

クリーン種苗の生産技術：野菜病害

元 農林水産省農業研究センター くに やす かつ と
 國 安 克 人

はじめに

クリーン種苗の生産技術といえば、まず種子消毒が想定される。しかし、かつての有機水銀種子消毒剤のように、広い範囲の病害に高い効果を有するような農薬は少なく、いまでは特定の病害に有効な特効薬的なものが主体となっている。一方野菜の種類も多く、それらを侵害する種子伝染性病害の種類も極めて多いことから、種子の汚染を的確に診断し、適農薬を選定して種子消毒を実施することは現段階では困難である。また、広い範囲の病害に有効な乾熱消毒のような熱による種子消毒が野菜種子では広く普及したが、新しい種子を消毒し、貯蔵せずに播種することで対応しないと発芽力の低下が問題となる。

このような情勢から、野菜のクリーン種子の生産技術は次のような種子生産の各過程で汚染防止対策を確立し、それらを総合した技術体制を作る必要がある

①原種、原原種などの採種、保存過程、②採種栽培過程、③種子調整過程、④包装・流過程、⑤種子の自家消毒の位置づけ・無農薬栽培と薬剤処理。

上述した事項には既成の技術は少なく、今後の試験研究を必要としている場合が多い。

本稿では、紙数に制限があるため「種子伝染病の生態と防除」(大畑ら, 1999)の野菜関連の部分の補足的な記述とした。

I 日本における野菜の種子伝染性病害の発生状況

種子伝染性病害の種類を「種子伝染病の生態と防除」(大畑ら, 1999)から、その各論に記載のない病害や、その後発表された病害などを、以下に補足した。

1 新侵入病害、スイカ果実汚斑細菌病

Acidovorax avenae subsp. *citrulli* が1998年、東北地方のスイカ産地で発生し、種子伝染することが判明し(白川ら, 1999)、抗血清を利用した病原細菌の検出法が開発された(水野ら, 1999)。なお本病については我が国が侵入を警戒する種子伝染性病原体として記載されて

いる(川合, 1999)。

2 パーティシリウム病

日本では比較的新しい病害で、1954年ナス半身萎凋病、1956年にイチゴ萎凋病の発生が報告されたが、その後1970以降から急激に多発するようになった。発病拡大の原因として種子伝染があげられるが、トマト半身萎凋病(飯嶋, 1983)、ナス半身萎凋病(橋本, 1986)の種子伝染による拡散は重要とはいえない結果となっている。ホウレンソウの種子は果実に相当し、種皮と果皮の導管部に病原菌が侵入し、種子伝染する(VAN DER SPEK, 1973)とされている。

3 *Fusarium oxysporum* による病害

養液栽培のネギに萎凋病が発生し、種子伝染が確認された。40°C、24時間の予備乾燥後、80°C、4日間の乾熱消毒が有効であった(大野ら, 1996)。ダイコン萎黄病菌が維管束を經由して花茎からさく果、種子に移行し、採種した種子を播種し子苗発病を観察した。またメロンつる割病罹病株に着生した果実が後熟による果実腐敗から高率の汚染種子が得られた。田中ら(1997)はメロンつる割病菌レースの種子伝染を報告している。

4 ウリ類つる枯病

メロン栽培では、未熟果を玉ふきと称してベノミル剤を浸した布で拭く作業が行われていたが、それに伴って果実表面が円形に陥没腐敗し、さらに内部の種子腔まで腐敗する被害が発生した。障害部からつる枯病菌が分離され、ベノミル耐性菌と同定された。このような、果肉が腐敗した果実から採種すると、種子表面に病原菌の菌体や汚染果肉片が付着した汚染種子が得られた。RANKIN(1954)はスイカつる枯病汚染種子から発芽した子苗の病徴は地際部より少し下部に生じたと報告している。LEEら(1984)によるとキュウリつる枯病汚染種子の種皮表面や外胚乳、胚から病原菌を検出し、汚染種子から発芽した子苗の最初の病徴は幼根、胚軸、子葉に現れた。幼根感染では苗立枯れを生じ、胚軸や子葉感染では第一本葉や茎に病徴を生じた。菌の分離は寒天培地法よりもブロッター法(湿紙法)が適していた。本病の種子伝染による発病では、接ぎ木苗を用いた研究が必要である。温室メロンの台木品種の「オオイ」は本病に弱い(鈴木, 1966)。

5 ニンジンのアルタナリア病

黒葉枯病 *Alternaria dauci* や黒斑病 *Alternaria radicina* は種子伝染病害とされているが、日本では研究が少ない。黒葉枯病は根を侵害しないが、黒斑病は根を侵害する。黒葉枯病では花序の各部位はすべて罹病性で、どの部位も空中を飛散する病原菌により侵害される。果実=種子(分離果)は未熟、成熟ともに感受性であった。未熟種子が感染すると胚や胚乳が侵害され発芽力を失ったが、熟した種子では病原菌は主として果皮に分布し、種子は発芽力を有している (STRANDBERG, 1983)。黒斑病も同様な汚染経路と思われる。

6 その他

トレイ育苗・機械移植栽培のキャベツに根朽病が発生し、種子汚染率は3~6%であった。50°C、5分間の湯湯浸漬消毒が有効であった(中野, 1999)。養液栽培のミツバに菌核病が発生し、種子に菌核の混在が認められた。シュンギク炭そ病は新種子が古種子よりも発病が多かった(菅田ら, 1966)。モロヘイヤ黒星病 (*Cercospora corchori*) の種子伝染が認められ、茎葉に分生胞子を接種して得た汚染種子の消毒試験で40°C、1日間の予備乾燥後、87.5°C、6~7日間の乾熱消毒が有効であった(三上, 1995, 1999)。タマネギ種子から黒かび病菌 *Aspergillus niger* が50%の汚染率で検出された(衣川ら, 1989)。アメリカネナシカズラが埼玉県下の野菜栽培地にまん延して被害を与えた(矢口ら, 1993)。ここでは学名が *Cuscuta pentagona* となっているが、*C. campestris* などに細分する見方もある(浅川, 1975)。

II クリーン種子の生産技術

1 野菜種子とその採種栽培の特徴

① 野菜生産では多くはF₁種子から始まり、接ぎ木栽培では台木、穂木の二重の種子を使用し、種子依存性が高く、クリーン種子の必要性が高い。

② 野菜種子は一般的に単価が高く、また軽量で輸送性があり、商品化率が高くF₁種子などにより収益を確保することができ、技術開発への投資の採算性が高いことから、生産は私企業が主体となっている。反面、採種状況が把握し難いことから、公共的研究機関の取り組みが難しい。

③ 野菜の採種栽培では栄養と生殖成長期間における生理・生態的差異が大きく、好適条件が一致しないことから、生産地が即採種地の適地であるとは限らない。そのため種子生産地の国際化や地域分散化が進み、採種地の採種栽培管理に地域差を生じ、汚染種子生産の可能性が大きい。また種子市場の国際化から種子検疫の規制が

強くなる。

④ 野菜は生鮮茎葉、青果の生産が大部分で、完熟種子を最終的産物とした生産は極めて少ない。またF₁種子生産、自家不和合性、交雑防止、母本選択など採種栽培上においてそれぞれ特異技術を要する。また野菜の種類や種子伝染性病害も多い。そのため画一的な対応が困難で、これらの特殊技術と種子汚染との関連の解明を要する

⑤ 苗生産と栽培の分化が進み、トレイ育苗などの密播種に伴い種子伝染病が多発しやすい。スイカ汚斑細菌病は接ぎ木後の高湿条件(白川ら, 1999 a)、ユウガオ台スイカ苗では接ぎ木による二次伝搬で発病が多くなる(國安ら, 1977)。一方、果菜類では断根接ぎ木苗をセルポットに挿し木する前に流通に移す試みもある(白木ら, 1998)が、断根接ぎ木では幼苗期の根の切断で種子伝染による発病が減少する可能性もある。

2 クリーン種子の生産技術

(1) 原種、原原種などの採種、保存過程

種子伝染性病害対策の出発点は、市販種子の元となる原種、原原種などがクリーンであることである。原種、原原種種子の生産には極力無病種子の生産に努め、さらに汚染度を調査し、播種直前に種子消毒を行う。種子保存前の消毒は貯蔵期間に発芽障害を生じる恐れがある。

(2) 採種栽培過程

種子の汚染は、発病した母植物から病原が種子に移行し汚染種子を生じることが多いので、採種植物の発病を抑制することが重要である。クリーン種子の播種、輪作、適切な水管理、隔離栽培により発病を減少させ、発病株の除去、雑草防除など圃場衛生に努める。頭上灌水栽培や採種期の降雨は発病を助長する。対策例として岐阜県の雨よけ栽培によるタマネギの採種栽培(加藤, 1985)があげられる。ハクサイの採種栽培で降雨により莢の乾燥が遅延すると莢の内部で *Alternaria* spp. や黄化病菌などの病原菌が増殖して種子汚染率が増加する(萩原, 1984) キュウリ褐斑病は成熟果実の表面の傷口から病原菌が侵入し、果肉を腐敗させて種子を汚染する。その際にウリハムシの加害部が侵入孔となることから、本害虫の防除も必要となる(狭間, 1999)。採種植物に対する薬剤の茎葉散布は有効でキャベツ採種栽培では、イプロジオン剤を莢の緑色期から収穫期までに3週間間隔、3回散布で黒すす病 *Alternaria brassicicola* の汚染が低下した (HUMPHERSON-JONES et al., 1982)。

ニンジンアルタナリア病などに対しては、種子の登熟期に浸透性殺菌剤を散布し種子内部に浸透させておくと、採種中の種子汚染防止と同時に種子消毒効果も得ら

れることが期待される。チオファネートメチル剤は土壤灌注後直ちにナス果実で検出され61日残留したが、ペノミル剤は果実に移行しなかった(形山ら, 1975)。

トマトのF₁種子生産では除雄や交配作業によりTMVや潰瘍病などが伝搬する可能性がある。またアブラナ科野菜の選択母本株の貯蔵中に菌核病などが発生し、種子汚染の原因となる。

(3) 種子調整過程

野菜種子の調整法は詳細は不明であるが、果実や種子の形態から次のように大別されると思われる。

湿果からの種子調整：多汁質の果肉の内部に種子が含まれているもので、主として果菜類が相当する。一般的に果肉と種子を分離するために発酵法や塩酸処理が行われている。発酵法ではトマト潰瘍病汚染を減少させるが、ユウガオつる割病では果肉腐敗過程で病原菌が増殖し高率な汚染種子が生じている例がある。採種後の種子乾燥に太陽熱乾燥が種子消毒に有効であったという報告をみかけたが、種子の調整過程で加熱、薬剤処理などの積極的な種子消毒処理の検討が望まれる。ユウガオ採種ではつる割病汚染防止のため、果肉を早急に腐敗させる細菌を選抜し種子調整に利用する試みもあったが、拮抗菌を選抜すれば生物的種子消毒効果が期待される。

裂開果からの種子調整：アブラナ科野菜、オクラ、マメ科野菜などの種子で、完熟後は莢が裂開して脱粒する種子で風選または篩別によって種子調整が行われる。莢に侵入した病原菌は取り除かれるが、ハクサイ黄化病では刈り取り後莢が湿った状態で放置されると病原菌が莢の内部で増殖し、種子汚染率が高くなるので、速やかに乾燥させる必要がある(萩原, 1988)。罹病植物残渣や菌体が塵となり、静電気などにより種子表面に付着して汚染する。高性能の脱塵装置の開発を要する。

閉果からの種子調整：成熟し乾燥したあとでも果実に種子が密着して離脱しない果実=種子、外生種子でホウレンソウ、ニンジン、ゴボウ、レタスの種子がこれに相当する。空気伝染性病原菌が果皮部に付着または侵入すると即、種子汚染となる。裂開果と同様に風選または篩別によって種子調整が行われる。ニンジン種子の毛、棘その他の夾雑物を除き全種子重量の16%を除去すると種子汚染率が26.4%から4.8%に減少した(STRANDBERG, 1983)。

このように、野菜種子調整法の特徴と種子汚染機構の解明およびそれに基づく種子調整法の確立が必要である。

(4) 包装・流通過程

種子生産の最終過程で各地の採種地から種子が銘柄ご

とに集められ、種子消毒など各種の加工が施されて最終的に包装され、流通に移される。

① 種子消毒法(野菜種子消毒試験用汚染種子作成法)

種子消毒の効果の判定には病原^{いき}閾値を決定し、消毒によって少なくとも汚染率を閾値以下に下げる必要がある。汚染程度が閾値以下であればクリーン種子とみなされるが、種子の輸出地が未発病であれば汚染なしの種子が要求される。閾値の決定には感度がよく、迅速、安価、正確、再現性の高い種子検査方法の確立と、種子汚染率と栽培地における発病、被害との関連性を把握する必要がある。閾値は作物の種類、品種抵抗性、気象特に温度、湿度、病原の発病生理・生態、第二次伝搬能、作物栽培法などが影響する。

種子消毒法については、「種子伝染病の生態と防除」(大畑ら, 1999)に具体的に記されているので、ここでは種子消毒試験に供試する汚染種子の作成方法について述べる。

1) 種子消毒試験用汚染種子の重要性

種子消毒試験に供試する種子は、採種圃場で自然発病した罹病株から採種した自然汚染種子を利用するのが理想的であるが、これを確保することは困難な場合が多い。したがって人工培地で培養した菌体の懸濁液に種子を浸漬したいわゆる人工汚染種子が用いられるが、自然汚染種子と人工汚染種子では消毒試験効果に差が現れる。ユウガオの乾熱消毒では人工培地で培養した病原菌懸濁液(小型分生子が主体)に市販種子を浸漬して作成した人工汚染種子では70°C、4~5日間の乾熱消毒処理で有効であったが、自然汚染種子(厚膜胞子が多い)を用いた場合には75°C、7日間の処理を必要とした(國安ら, 1978)。次亜塩素酸ナトリウム4×10⁴倍水溶液でユウガオつる割病菌を処理すると小型分生胞子の発芽率は0.1%とほぼ完全に阻止されたが、厚膜胞子の発芽率は91.6%でほとんど阻止効果がなく、両孢子間の耐性に大きな差があった(竹内ら, 1978)。このように種子消毒試験には自然汚染種子を供試する必要がある。

2) 野菜種子消毒試験用汚染種子の作成法

トマト萎凋病、ウリ類つる割病：導管を經由して果実に侵入した病原菌による果肉腐敗により高率な汚染種子が得られる。発病圃場(人工接種圃場)で発病株に着果した罹病果実(果柄維管束が褐変したものを)を採種し2~3週間室内で腐熟させたのちに採種する(國安ら, 1977; 國安, 1981)。完熟した果実に培養病原菌懸濁液を数か所注入し、腐敗させても汚染種子を得る可能性もある。ウリ類つる割病では果汁利用接種による汚染種子

作成法が開発されている（竹内ら，1978）。

キュウリ斑点細菌病：汚染種子は果実表面から侵入した病原菌による果肉腐敗で生じる。開花後20日ごろの果実数か所に病原細菌を針接種し、果実を腐敗させる（河本，1999）。これに準じた方法で汚染種子作成が可能なものとしてキュウリ褐斑病（狭間，1999）、トマト萎凋病、同根腐萎凋病、ウリ類のつる割病やつる枯病、カボチャ立枯病（下長根，1999）などがある。

ハクサイ黄化病：導管を經由して侵入した病原菌がそのまま種子に侵入したり、莢などを加湿して放置しておくことで内部で増殖して種子を汚染させる（萩原，1988）。アブラナ科野菜の黒腐病もこれに準じると推定される。

ニンジンのアルタナリア病：花序に孢子懸濁液を夜間に散布接種し、一夜ビニル袋で被覆すれば果実＝種子表面から侵入し、汚染種子が生産される。市販の無薬剤処理種子に分生孢子を散布して湿潤状態で25°C前後、1～2日間保持すると、アルタナリア菌は腐生性が高いので孢子が発芽して種子組織に菌が侵入し、自然に近い汚染種子が得られる可能性がある。その際、種子発芽を一時的に抑制する必要がある。培養により孢子を形成させるには明暗処理を要する（國安，1973）。

トマト潰瘍病：開花期の花に噴霧接種した場合に最も高率に汚染種子が得られた（植松ら，1977）。

ウイルス病：一般的に植物の若い時期に接種するほど種子汚染率が高くなる。レタスマザイクウイルスでは種子接種と播種4週間の苗接種が最も種子汚染率が高く、開花期以降の接種では汚染種子が得られなかった（COUCH, 1955）。トマトのTMV汚染種子も若い苗に接種したもののほど種子汚染率が高くなった（BROADBENT, 1965）。

② 種子予措^{そく}および種子加工に伴う防除対策

汚染種子では病原菌の大部分は種皮に存在しているので種皮の除去は有効である。ホウレンソウのネーキッドシードではホウレンソウ萎凋病が減少した（荒井，1999）。ネーキッドシードでは苗立枯病防除の保護的薬剤を混入したコーティングを要する。

オスモ（浸透）プライミングに用いられるポリエチレングリコールに15°C、14日間浸漬すると温湯浸法処理したキャベツ種子の発芽力が回復した（RALPH, 1977）。SIVRITEPEによると、発芽力の低下したエンドウ種子から発芽した苗の幼根の先端細胞の染色体異常が認められたが、ポリエチレングリコール溶液浸漬処理で発芽率が増加し染色体異常が減少した（三浦，1998）。このようにプライミングはDNAの損傷を修復し、発芽力回復作用があるが、実施には高度な技術を要するので、簡便な方

法として播種後に行うPSプライミングを開発しパセリ種子に応用した（三浦，1998）。レタス種子をポリエチレングリコールに40°C、6～10日間浸漬するとレタスマザイクウイルスが不活性化された（DAVID et al., 1979）。このようにプライミングを種子消毒との組み合わせや消毒種子の発芽力の回復に利用することが考えられる。

おわりに

野菜のクリーン種子の生産技術として記述したが、単に断片的な情報を集めたものとなり、またその中で実証を必要とするものもある。したがって、具体的な技術体系としてまとめることができなかった。

しかし、幸いなことに農林水産先端技術振興センターのSTAFF news letter（1999 Vol. 10, No. 7 p. 7）によると、種子伝染性病害無病化技術開発促進事業が平成11～15年の事業期間で開始された。技術開発担当企業は日本の大手種苗会社4社、対象病害はウリ類野菜つる枯病およびウイルス病、アブラナ科野菜黒腐病となっている。

この事業が終了した後では、野菜のクリーン種子の生産技術が具体的な技術体系として確立される。

参考文献

- 1) 荒井 滋 (1999)：大畑貫一ら編、種子伝染病の生態と防除、日植防、東京、p. 231～232.
- 2) 浅井康宏 (1975)：植物研究雑誌 50(8)：238～242.
- 3) BROADBENT, L. (1965)：Ann. Appl. Biol. 56: 177～205.
- 4) COUCH, H. B. (1955)：Phytopathology 45: 63～70.
- 5) DAVID, G. A. et al. (1979)：Pl. Dis. Repr. 63: 125～129.
- 6) 萩原 廣 (1989)：総合農業の新技术 2: 73～76.
- 7) ————ら (1984)：関西病虫研 26: 47.
- 8) 橋本光司 (1989)：埼玉園試特報 2: 1～102.
- 9) HUMPHERSON-JONES, F. M. and R. B. MAUDE (1982)：Ann. Appl. Biol. 100: 99～104.
- 10) 狭間 涉 (1999)：大畑貫一ら編、種子伝染病の生態と防除、日植防、東京、p. 259～260.
- 11) 飯嶋 勉 (1983)：東京農試研報 16: 123.
- 12) 形山順二・堀田徳治 (1975)：大阪農技セ研報 12: 131～134.
- 13) 加藤照孝 (1985)：清水 茂監修、野菜園芸大辞典、養賢堂、東京、p. 667～671.
- 14) 川合 昭 (1999)：大畑貫一ら編、種子伝染病の生態と防除、日植防、東京、p. 278～279.
- 15) 衣川 勝・野田弘之 (1989)：四国植防 24: 39～46.
- 16) 河本征臣 (1999)：大畑貫一ら編、種子伝染病の生態と防除、日植防、東京、p. 255～259.
- 17) 國安克人 (1973)：農および園 48: 1547～1552.
- 18) ————・岸 國平 (1977)：野菜試報 A 3: 97～108.
- 19) ———— (1977)：日植病報 43: 192～198.
- 20) ————・中村 浩 (1978)：野菜試報 A 4: 149～162.
- 21) LEE, D. H. et al. (1984)：Phytopath. Z. 109: 301～308.
- 22) 三上哲社 (1995)：日植病報 61: 228～229.
- 23) ———— (1999)：同上 65: 352.
- 24) 三浦周行 (1998)：農および園 73(12)：1253～1255.

- 25) 中野智彦 (1998) : 関西病虫研報 40 : 89~90.
 26) 大畑貫一ら (1999) : 種子伝染病の生態と防除, 日植防, 東京, pp. 289.
 27) 大野晴生ら (1996) : 関西病虫研報 38 : 67~68.
 28) RANKIN, H. W. (1954) : Phytopathology 44 : 675~680.
 29) 重田重雄ら (1966) : 関東東山病虫研報 13 : 50.
 30) 下長根 鴻 (1999) : 大畑貫一ら編, 種子伝染病の生態と防除, 日植防, 東京, p. 253~255.
 31) 白川 隆・我孫子和雄 (1999 a) : 野菜・茶業試験場ニュース 58 : 5
 32) ——— (1999 b) : 日植病報 65 : 359~360.
 33) 白木巳歳ら (1999) : 宮崎総農試研報 34 : 25~41.
 34) STRANDBERG, J. O. (1988) : Plant Dis. 72 : 531~534.
 35) 鈴木春夫 (1966) : 静岡農試研報 11 : 65~72.
 36) 竹内昭士郎ら (1978) : 農事試研報 28 : 49~76.
 37) 田中民夫ら (1997) : 日植病報 63 : 210.
 38) 植松 勉ら (1977) : 同上 43 : 412~418.
 39) VAN DER SPEK (1973) : Meded. Fac. Landbouwwet Rijksuniv. Gent. 37 : 567~573.
 40) 矢口行雄ら (1993) : 東農大農学集報 38(3) : 131~137.

本 会 発 行 図 書

『応用植物病理学用語集』

濱屋悦次 (元 農林水産省農業環境技術研究所微生物管理科長) 編著

定価 4,893 円 (本体 4,660 円+税) 送料 340 円 B6判 本文 506 ページ

植物病理学研究に必要な用語について, 植物病理学はもちろん, 農業, 防除, 生化学, 分子生物学などについても取り上げ (約 6,800 語), 紛らわしい用語には簡単な説明を付けそれぞれを英和, 和英に分けてアルファベット順に掲載し, また, 付録には植物のウイルス, 細菌, 線虫の分類表を付した用語集です。植物病理学を学ばれる方はもちろん, 広く植物防疫の関係者にご活用いただきたい用語集です。

お申し込みは前金 (現金書留・郵便振替) で直接本会まで。

本会発行のシリーズ図書：植物保護ライブラリー

各冊 B6判 定価 1,326 円 (本体 1,263 円+税)

「イネいもち病を探る」—研究室から現場まで—	小野小三郎 著 口絵カラー2頁 本文 174 頁	送料 240 円
「作物の病気を防ぐくすりの話」	上杉 康彦 著 本文 121 頁	送料 240 円
「虫たちと不思議な匂いの世界」	玉木 佳男 著 本文 187 頁	送料 240 円
「日本ローカル昆虫記」—虫の心・人の心—	今村 和夫 著 本文 220 頁	送料 310 円
「ミクロの世界に魅せられて」—植物病原細菌の虚像と実像—	後藤 正夫 著 本文 221 頁	送料 310 円
「茶の効用と虫の害」	刑部 勝 著 本文 166 頁	送料 240 円
「リンゴ害虫の今昔」—害虫防除と環境—	奥 俊夫 著 本文 270 頁	送料 310 円

ご購入は, 直接本会「出版情報グループ」に申し込むか, お近くの書店でお取り寄せ下さい
 (社)日本植物防疫協会 〒170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11 Tel (03)3944-1561 Fax (03)3944-2103