

特集：ダイズ茎疫病

ダイズ茎疫病研究の現状と課題

中央農業総合研究センター ^か加 ^{とう}藤 ^{まさ}雅 ^{やす}康

はじめに

ダイズ茎疫病（以下茎疫病）は1950年代に米国やカナダで初めて報告された病害（KAUFMAN and GERDEMANN, 1958; HILDEBRAND et al., 1959）で、日本では1977年に北海道で発生が確認された後（土屋ら, 1978）、静岡県、秋田県、山形県でも発生が確認され、現在では北海道から九州まで全国的に確認されている（西・高橋, 1990）。本病の病原菌 *Phytophthora sojae* は水媒性の遊走子を放出してまん延するので、排水の悪い圃場や降水量が多い年に発生量が多い。ダイズの栽培研究者の茎疫病対策が重要であるという要望から、農林水産省委託研究プロジェクト「低コストで質のよい加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」（2006～10年）で茎疫病的発生生態と防除法に関する研究が、「担い手の育成に資するIT等を活用した新しい生産システムの開発 超低コスト土地利用型作物生産技術の開発」（2007～11年）で、不耕起播種栽培における茎疫病的対策に関する研究が実施されている。また、「新農業展開ゲノムプロジェクト」（2007～11年）で茎疫病的のマーカー選抜育種が実施されている。これに伴い、大豆茎疫病に関する研究会が2005～09年に4回開催され、茎疫病に関する最新情報について公的研究機関や農薬会社の研究者の間で情報交換してきた。この研究会で発表された内容のいくつかは既に報告されている（石川ら, 2005; 藤田, 2007; 古河, 2007; 前川, 2007; 向島, 2008; 山下, 2008; 杉本, 2009; 田澤, 2009）。本稿では茎疫病的の研究の流れを概観するとともに、この研究会での論議を踏まえて今後推進すべき研究課題について述べる。

I 日本におけるダイズ茎疫病研究の概観

ダイズは日本の食生活になくなくてはならない食材なので、今も昔も重要な作物として位置づけられてきた。しかし、単位面積当たりの収益が低いので、農家経営の主作物として位置づけられることが少なく、ダイズ病害の研究に対する要望も一部を除いて少なかったと思われる。

Recent Research on *Phytophthora* Root and Stem Rot of Soybean in Japan. By Masayasu KATO

（キーワード：ダイズ, 茎疫病）

る。1977年に茎疫病的の初発生が確認されて（土屋ら, 1978）から、北海道は「転換畑高度畑作技術確立試験」で道立上川農業試験場が中心となって茎疫病的のレースに関する研究を精力的に行った（土屋ら, 1990）。1978年から始まった「水田利用再編対策」でイネ以外の作物への転換が奨励されたのに伴い、農林水産省は「転換畑を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合的開発研究」（1979～89年）を開始し、北海道農業試験場が茎疫病的の発生生態と耕種的・化学的防除法についての研究を行った（柳田・小林, 1987）。このときが茎疫病的研究の第一のピークで、その後まとまった茎疫病的の研究は行われなかった。

1999年に「水田を中心とした土地利用型農業活性化対策大綱」で水田におけるダイズの本作化が決定されたのに伴い、水田転換畑におけるダイズ生産の割合が増加した。再び茎疫病的が問題視されるようになり、本病の発生生態とその対策についてのプロジェクト研究が開始された。今回は北海道だけではなく本州の公設研究機関も研究を進めている。

さらに、1980年代に本病に効果のある殺菌剤が見いだされたが、多くの殺菌剤の効果試験が行われ、登録されるようになったのは2000年代後半になってからである。

II 発生実態

茎疫病的の発生実態は不明な点が多い。ダイズの初期生育が悪いときに農家と話をすると「湿害」でやられたという言い方を耳にすることが多い。これは農家だけではなく研究者と話をしてもそうである。ここでいう「湿害」が微生物が関与しない生理的な湿害のことを指しているのか、茎疫病的のことを指しているのか、その両者を含めているのかよくわからない。病原菌が確認されてから30年経ったので、茎疫病的と生理的な湿害とは区別して考えていきたい。北海道立中央農業試験場が実施している湿害検定試験では湿害による萎凋症状では茎疫病的特有の病斑を形成しない（鴻坂ら, 2009）ので、基本的には両者の区別は可能であろう。

しかし、両者を区別することは現実には難しい。出芽前腐敗などの苗立ち不良には茎疫病的のほかにも播種後に多量の降雨があると種子の急激な吸水による物理的破壊

(中山ら, 2004) やクラスト (強い降雨によって微細な土壌粒子が分散固結してできる強固な土膜) 形成による出芽不良 (佐川・千田, 1991) 等, 病原菌が関与しない苗立ち不良がある。また, *Pythium* 属菌や *Rhizoctonia* 属菌さらに白絹病菌等による苗立ち不良も見られる。このため, 苗立ち不良の原因を特定するためには腐敗したダイズを掘り起こして菌を分離する必要がある, 発生実態を正確に把握することはほとんど不可能である。病害虫の発生状況に関する公的統計資料である植物防疫年報 (農林水産省消費安全局) も頼りにならない。茎疫病は黒根腐病や白絹病等とともに立枯性病害として一括りにされているので, 茎疫病だけの発生実態はわからないからである。

どの要因がダイズの苗立ち不良に最も関与しているのかを明らかにしないと, ダイズの初期生育の安定的確保にはつながらない。このため, 苗立ち不良がどの程度発生しているのか, そのうち微生物が関与する苗立ち不良はどの程度の割合なのかということをもまず明らかにする必要がある。そのうえで, 茎疫病の関与する割合を明らかにする必要がある。

大雑把に言うと茎疫病は東日本や北日本で発生が多く, 西日本では少ない。この理由として気象要因や栽培品種等が考えられるが, まだ明らかでない。また, 茎疫病の発生時期は地域によって大きく異なる。茎疫病研究会で各地域の発生状況について聞いた結果では, ダイズの播種時期や幼苗期が梅雨と重なる地域では生育初期の発病が多く, 生育中期や後期に病気が発生してくることは少なかった。一方, 北海道や兵庫県では生育初期の茎疫病は少なく, 生育中期以降に茎疫病の発生が多くなるということであった。北海道では生育初期に降水量が少ないことが, 兵庫県では移植栽培が初期の発生を抑制していると考えられ, 兵庫県では夏の干ばつ害を防ぐために行う畦間灌水が発生を促しているのではないかと考えられるということであった。しかし, ダイズは生育が進むにつれて茎疫病にかかりにくくなるので (柳田, 1985), 生育中期の発生がどのような条件で引き起こされるかはまだ未解明である。

III 茎疫病抵抗性

ダイズは茎疫病に対する真正抵抗性と圃場抵抗性もっている。前者はこの抵抗性を打破できないレースには完全な抵抗性を示すものである。しかし, この抵抗性は侵害できるレースには全く抵抗性を示さない。このため, 真正抵抗性を利用する際にはレースの多様性とその分布様式, 日本の品種がもつ真正抵抗性についての情報

が必要になる。真正抵抗性はそれを侵害することのできるレースの出現によって多くの病気で打破されているので, 茎疫病でも新レースの出現が懸念されている。北海道ではダイズよりアズキで茎疫病に対する抵抗性品種の育成が先行しているが, 現在では圃場抵抗性育種に重点を置いている。これはアズキ茎疫病に対して育成された真正抵抗性品種が新レースによって罹病するようになったためである (藤田, 2007)。このため, ダイズでも真正抵抗性の崩壊が危惧されたので, 真正抵抗性品種より圃場抵抗性品種へと育種目標をシフトしてきた。現在, 湛水処理によって発病しやすい環境下で圃場抵抗性をもつ品種の選抜が行われている (山下, 2008)。圃場抵抗性は生育ステージが早い時期には発揮されない (柳田, 1985)。どの品種がどの生育ステージで圃場抵抗性が有効になるかも知見が得られていない。

IV 土 壌 水 分

土壌水分と茎疫病の発生量は密接な関係がある。遊走子が水中を泳いで感染, まん延することから, 土壌水分と茎疫病の発生量や感染との関係はあまりにも自明だと考えられてきたせいか, この分野の研究は意外に多くない。今までに *Phytophthora* 属菌を用いて行われた土壌水分と菌の形態と行動に関する報告をまとめると表-1のとおりである。茎疫病菌は遊走子のう形成に最低4時間の湛水条件が必要であり, 土壌水分ポテンシャルが -2 kPa 以下になると遊走子のうが形成されない (喜多, 1990)。遊走子のう形成に必要な土壌水分ポテンシャルは疫病菌の種によって異なり, *P. palmivora* では -10 kPa でも形成した (PFENDER et al., 1977)。遊走子の大きさと孔隙との関係からは土壌水分ポテンシャルが -10 kPa より低くなると遊走子の遊泳が困難になってくると想像される。遊走子のう形成あるいは遊走子の遊泳に必要な土壌水分に関する閾値が明らかになれば, その値を超える時間をできるだけ減らすような圃場管理の方法を開発することによって茎疫病の発生を減らすことが可能になると考えられる。

ダイズの播種法については, 地域に応じた栽培法が開発されてきた。北海道では覆土前鎮圧播種, 東北地方では有心部分耕播種や小明渠作溝同時浅耕播種, 重粘土土壌の北陸地方では耕うん同時畝立て播種, 播種時期が梅雨と重なる関東地方では作業性を向上させた狭畦不耕起播種, 九州では山形鎮圧播種や麦畦利用不耕起播種等である。これらのうち, 畦を作るものは播種位置が地表面からの位置が相対的に高くなり, 土壌水分が低く推移するので茎疫病の発生は少ない。一方, 不耕起播種した圃場

表-1 土壌水分ポテンシャルとそれに関係する *Phytophthora* 属菌の形態と行動

土壌水分ポテンシャル kPa (pF)	水分ポテンシャルに相当する孔隙の直径 (μm)	対応する事象
0 (0)	3,000	最大容水量 <i>P. megasperma</i> の遊走子のう形成が最良 (PFENDER et al., 1977)
- 2 (1.3)	150	<i>P. sojae</i> の遊走子のう形成限界 (喜多, 1990)
- 6 (1.8)	48	圃場容水量 <i>P. cinnamomi</i> の遊走子遊泳経路のチューブ径 (ALLEN and NEWHOOK, 1974) <i>P. sojae</i> の遊走子のうの大きさ (23.3 ~ 88.8 × 16.6 ~ 51.8 μm , 平均 58 × 38.3 μm) (KAUFMANN and GERDEMANN, 1959)
- 10 (2.0)	30	<i>P. megasperma</i> の遊走子のう形成が認められる (PFENDER et al., 1977) <i>P. cinnamomi</i> の遊走子が通過できる孔隙径 (NEWHOOK et al., 1981)
- 31 (2.5)	9	<i>P. palmivora</i> の遊走子の短径 (8.5 μm) (APPIAH et al., 2005) <i>P. sojae</i> の遊走子の短径 (9 ~ 12 μm)
- 50 (2.7)	6	毛管連絡切断含水量
- 100 (3.0)	3	生長阻害水分点

水分ポテンシャルに相当する孔隙の直径は岡島 (1989) によった。

は降雨の縦浸透が悪く、表面水が停滞する時間が長くなるので、茎疫病の発生が多くなる (濱口ら, 2004)。米国でも土壌をあまり耕起しない保全型耕起圃場より慣行耕起圃場の茎疫病菌密度が低かったという報告がある (WORKNEH et al., 1999)。このため、不耕起播種栽培を行う圃場では明渠を掘ったり、弾丸暗渠と暗渠を組合せたりして排水対策を講じる必要がある。最近、水田に地下灌漑システムが施工されるようになってきた。これは暗渠を排水路としてだけでなく、給水路としても使用する施設である。弾丸暗渠を狭い間隔で通すことにより、排水や給水効率を高めることができ、茎疫病にも抑制効果が期待される。

V 土壌 pH と施肥

福井県で 2005 年に実施された調査で土壌 pH が 5.4 より高い圃場で茎疫病の発生が少ないことが明らかになった (古河, 2007)。ポット試験では pH5.2 で発病株率が最も高くなり、それより低くても高くても発病が少ないことが確認されている。

ある種の肥料資材は茎疫病を抑制することが明らかになっている。亜リン酸液肥を株元散布すると茎疫病を抑制することができる。この病害抑制機構は病害抵抗性の向上によるものと考えられている (前川, 2007)。また、ギ酸カルシウムや硝酸カルシウム等のカルシウム資材も茎疫病を軽減する。カルシウムは茎疫病菌に直接作用するのではなく、植物体中のカルシウム含有量の上昇によってダイズの抵抗性が増強されたものと考えられている

(杉本, 2009)。

VI 防除薬剤

茎疫病防除に使用できる殺菌剤の登録が近年急速に増加した。1999 年にオキサジキシル・銅水和剤の使用が認められるまで初発生から約 20 年間は使用できる登録薬剤がなかった。2006 年までは銅粉剤とオキサジキシル・銅水和剤だけであったが、現在では銅粉剤、マンゼブ・メタラキシル水和剤、アミスルプロム水和剤、シアゾファミド水和剤、ジメトモルフ・銅水和剤、ジメトモルフ・マンゼブ水和剤、シモキサニル・ベンチアバリカルブイソプロピル水和剤、ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN 水和剤、シモキサニル・TPN 水和剤、マンジプロバミド水和剤の登録がある (表-2, 2010 年 5 月 21 日現在)。ダイズは出芽前あるいは出芽してしばらくは茎疫病に非常に弱く、圃場抵抗性はある程度大きくなると発揮されない (柳田, 1985)。このため、幼苗期の感染を抑えるには殺菌剤の種子処理が効果的である。実際、米国では本病に対して、真正抵抗性品種の利用のほかに、種子処理と生育ステージの進行に伴う圃場抵抗性の利用により防除している。上に挙げた殺菌剤のうち、シアゾファミド水和剤は種子処理の登録もあるが、その他の薬剤は散布処理だけの登録である。このため、幼苗期の茎疫病に効く殺菌剤の選択肢は限られている。しかし、他の殺菌剤でも種子処理による方法も新農薬実用化試験で実施されており、種子処理が可能な殺菌剤の種類が増えることが期待される。

