

ラッカセイ茎腐病に対するチウラム剤の種子塗沫処理及び チオファネートメチル剤の茎葉散布による防除効果

高野幸成・金子洋平・横山とも子・鈴木健司

キーワード：落花生，茎腐病，チウラム，チオファネートメチル，防除効果

I 緒 言

千葉県は、2013年度の落花生作付面積が5,360haで、全国の77%を占めている。品種別の作付面積比率は、「千葉半立」が65%、「ナカテユタカ」が28%、「郷の香」が2%で、これらの3品種が奨励品種に採用されている(千葉県, 2014)。その他に最近では、本県で育成された「おおまさり」が現地に導入されている。「おおまさり」は、ゆで豆用途に向く品種で、従来品種に比べて莢と子実が大きく、食味も良いことから、その普及拡大が期待されている。しかし、ラッカセイ茎腐病に対する抵抗性は“弱”と判定されており(岩田ら, 2008)、現地圃場では2012年8月に本病が多発した。ラッカセイ茎腐病は、高温乾燥で発病が多いとされており(沼田, 1956)、最近の夏季における気象条件の影響から、これまであまり問題となっていなかった他の栽培品種でも本病の発生が増えている。このため、現地からは早急な防除技術の確立が求められている。

ラッカセイ茎腐病(病原菌:*Lasiodiplodia theobromae*) (以下、茎腐病とする)は、生育初期から収穫期まで見られ、その病徴は地上部が萎れ、進行すると褐色や黒褐色に乾固して、茎の表面に黒色の小粒(柄子殻)が現れる。その後、枯死した茎は黒色の粉(柄孢子)で覆われるようになり、根と茎の組織が崩壊する。通常、1株の全茎が発病するが、一部の茎だけが発病し、他の茎が健全なこともある(明日山・山中, 1953)。本病は、被害茎葉による越年が最も大きな伝染源と考えられているが、種子伝染の可能性も指摘されている(沼田, 1955)。現地でも、落花生の栽培履歴のない圃場で、茎腐病が発生する事例もあり、本病が種子伝染するか否かを明らかにする必要がある。また、現在、茎腐病に登録のある農薬はないため、本病の発生圃場では落花生の作付けを控え、健全株から採種した種子の使用や発病株の早期抜き取りといった耕種的防除で対応しているが、十分な効果は得られていない。そこで、まず茎腐病が種子伝染するか否かを判定し、次に落花生や豆類に登録のある農薬のうち、チウ

ラム剤の種子塗沫処理及びチオファネートメチル剤の茎葉への散布による防除効果を明らかにしたので報告する。

本研究を実施するに当たり、海匠農業事務所、JAちばみどり並びに銚子市の農家の皆様には、試験実施に係わる貴重なご意見などをいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

II 材料及び方法

1. 種子伝染の判定

茎腐病の種子伝染の有無を判定するため、千葉県農林総合研究センター北総園芸研究所畑作園芸研究室(現水稻・畑地園芸研究所畑地利用研究室、香取市大根1285)の茎腐病発生圃場から採種した種子を用いて、出芽及び発病状況を調査した。

供試品種は「おおまさり」で、採種株は茎腐病により一部の分枝茎が発病しているものの、莢に被害が至っていない発病株と、発病株に隣接し茎葉及び莢ともに発病のない健全株を用い、試験区をそれぞれ発病株採種区、健全株採種区とした。両区とも数十株を掘り取り、地干ししてから脱莢し、ハウス内で自然乾燥させた後、手で莢を剥き、外観が健全で充実した種子を選別した。

2013年2月1日に、オートクレーブで121°C、20分間の高圧滅菌処理した土壌を育苗箱(型式:51型, 12L)に詰め、3cm間隔に1区75粒を播種した。育苗箱は、ガラスハウス内で、30°Cに設定した電熱マット(規格:単相100V500W)の上に置いて、適宜かん水して管理した。2月28日出芽数と発病株数を調査し、それぞれ調査株数に対する比率を算出した。また、発病株については、被害部位を光学顕微鏡で検鏡し、本病菌の柄孢子の有無を確認した。

2. チウラム剤の種子塗沫処理による防除効果

茎腐病に対するチウラム剤(商品名:キヒゲン R-2フロアブル, 有効成分40%)の種子塗沫処理による防除効果を明らかにするため、2012年に畑作園芸研究室の屋内に設置した土壌恒温槽を利用して、ポット試験を実施した。

供試品種は「おおまさり」で、前年に茎腐病の発生が見られなかった栽培圃場から採種した健全種子と、その一部を本病菌(供試菌株:LT2-1)の柄孢子懸濁液(4.0×10^3 個/mL)

に数分間浸した汚染種子の2種を用いた。供試土壌は、滅菌土壌と茎腐病菌の汚染土壌の2種とした。滅菌土壌には、落花生栽培土壌をオートクレーブで121°C、20分間の高圧滅菌処理したものを用いた。汚染土壌は、その滅菌土壌7.2kgに対して、茎腐病菌の柄孢子懸濁液(4.0×10³個/mL)を5mL加え、さらに金子ら(2015)の手法で作成した茎腐病菌(供試菌株:LT2-1)の柄子殻を多量に形成した感染ナシ枝の皮を土壌容積比約5%の割合で加えて、均一に混和して作成した。チウラム剤は、乾燥種子1kg当り原液20mLを塗抹処理(以下、処理とする)した。試験区は、健全種子にチウラム剤を処理して汚染土壌に播種した健全種子薬剤処理+汚染土区、健全種子を汚染土壌に播種した健全種子薬剤無処理+汚染土区、汚染種子にチウラム剤を処理して滅菌土壌に播種した汚染種子薬剤処理+滅菌土区、汚染種子を滅菌土壌に播種した汚染種子薬剤無処理+滅菌土区、これに健全種子を滅菌土壌に播種した対照区を加えて、5試験区とした。

各区とも2012年11月9日にそれぞれの土壌を275mLのスチロールカップに詰め、各種子を播種後、水温25°Cの土壌恒温槽に設置し、土壌適湿状態(含水率:36%)で36日間管理した。試験規模は1区18株で、12月15日に出芽数と発病株数を調査し、それぞれ調査株数に対する比率を算出した。

3. チオファネートメチル剤の茎葉散布による防除効果

茎腐病に対するチオファネートメチル剤(商品名:トップジンM水和剤、有効成分70%)の茎葉散布による防除効果を明らかにするため、2013年と2014年に散布時期を変えて、畑作園芸研究室圃場で試験を実施した。

(1) 慣行防除時期の散布試験

ラッカセイ褐斑病や黒渋病を対象とした現地慣行の防除時期を想定した2013年の散布試験は、前年に落花生「おおまさり」を栽培した際、茎腐病が発病した圃場で行い、「おおまさり」を連作した。試験区は、チオファネートメチル剤を散布した慣行処理区と、本剤を散布しない無処理区を設けた。慣行処理区の薬剤散布は、7月22日と8月5日の2回行った。薬剤散布直後に降雨は見られなかった。両時期とも希釈倍数は1,500倍で、ポリオキシエチレンヘキサン脂肪酸エステル展着剤(商品名:アブローチBI、有効成分50%)を散布液10L当たり5mL添加した。散布液量は、7月22日が250L/10a、8月5日が300L/10aで、電池式噴霧器(型式:IR-N3000)を用いて散布した。試験規模は、1区63m²、3反復とした。

栽培は、3条穴あきの緑色ポリエチレンフィルムを用い、銚子市慣行の平畦マルチ栽培で行った。10a当たり施肥分量は、窒素3kg、リン酸9kg、加里12kgで、栽植様式はベッド幅150cmの3条播き(条間50cm、株間48cm)、通路

幅60cmとし、施肥及び畦立てを5月16日に行った。その際、茎腐病の発生を促すため、各試験区の63m²区画内の3畦のうち、中央畦に当たる21m²に対して、前年に発病した「おおまさり」被害株を土壌混和した。被害株は、採取後に日陰で自然乾燥させた後、そのまま常温状態で保管したものを2cm程度に細断し、1区当たり約37L混和した。さらに、茎腐病の均一な発病を促すため、マルチ被覆後、中央畦の3条播きベッドの中央条に当たる株の間48cm間隔に、金子ら(2015)の手法で作成した茎腐病菌の感染ナシ枝(長さ15~20cm)を縦に7~10cm挿し込んで設置した。播種は5月16日、2粒播きとした。播種直後から、鳥害防止のため、ポリエステル製長繊維不織布(商品名:パスライト)をマルチ上にべたがけ被覆し、6月2日に除去した。間引きは6月3日に行い、1株1本立てとした。マルチフィルムは、6月24日に除去した。かん水は、7月23日と8月23日に各50mm程度行った。殺菌剤の処理は、チオファネートメチル剤以外、両区とも行わなかった。なお、栽培期間中、茎腐病の発病株は抜き取らなかった。

発病調査は、試験区画内の欠株を除く全株を対象に、1回目散布の7月22日から、2回目散布42日後の9月16日まで1週間間隔で行い、発病株数と発病による枯死株数を調査し、それぞれ調査株数に対する比率を算出した。

(2) 生育初期の散布試験

2014年の生育初期の散布試験は、前年と同一圃場で行い、「おおまさり」を3連作した。試験区は、チオファネートメチル剤を散布した早期処理区と、本剤を散布しない無処理区を設けた。早期処理区の薬剤散布は、生育初期の6月10日と6月26日の2回行った。散布直後に降雨は見られなかった。両時期とも展着剤は添加せず、希釈倍数を1,500倍とした。散布液量は、6月10日が100L/10a、6月26日が150L/10aで、前年同様の電池式噴霧器を用いた。試験規模は、1区63m²、3反復とした。

10a当たり施肥分量及び栽植様式は前年同様で、5月14日の施肥及び畦立ての際、前年に発病した「おおまさり」被害株を前記試験と同じ方法で土壌混和した。また、金子ら(2015)の方法で培養した感染ナシ枝は、各試験区の63m²区画内の全ての畦に対して、3条それぞれの株の間48cm間隔に設置した。播種は5月14日に3粒播きとし、播種直後からポリエステル製長繊維不織布をべたがけ被覆し、5月30日に除去した。間引きは6月9日に行い、1株1本立てとした。マルチフィルムは、6月25日に除去した。殺菌剤の処理は、チオファネートメチル剤以外、両区とも行わなかった。なお、生育期間中は、前年同様に発病株の抜き取りはしなかった。

発病調査の方法は前年同様で、1回目散布の6月10日から、2回目散布12日後の7月8日まで1週間間隔で行った。

III 結 果

1. 種子伝染の判定

採種株の異なる落花生種子の出芽率及び茎腐病の発病株率を第1表に示した。出芽率は、発病株採種区が91%、健全株採種区が95%であった。茎腐病の発病株率は、発病株採種区が1%、健全株採種区が0%であった。発病株については、被害部位を検頭し、茎腐病菌の柄胞子を確認した。

2. チウラム剤の種子塗沫処理による防除効果

チウラム剤の種子塗沫処理と茎腐病菌汚染の有無による落花生の出芽率及び茎腐病の発病株率を第1図、第2図に示した。落花生の出芽率は、対照区が100%であった。健全種子と汚染土を用いた試験区では、健全種子薬剤処理+汚染土区の100%に対して、健全種子薬剤無処理+汚染土区が28%と有意に低かった。汚染種子と滅菌土を用い

た試験区では、汚染種子薬剤処理+滅菌土区の83%に対して、汚染種子薬剤無処理+滅菌土区が33%と有意に低かった。

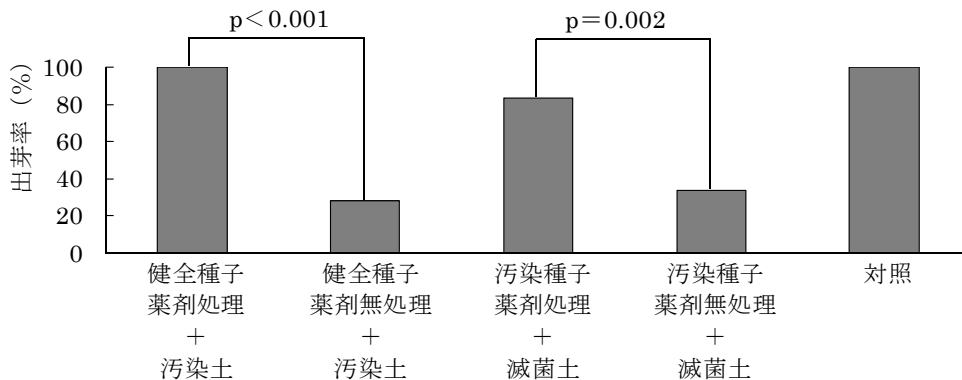
茎腐病の発病株率は、対照区が0%であった。健全種子と汚染土を用いた試験区では、健全種子薬剤処理+汚染土区の39%に対して、健全種子薬剤無処理+汚染土区が94%と有意に高かった。汚染種子と滅菌土を用いた試験区では、汚染種子薬剤処理+滅菌土区の28%に対して、汚染種子薬剤無処理+滅菌土区が78%と有意に高かった。

第1表 採種株の異なる落花生種子の出芽率及び茎腐病の発病株率

試験区	落花生の出芽率 (%)	茎腐病の発病株率 (%)
発病株採種	91	1
健全株採種	95	0

注1) 調査株数は、1区75株である。

2) 健全株採種区は、発病株の隣接株から採種。



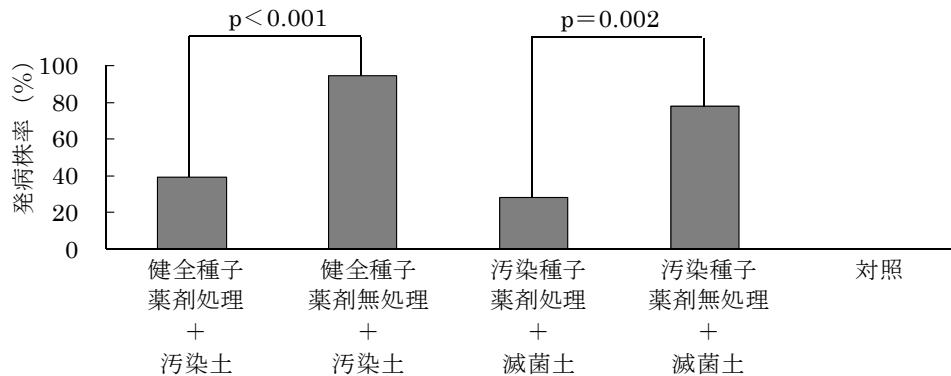
第1図 チウラム剤の種子塗沫処理と茎腐病菌汚染の有無による落花生の出芽率

注1) 調査株数は、1区18株である。

2) 汚染種子と汚染土は、それぞれ健全種子と滅菌土壌に茎腐病菌を接種して作成した。

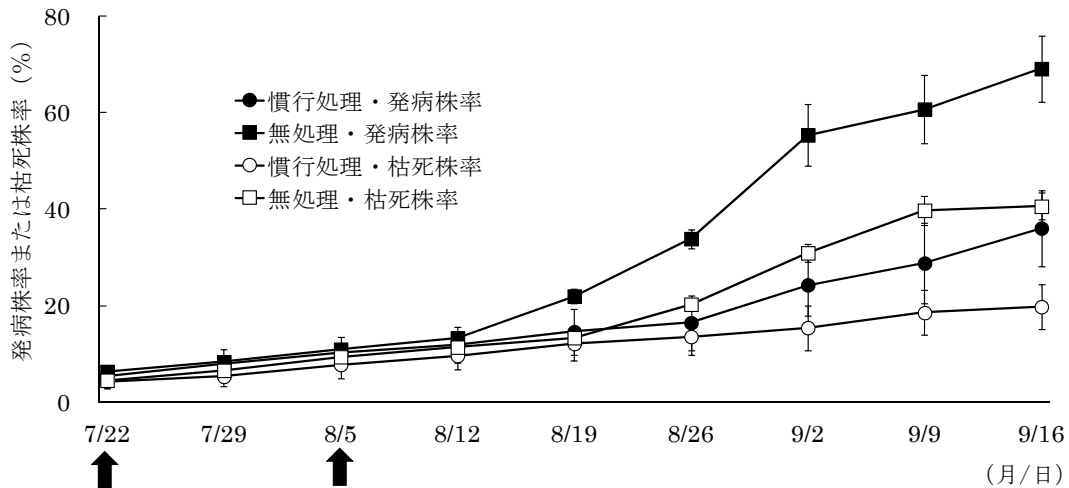
3) 対照区は、健全種子にチウラム剤を処理せず、滅菌土壌に播種した。

4) 統計検定(尤度比検定)は、健全種子と汚染土、汚染種子と滅菌土を用いた試験区ごとに行った。



第2図 チウラム剤の種子塗沫処理と茎腐病菌汚染の有無による茎腐病の発病株率

注) 第1図の注に同じ。



第3図 チオファネートメチル剤の慣行処理の有無による茎腐病の発病株率及び枯死株率の推移
 注1) 1区3反復設け，経時的に反復調査した平均値。
 2) 図中の縦線は，標準誤差 (n=3) を示す。
 3) 矢印は，慣行処理区におけるチオファネートメチル剤の散布日 (7月22日，8月5日)。
 4) 9月16日の発病株率及び枯死株率には，慣行処理区と無処理区でいずれも有意差が認められた (t検定，p=0.035，p=0.019)。

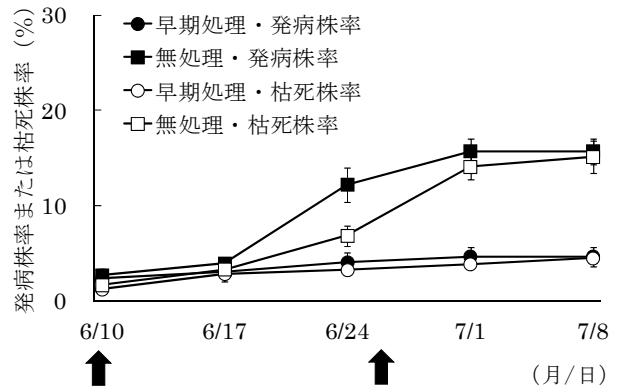
3. チオファネートメチル剤の茎葉散布による防除効果

(1) 慣行防除時期の散布試験

チオファネートメチル剤の慣行処理の有無による茎腐病の発病株率及び枯死株率の推移を第3図に示した。初発は6月3日に認められた。1回目散布時の7月22日における発病株率は，慣行処理区が5%，無処理区が6%で，2回目散布から1週間後の8月12日まで両区とも同程度に推移した。8月19日の発病株率は，慣行処理区の15%に対して，無処理区が22%とやや高くなり，その後両区の差は大きくなり，9月16日には慣行処理区の36%に対して，無処理区が69%と有意に高かった。一方，枯死株率は，9月2日から両区の差が大きくなり，9月16日には慣行処理区の20%に対して，無処理区が41%と有意に高かった。

(2) 生育初期の散布試験

チオファネートメチル剤の早期処理の有無による茎腐病の発病株率及び枯死株率の推移を第4図に示した。初発は6月3日に認められた。1回目散布時の6月10日における発病株率は，早期処理区が2%，無処理区が3%で，6月17日まで両区とも同程度に推移した。両区の差は，2回目散布前の6月24日に大きくなり，7月8日には早期処理区の5%に対して，無処理区が15%と有意に高かった。同様に，7月8日の枯死株率は早期処理区に対して，無処理区が有意に高かった。



第4図 チオファネートメチル剤の早期処理の有無による茎腐病の発病株率及び枯死株率の推移
 注1) 1区3反復設け，経時的に反復調査した平均値。
 2) 図中の縦線は，標準誤差 (n=3) を示す。
 3) 矢印は，早期処理区におけるチオファネートメチル剤の散布日 (6月10日，6月26日)。
 4) 7月8日の発病株率及び枯死株率には，早期処理区と無処理区でいずれも有意差が認められた (t検定，p=0.002，p=0.004)。

IV 考 察

ラッカセイ茎腐病は，被害茎葉が越年し，翌年の伝染源となることが報告されているが (沼田，1955)，種子伝染については，十分解明されていない。種子伝染は，汚染種子から発芽した植物が種子によって運ばれた病原体により発病することを意味することから (國安，1999)，茎腐病の発生圃場から掘り取った株から採種した種子を

滅菌土壤に播種して、種子伝染の有無を調査した。その結果、ごくわずかではあるが、一部の分枝茎が発病している株から得られた種子で、出芽後の発病と被害部の柄子殻から生じた柄胞子を確認した。このことから、茎腐病は種子伝染する可能性があることが明らかとなった。種子伝染は、病原体が種子組織内へ侵入して汚染する侵入型汚染、単に種子表面に付着して汚染する付着型汚染、種子袋 (lot) の中に混ざり込んで汚染する混入型汚染の三つに区分される (國安, 1999)。茎腐病は、その被害により莢や若い種子が褐変腐敗することがあるが (明日山・山中, 1953)、本試験では外観が健全で充実した種子を用いたこともあり、生育過程で種子組織内に病原菌が侵入し、侵入型の汚染種子で種子伝染した可能性は低いと考えられる。一方で、沼田 (1955) は、農家では脱穀機を用いて茎葉を粉碎して莢だけ選別し、選別した莢を手で割り、種子とする場合もあるので、このような種子伝染も考え得るのではないかと推察している。採種調製過程において、罹病植物体の破片や汚染土壤が種子に混入すると、付着型汚染や混入型汚染を起こすことがあり (國安, 1999)、本試験でも種子調製の作業工程上で、莢に付いている土壤を通じて、茎腐病菌が種子に付着し、付着型の汚染種子によって発病した可能性が考えられる。このため、種子伝染の様式をさらに検証し、伝染経路の詳細を明らかにすることが必要である。

落花生栽培では、鳥害の多い場所で、チウラム剤を種子に塗沫処理して播種することが多い。本剤に茎腐病に対する防除効果があれば、第一次伝染を防止する上で効果的であると考えられた。そこで、茎腐病菌の汚染土壤と汚染種子を作成し、チウラム剤処理の有無による出芽及び発病状況を調査した。その結果、土壤伝染を想定した汚染土壤に対しては、チウラム剤の種子塗沫処理によって、落花生の出芽率が明らかに向上し、茎腐病の発病が大幅に抑制された。同様に、種子を本病菌に浸して行った種子伝染を想定した汚染種子に対しても、出芽率の向上と発病抑制効果が認められた。本試験では、未出芽の種子について、顕微鏡による茎腐病菌の有無を確認していないが、健全種子を滅菌土壤に播種した対照区では全て出芽し、発病も見られなかったことから、人為的に接種した茎腐病菌により、出芽しなかったと推察された。このように、茎腐病に対するチウラム剤の防除効果が明らかとなり、塗沫処理した種子を播種することによって、土壤中や種子に付着した病原菌による第一次伝染を抑制できると考えられた。なお、種子汚染の状態は種子消毒方法と深く関連し、侵入型汚染種子では病原体が種子組織内に侵入しているために浸透性殺菌剤を必要とするが、付着型汚染や混入型汚染種子では特に浸透性殺菌剤でなくとも効果が現れる (國安, 1999)。チウラム剤は非浸透性殺菌剤であることから (大畑,

1999)、本試験の付着型汚染種子に効果があったと考えられる。

上記試験では、茎腐病菌の高密度条件で行ったこともあり、チウラム剤を処理しても発病する株が見られた。また、現地では鳥害防止にチウラム剤を処理した場合でも、茎腐病の発病事例があり、本剤の持続効果や浸透移行しない特徴からも種子塗沫処理だけでは、茎腐病菌による感染を防ぐことが困難であると考えられた。そこで、茎腐病の発生圃場において、チオファネートメチル剤を用いた茎葉への散布試験を行った。まず 2013 年に、高温乾燥期に当たる慣行防除時期の散布試験の結果、慣行処理区は 2 回目散布 (8 月 5 日) の 14 日後に、無処理区と比較して発病株率が低くなり、さらに日数の経過に伴いその差が広がった。最終調査の 9 月 16 日には、発病株率と枯死株率が無処理区の約半分に低減した。次に、茎腐病は落花生の生育が進むと無傷では感染が起こりにくくなるが、幼苗では無傷でも容易に感染するとされていることから (明日山・山中, 1953)、翌年の 2014 年に、感受性が高く発病しやすいと想定される落花生の生育初期に散布試験を実施した。その結果、早期処理区は 1 回目散布 (6 月 10 日) の 14 日後に、無処理区と比較した発病株率が明らかに低くなり、防除効果が現れた。さらに 2 回目散布 (6 月 26 日) 以降も発病を抑制し、7 月 8 日の発病株率及び枯死株率は無処理区の 1/3 に低減した。このように、多発しやすい夏季の高温期と、茎腐病に感染しやすいとされる落花生の生育初期の両時期とも、本病に対するチオファネートメチル剤の防除効果が確認された。なお、2013 年の試験では展着剤を添加したが、2014 年の試験結果から展着剤を添加しなくても、茎腐病に対する十分な防除効果が得られた。

以上のことから、落花生の茎腐病対策には、まずチウラム剤の種子塗沫処理によって、土壤伝染及び種子伝染による第一次伝染を防止することが必要である。次に、出芽後に発病した際には、チオファネートメチル剤を散布し、第二次伝染による被害拡大を防ぐことが有効であると考えられる。また、本試験では茎腐病の発病を促すため被害株の抜き取りは行わなかったが、沼田 (1966) によると、茎腐病菌の柄胞子の飛散は、枯死株が発生し始めた直後から確認されたと報告していることから、第二次伝染の伝染源となる柄胞子の飛散を防止するため、発病株の早期抜き取りによる耕種的防除を併せて行うことが有効と推察される。ただし、チウラム剤とチオファネートメチル剤は、ラッカセイ茎腐病への登録はないため、その適用拡大が望まれる。また、チオファネートメチル剤は、落花生と同じ豆類のダイズ紫斑病に対して、生育期の 6 回以上の散布によって、耐性菌が出現したと報告がある (Sakai, 1999)。落花生でも、本剤を連用することによって、茎腐病を含め

た病害に対する耐性菌の出現が懸念されるため、必要最小限で効果を発揮する防除適期や防除回数について検討を要するとともに、生育期の散布剤として茎腐病に有効な他の殺菌剤を探索することが重要である。

V 摘要

落花生の茎腐病対策として、本病が種子伝染するか否かを判定するとともに、チウラム剤の種子塗沫処理及びチオファネートメチル剤の茎葉散布による防除効果を明らかにした。

1. 茎腐病は、本病の発生株から採種した種子を滅菌土壌に播種した際に発病が確認されたことから、種子伝染する可能性がある。
2. 茎腐病菌の汚染土壌及び汚染種子を用いたポット試験において、チウラム剤の種子塗沫処理は、本病の発病を抑制し、防除効果が認められた。
3. 茎腐病の発生圃場におけるチオファネートメチル剤1,500倍液の茎葉への散布は、本病の発病を抑制し、防除効果が認められた。

VI 引用文献

- 明日山秀文・山中 達 (1953) ナンキンマメの茎腐病. 日植病報. 18:28-32.
- 岩田義治・清島浩之・長谷川 誠・松田隆志・鈴木一男・曾良久男・坂巻有香里 (2008) 落花生新品種「おおまさり」の育成経過とその特性. 千葉農総研研報. 7: 17-26.
- 金子洋平・高野幸成・鈴木達哉・牛尾進吾 (2015) ナン枝を利用したラッカセイ茎腐病菌 (*Lasiodiplodia theobromae*) の分生子の簡易な形成法. 千葉農林総研研報. 7:101-106.
- 國安克人 (1999) 種子伝染病の生態と防除—健全種子生産をめざして— (大畑貫一・國安克人・高橋廣治・栃原比呂志・長尾記明 編). pp.9,pp22. 社団法人日本植物防疫協会. 東京.
- 沼田 巖 (1955) ナンキンマメ茎腐病の第1次伝染経路について. 関東病虫研報. 2:27.
- 沼田 巖 (1956) 落花生茎腐病の発生と土壤水分との関係. 関東病虫研報. 3:47.
- 沼田 巖 (1966) 落花生茎腐病の発生時期と柄胞子の飛散との関係. 関東病虫研報. 13:63.
- 大畑貫一 (1999) 種子伝染病の生態と防除—健全種子生産をめざして— (大畑貫一・國安克人・高橋廣治・栃原比呂志・長尾記明 編). pp.80. 社団法人日本植物防疫協会. 東京.
- Sakai, Y. (1999) Optimum Timing of Thiophanate-methyl Application in the Control of Purple Stain on Soybean Seed with Consideration of Development of Resistance. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 65:510-514.
- 千葉県 (2014) 千葉の園芸と農産. pp.54. 千葉県農林水産部生産振興課.

Control of Peanut Stem Rot Disease by Thiram Seed Disinfection and Thiophanate-methyl Foliar Application

Yukinari TAKANO, Youhei KANEKO, Tomoko YOKOYAMA and Kenji SUZUKI

Key words : peanut, stem rot disease, thiram, thiophanate-methyl, control effect

Summary

We determined whether peanut stem rot disease was seed-borne and investigated its control by thiram seed disinfection and thiophanate-methyl foliar application.

1. Peanut stem rot disease occurred on peanut when seed harvested from diseased stock was grown in sterilized soil. We therefore concluded that peanut stem rot disease was seed-borne.
2. In a test using soil and seed contaminated by peanut stem rot disease, the disease was controlled by thiram seed disinfection.
3. Peanut stem rot disease was also controlled by thiophanate-methyl foliar application in a field in which the disease occurred.