県農業技術センター)

Influence of Temperature and Dew Condition against Leaf Blight of Chinese Chive Caused by *Botrytis squamosa*

By Kazutaka YANO and Yasuaki MORITA*, (Kochi Agricultural Research Center, 1100 Hataeda, Nankoku, Kochi 783-0023, Japan, * Former Kochi Agricultural Research Center)

Fungicide application is often not enough effect against leaf blight of chinese chive caused by *Botrytis squamosa*, which sometimes occurs severely in winter at plastic greenhouse of Kochi prefecture. Therefore, the influence of temperature and dew condition against the disease was investigated. As the result, the optimum temperature of spore germination of the fungus was around 25°C and the diseased optimum temperature was 10-20°C. Duration of dew conditions for the disease was 18 hours at 10 °C, 12 hours at 15 and 20 °C. However, the disease did not occur in the condition of 12 hours at 10°C , 6 hours at 15 and 20°C . Influence of interruption of dew conditions for the disease was not observed. Potted chinese chives were maintained in the frame covered with PO films immediately after spore suspension of the fungus was inoculated by spraying, using a heater controlled with Mamorun, which is an apparatus controlling dew condition. The result revealed that the disease suppressed drastically, when dew value, which was a peculiar value of the apparatus displaying dew condensation, was kept 100. However, the decrease of the disease was about half in case of 120 to 200 of dew value. Meanwhile, the disease suppressed drastically even in case of 400 of dew value, when the plant was dried naturally after the inoculation by spraying, or the secondary infection test was performed. The field test in a plastic greenhouse using a heater controlled with Mamorun keeping dew value 200 resulted in higher control effect than the case no-controlled.

キーワード：ニラ，白斑葉枯病，*Botrytis squamosa*，温度，結露条件

緒 言

高知県はニラの生産量が全国一で，施設や露地で栽培が行われている。施設栽培では，12月～3月の冬期にも最低夜温を5°C程度に維持して栽培を継続することになるが，この時期に白斑葉枯病がしばしば発生し，商品価値を損なって大きな被害をもたらす。本病の病原菌には *Botrytis byssoides*, *B. cinerea*, *B. squamosa* の3種が報告されている(高桑ら，1974)が，高知県では主に *B. squamosa* が分布していることが制限酵素 *Apo I* を用いた PCR-

RFLP 法により明らかになっている(矢野ら，2017)。本病原菌に効果の高い防除薬剤も明らかになっており(矢野ら，2017)，現地では主に薬剤散布によって防除が実施されている。しかし，本病が多発すると薬剤防除だけでは十分な効果が見られず，しばしば地上部を刈り取って廃棄せざるを得ない場合がある。また，ニラは散布した農薬が収穫物に残留しやすく，収穫直前に使用できる農薬は少ない。

そこで，農薬を使用しない防除方法を開発するため，*B. squamosa* によるニラ白斑葉枯病の発生に及ぼす温度や葉面結露条件について試験を実施し

たので、その内容について報告する。

材 料 お よ び 方 法

1. 分生子懸濁液の調整とニラへの接種方法

高知県内のニラ圃場から単孢子分離した 3 菌株 (41-1 : 分離は 2015 年 2 月, 204-1 : 同 2015 年 2 月, 320-1 : 同 2016 年 2 月) の *B. squamosa* を使用した。供試菌株をオートクレーブ滅菌したニラ葉上に植え付け、15℃、BLB 照射下で 15 日間以上培養後、形成された分生子を 0.05% Tween20 溶液に懸濁し、約 2×10^5 個/ml に調整して分生子懸濁液とした。これを 2% ショ糖液と等量混合し、直径 10.5 cm、高さ 20 cm のポリエチレンポットで栽培したニラ (品種 : ‘スーパーグリーンベルト’) の地上部を刈り取り後、3~4 週間生育させた株全体に約 10ml/株の割合で噴霧接種した。

2. 分生子発芽に及ぼす温度の影響

菌株番号 204-1 の菌株を供試した。分生子懸濁液の 50 μ l をホールスライドガラス上に滴下し、5, 10, 15, 20, 25, 28, 30 および 35℃ の多湿条件下で 16 時間培養後、ホルマリンで発芽を停止させて発芽の有無を調査し、発芽率を算出した。なお、発芽管が分生子の短径よりも長いものを発芽したと見なして、100 個以上の分生子について調査した。

3. 発病に及ぼす温度の影響

菌株番号 41-1 の菌株を供試した。当農技センター内のハウス内で栽培したニラ (品種 : ‘スーパーグリーンベルト’) を収穫し、長さ 20cm 程度に切断した葉を、底面に湿らせたペーパータオルを敷いたプラスチック容器 (295×210×50mm) に並べた。分生子懸濁液と 2% ショ糖液または滅菌水を等量混合し、これを葉面上に 20 μ l 滴下後、直ちに蓋を閉めて多湿状態とした。5, 10, 15, 20 および 25℃、20,000lux、12 時間日長条件下の恒温器内に入れ、接種 5 日後に白斑の有無を調査し、発病率を算出した。なお、接種は各温度当たり 4 枚のニラ葉の 5 ヶ所ずつ、合計 20 ヶ所に行った。

4. 発病に必要な葉面結露条件

菌株番号 320-1 の菌株を供試した。ポット植えのニラに病原菌を接種した後、直ちにトレイ (36×51×10cm) に並べ、これをポリエチレン袋 (大きさ 90×100cm、厚さ 0.05mm) に入れて密閉し、第 1 表に示した各温度に設定した暗黒下の恒温器内で多湿条件に保った。所定の時間経過後に、約 25℃ に空調制御された部屋で約 1 時間風乾後、最低夜温 15℃ に設定したガラス温室内に移した。接種 7 日後に全葉を対象に葉ごとの発病が 0; 発病を全く認めない, 1; 病斑面積が葉面積の 5%未満, 2; 同 5%以上 25%未満, 3; 同 25%以上 50%未満, 4; 同 50%以上, の 5 段階の発病指数別に調査し、発病度 = Σ (発病指数別葉数 × 発病指数) / (調査葉数 × 4) × 100 の算出式により発病度を算出した。なお、各区とも 4 ポットずつ供試した。

5. 発病に及ぼす結露中断の影響

菌株番号 320-1 の菌株を供試した。第 2 表に示したように、①結露中断区は、P0 フィルムで被覆して多湿条件とした 85×72×54cm の枠内に接種直後のポット植えのニラを入れ、6 時間後に最低夜温 15℃ に設定したガラス温室内に移して乾燥状態とし、21.5 時間管理した。その後、再び 43 時間多湿状態とした後、同ガラス温室内に移した。②乾燥後結露区は、接種後直ちに最低夜温 15℃ に設定した同ガラス温室内に移して 27.5 時間乾燥状態で管理した。その後、43 時間多湿状態とした後、同ガラス温室内に移した。③結露区 (対照) は、接種後直ちに 27.5 時間多湿状態とした後、同ガラス温室内に移した。接種 8 日後に前項と同様に発病調査し、発病度を算出した。なお、いずれも 1 区当たり 4 ポットを供試した。

6. 発病に及ぼす結露値制御の影響

1) ポット試験 (接種後風乾なし)

菌株番号 204-1 の菌株を供試した。P0 フィルムで被覆して多湿条件とした 85×72×54cm の枠内に接種したニラを直ちに投入し、病害防除コントローラー (まもるん、鈴木電子株式会社製) で結露値が 100, 120, 150 および 200 に達すると結露値が 1 下がるまで最大 1 分間、600W の温風機 (DMF-B061,

山善製)を稼働させて制御した。対照は温風機を用いなかった。いずれも2日後に最低夜温を15℃に設定したガラス温室内に移動させ、接種7日後に前項と同様な方法で発病を調査し、得られた発病度から防除価を算出した。

2) ポット試験 (接種後風乾あり)

菌株番号 320-1 の菌株を供試した。病原菌の接種後、4時間以上ガラス温室内で風乾させたニラを、前項と同様な方法で病害コントローラーで結露値を200, 300 および 400 に7日間制御した。接種7日後に前項と同様な方法で発病を調査した。

3) ポット試験 (2次伝染の影響)

前項と同様の P0 フィルムで被覆した枠内に直径 10.5 cm, 高さ 20 cm のポリエチレンポットで栽培したニラを4ポット入れ、前項と同様な方法で病害防除コントローラーで結露値を200, 300 および 400 に17~28日間制御した。なお、接種源として病原菌を接種して発病させたポット植えのニラを2ポット置いた。発病調査は、試験開始17日後または28日後に前項と同様に実施した。

4) 圃場における防除効果

当農技センター内の間口 7m, 奥行き 13.5m (約 95 種, 9月1日にうね幅 170cm, 株間 28cm, 条間 28cm, 4条で4畝に植え付けて栽培したニラ(品種名: 'スーパードリープベルト')を用いて試験を実施した。元肥としてくみあい CDU 複合燐加安 S555(15-15-

15)を200kg/10aの割合で施用し、追肥としてトミー液肥ブラック(10-4-6)を適宜施用した。2017年2月3日に地上部を刈り取り、制御ハウスでは病害防除コントローラーの結露値が200に達すると結露値が1下がるまで最大1分間、暖房機を稼働させ、その後5分間送風するように制御した。いずれのハウスも夜温は6℃にセットし、第1図に示した位置に結露センサーを設置した。対照ハウスは病害コントローラーを設置したが、結露値を制御しなかった。発病が見られ始めた2月21日と試験終了時の3月10日にハウスのサイドと中央部の任意の5株を選び、全葉を対象に前項と同様の調査基準で発病調査した。なお、試験期間中の各ハウスの暖房機の燃料消費量についても調査した。

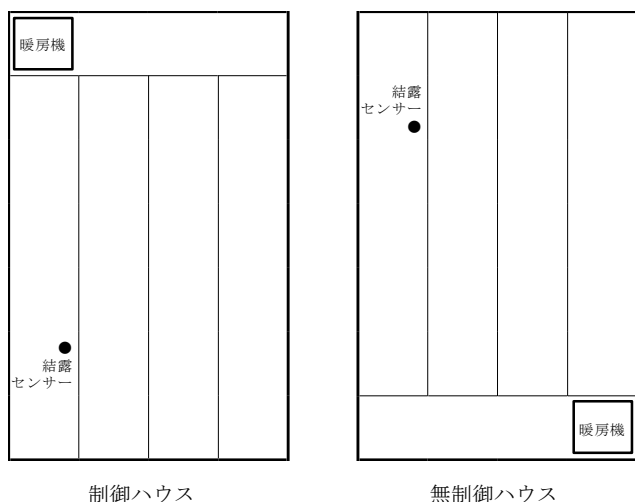
結 果

1. 分生子発芽に及ぼす温度の影響

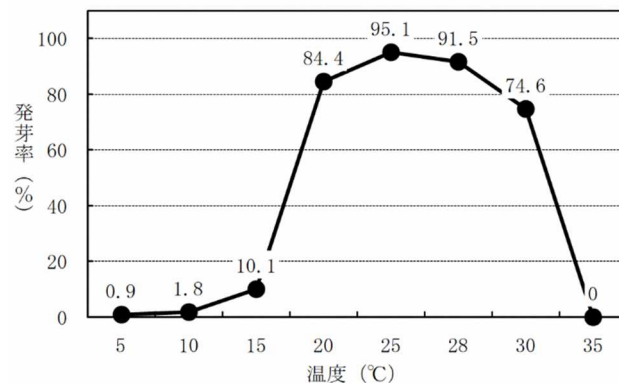
5~30℃で発芽し、35℃では発芽しなかった。発芽適温は25℃であった(第2図)。

2. 発病に及ぼす温度の影響

ショ糖無添加の場合には15℃および20℃で低率に発病したものの、その他の温度では全く発病しなかった。ショ糖を添加した場合には10~25℃で発病し、5℃では発病しなかった。10~20℃では高率に発病した(第3図)。



第1図 試験圃場と設置した結露センサーの見取り図



第2図 *Botrytis squamosa* の分生子発芽に及ぼす温度の影響

3. 発病に必要な葉面結露条件

5℃では 24 時間多湿条件に保持しても発病しなかった。10℃では 18 時間の多湿時間で発病したが、12 時間では発病しなかった。15℃および 20℃では 12 時間の多湿時間で発病したが、6 時間では発病しなかった（第 1 表）。

第 1 表 ニラ白斑葉枯病の発病に及ぼす温度と葉面結露時間の関係

温度	多湿条件保持時間（暗黒下）			
	6 時間	12 時間	18 時間	24 時間
5℃	NT	NT	NT	0
10℃	NT	0	2.4	8.8
15℃	0	3.1	18.5	NT
20℃	0	2.8	37.7	NT

数字は発病度，NT：未試験

4. 発病に及ぼす結露中断の影響

6 時間で結露中断した①結露中断区の発病度は、②乾燥後結露区よりもやや低かったが、総多湿時間が短い③結露区（対照）とほぼ同じであった（第 2 表）。

5. 発病に及ぼす結露値制御の影響

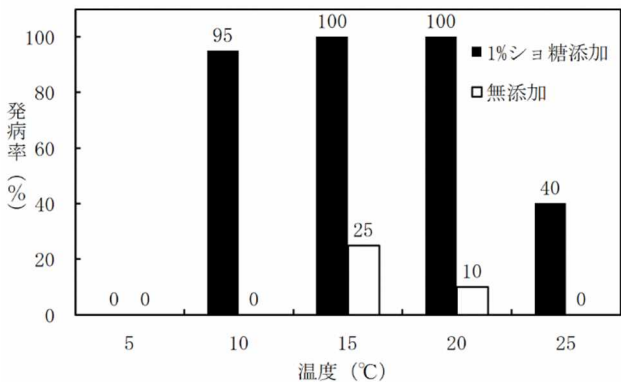
1) ポット試験（接種後風乾なし）

結露値を 100, 120, 150, および 200 に設定した場合の対照の発病度は、それぞれ 65.0, 94.1, 87.1, 84.6 であった。結露値を 100 に制御した場合の発病度は 3.0 で、防除価は 95.4 となり、発病が大きく抑制された。結露値が 120～200 の場合には、発病度はそれぞれ 34.7, 38.4, 30.9 で、防除価は 63.1, 55.9 および 63.5 となり、発病は半分程度に抑制されたが、効果は十分ではなかった（第 4 図）。

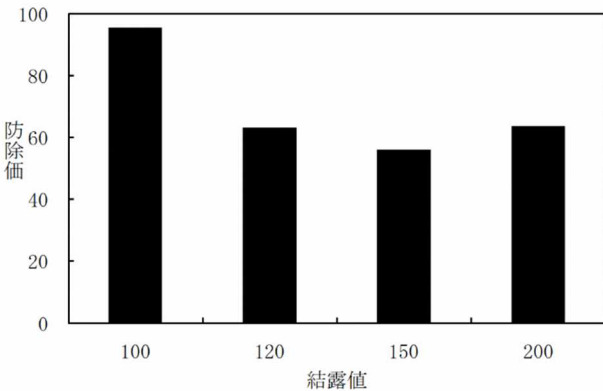
第2表 ニラ白斑葉枯病の発病に及ぼす結露中断の影響

区名	1月16日		1月17日	1月18日	1月19日	総結露時間	発病度	結露期間中の温度 (最低-平均-最高)
	10:30	16:30	14:00		9:00			
①結露中断区						49	21.7	9.1-10.6-11.5 (1月16日)
②乾燥後結露区						43	33.0	4.9-9.4-15.0
③結露区 (対照)						27.5	23.4	5.3-8.0-11.5

：結露期間（無加温のP0フィルムで被覆した85×72×54cmの枠内）
：乾燥期間（最低夜温15℃のガラス温室内）



第 3 図 ニラ白斑葉枯病の発病に及ぼす温度の影響



第 4 図 結露センサーと温風機を用いた結露値制御がニラ白斑葉枯病の発病に及ぼす影響（風乾なし）

2) ポット試験（接種後風乾あり）

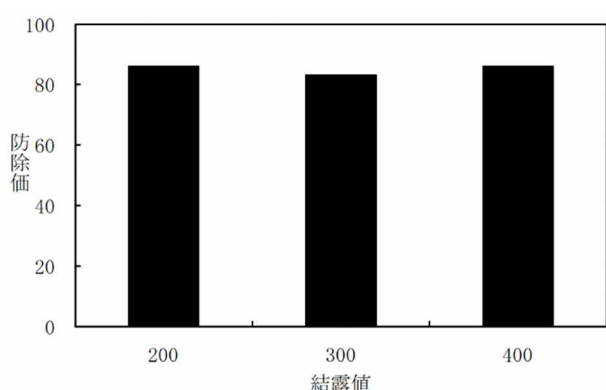
結露値を 200, 300 および 400 に設定した場合の対照の発病度は、それぞれ 35.4, 31.6, 23.2 であった。結露値を 200~400 に制御した場合の発病度は、それぞれ 4.9, 5.3, 3.2 で発病度が低下し、防除価は 86.2, 83.2, 86.2 となった（第 5 図）。

3) ポット試験（2 次伝染の影響）

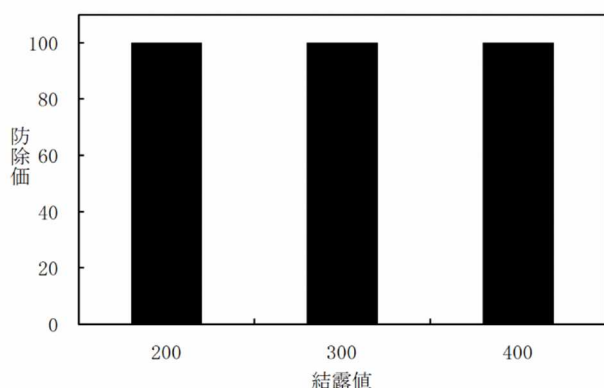
結露値を 200, 300 および 400 に設定した場合の対照の発病度は、それぞれ 24.4, 17.4, 7.7 であった。結露値を 200~400 に制御すると全く発病が認められず、いずれも防除価は 100 となり、高い防除効果が認められた（第 6 図）。

4) 圃場における防除効果

地上部を刈り取った後、2 週間程度で急激に発病が見られ始めたので、2 月 21 日に発病調査を実施した。制御区の中央部では発病度が 3.5 で、無



第 5 図 結露センサーと温風機を用いた結露値制御がニラ白斑葉枯病の発病に及ぼす影響（風乾あり）

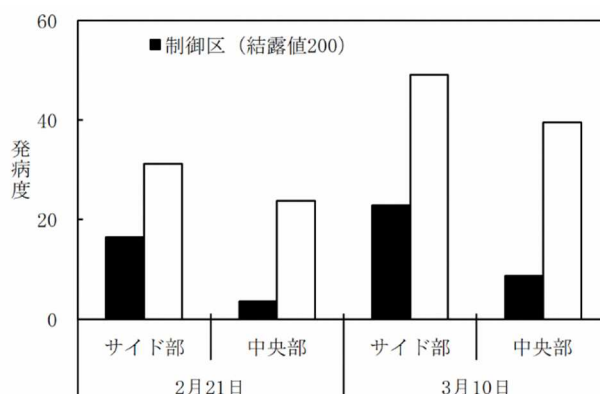


第 6 図 結露センサーと温風機を用いた結露値制御がニラ白斑葉枯病の発病に及ぼす影響（2 次伝染の影響）

制御区の 23.8 と比較しても明らかに発病が少なく、十分な防除効果が認められた。しかし、制御区のサイド部では 16.4 と無制御区の 31.2 よりも少ないものの、中央部よりも明らかに発病が多く、効果は不十分であった。病害防除コントローラーのセンサーの位置がサイドから 1.5m とやや中央寄りであったため、急遽センサーの位置をサイドから 0.5m の位置に変更した。その後、3 月 10 日に調査したが、制御区の中央部の発病度は 8.6, 無制御区は 39.5 で、サイド部の制御区は 22.9, 無制御区は 49.1 で発病の傾向は変わらなかった（第 7 図）。なお、試験期間中の燃料消費量は制御区では 14.31L, 無制御区では 2.26L であった。

考 察

各種試験を実施するために、単孢子分離した *B. squamosa* の供試菌株を保存していると 1 年程度で分生子の形成が悪くなる。このため、接種に必要な分生数を確保できないので毎年新たな菌株に変更して試験を実施した。また、*B. squamosa* の分生子をニラに接種してもほとんど発病しない場合があり、試験の遂行に支障を来した。*B. cinerea* では、ショ糖加用ジャガイモ煎汁液に分生子を懸濁することでキュウリ子葉などが発病するようになる（Shirane and Watanabe, 1985）ことが知られており、本研究においてはショ糖液を加えると安定的に発病するようになった。この方法を用いてニラ白斑葉枯病の発病適温を調査したところ、10~20℃の範囲にあるのではないかと考えられた。



第 7 図 圃場における結露センサーと暖房機を用いた結露値制御によるニラ白斑葉枯病の防除

シヨ糖無添加では15および20℃でのみ低率ながら発病することや、最も短い葉面結露時間で発病するのは15および20℃であることを考え合わせると、15～20℃が発病適温であると推察され、分生子発芽の最適温度である25℃とは一致しなかった。

B. squamosa をニラに接種しても、その後結露状態に十分な時間保たなければ全く発病しないことが、温度と葉面結露時間の関係を調査した試験結果から明らかとなった。ピーマン黒枯病などの病原菌である *Corynespora cassiicola* では、発病に最適な温度条件下においても18時間以上の結露時間が必要であるが、結露状態が一旦中断すると発病が激減する（下元, 2010）ことが知られている。しかし、今回試験した *B. squamosa* では、結露中断による発病の減少は認められなかった。また、接種後に乾燥状態に保った後、再び結露するような高湿度条件に遭遇させると発病することも明らかとなった。*B. squamosa* による白斑葉枯病では、発病に好適な結露状態になればその時間が累積し、発病に必要な時間に到達すれば発病すると推測される。

高知県では、ニラ白斑葉枯病は冬期の12月～3月に発生し、気温が上昇する4月以降はたとえ曇雨天が続いたとしてもほとんど発生が見られなくなることが経験的に知られている。発病適温は15～20℃で、25℃では発病しにくくなることから、気温の上昇によって発病が少なくなる可能性もある。しかし、気温の上昇に伴ってハウスを頻繁に換気することで結露しにくくなることが影響している可能性もある。更に、温度が高いと結露しにくいことが影響していると予想される。この現象を利用したのが結露センサーを用いた暖房機制御による加温で、既にキュウリべと病（牛尾・竹内, 2006）、トマト疫病および葉かび病（國友ら, 2016）、ピーマン黒枯病（下元ら, 2008）、シソ斑点病（下元, 2014）で発病抑制効果が確認されている。そこで、本技術を *B. squamosa* によるニラ白斑葉枯病の防除にも試みた。その結果、病原菌の接種後に風乾しないで濡れたまま制御すると、結露値100では発病を大きく抑制できたが、結露値が120～200では抑制程度が約半分に留まった。しかし、病原菌の接種後に風乾した場合や、2次伝染による発病について調査したところ、結露値が400でも高い防除効果が認められた。冬期のニラ栽培では、頭上灌水などを行って地上部の葉を濡らしてしまうと白斑葉枯病が発生しやすいことが経験的に知られており、

現地ではマルチ下で点滴チューブを使用した灌水が実施されている。このことから、実際のニラ圃場では葉が濡れることは少なく、病原菌の接種後に風乾した場合や、2次伝染による発病試験で得られた結果と同じように、結露値を400に設定しても高い防除効果が期待できると予想された。これまでに発病抑制効果が確認されている病害では、結露値を80～120に設定して病害防除コントローラーを制御している（國友ら, 2016; 下元, 2014）が、*B. squamosa* によるニラ白斑葉枯病では、こらよりもっと高い結露値で発病を抑制できる可能性があり、燃料費の節約につながる。これらの根拠に基づいて、結露値を200に設定すればほとんど発病しないと予想して圃場試験を実施した。しかし、無制御圃場に比べると発病は少なかったものの、予想に反して試験開始2週間程度で発病が見られ始めた。観察すると、暖房機の近くや圃場の中央部では発病が少ないが、サイド部では発病が多いことが判明し、結露センサーの位置に問題があることに気付いた。結露センサーの最初の設置位置は、暖房機から約8m離れたサイドから約1.5mの直立する葉の直上に設置したが、気付いた後にサイド近くに移動させた。結露センサーの最適な設置位置や結露値の最適値については、本研究では明らかにできていない。さらには燃料費が6倍以上も必要な本研究の結果から、経済性についても今後検討が必要である。今後は、最適な結露センサーの位置や結露値を見出すことによって、*B. squamosa* によるニラ白斑葉枯病を完全に防除できなくても、発病を軽減させることは可能と考えられる。

摘 要

高知県の施設ニラで冬期に多発する白斑葉枯病（病原菌名：*Botrytis squamosa*）に対して、発生に及ぼす温度や葉面結露条件を調査した。その結果、本病原菌の分生子発芽適温は25℃付近、発病好適温度は15～20℃であった。発病に要する葉面結露条件は、10℃では18時間、15℃および20℃では12時間であったが、10℃で12時間、15℃および20℃で6時間の条件では発病しなかった。結露中断による発病抑制効果は認められなかった。ポット植えのニラに分生子懸濁液を噴霧接種後、直ちにPOフィルムで被覆した枠内で病害防除コントローラー（商品名：まもるん）を用いて温風機を稼働させ

たところ、同コントローラーの固有値である結露値を 100 に制御することで発病を大きく抑制できたが、120～200 では半分程度の発病抑制に留まった。しかし、接種後に風乾させた場合や、2 次伝染による発病についての試験結果では結露値が 400 でも高い防除効果が得られた。この結果から、施設圃場において同コントローラーで暖房機を稼働させ、結露値を 200 に制御したところ、無制御よりも発病が少なかった。

引用文献

國友映里子・鈴木菊雄・牛尾進吾(2016)：ミニトマト促成栽培における結露センサー付き複合環境制御装置を利用した疫病及び葉かび病の発病抑制．関東東山病虫研報，63：18～21。
下元祥史・矢野和孝・竹内繁治(2008)：トウガラシ類黒枯病菌の感染条件と植物体の結露制御による発病抑制．日植病報，74：70（講要）。

下元祥史(2010)：ピーマン黒枯病の発病に及ぼす湿度および温度の影響．四国植防，45：1～5。

下元祥史(2014)：結露センサーを用いた加温によるシソ斑点病の防除．植物防疫，68：443～446。

Shirane, N. and Y. Watanabe(1985)：Comparison of infection process of *Botrytis cinerea* on cucumber cotyledon and strawberry petal. Ann. Phytopath. Soc. Japan, 51：501-505。

高桑 亮・斎藤 泉・谷井昭夫・田村 修(1974)：タマネギおよびニラの白斑葉枯病．北海道立農試集報，29：1～6。

牛尾進吾・竹内妙子(2006)：キュウリ促成栽培における結露センサー付き暖房機制御装置を利用したべと病の発病抑制．関東東山病虫研報，53：51～54。

矢野和孝・沖 友香・森田泰彰(2017)：高知県に分布するニラ白斑葉枯病菌の種類と薬剤の防除効果．四国植防，51：9～13。