

播種深度および作畝様式が生育初期のダイズ茎疫病の発生に及ぼす影響

守川 俊幸¹・田村 美佳¹・越智 直²・三室 元気^{1*}・森脇 丈治³・對馬 誠也⁴

Toshiyuki MORIKAWA, Mika TAMURA, Sunao OCHI, Genki MIMURO, Jouji MORIWAKI and Seiya TSUSHIMA :

Impact of sowing depth and ridges on the occurrence of phytophthora rot of soybean seedlings caused
by *Phytophthora sojae*

ダイズ栽培における播種深度および作畝様式と茎疫病の発生との関係を調査した。圃場においてダイズ「エンレイ」を3, 6, 9, 12cmの深さに播種し、本病菌を接種したところ、播種15日後の本病の発病率は、それぞれ2.6, 13, 33, 48%と、明らかに播種深度が深いほど発病が多くなった。次に、バーミキュライトを充填したポットに2, 4, 6cmの深さに播種し、出芽後に本菌を灌注接種した。その後、底面給水により地表面から+0.5, -2.5, -5.5, -8.5, -11.5cmのレベルに水位を24時間保つ試験区を設けた。その結果、播種深度が浅い区で発生が少なく、播種深度にかかわらず、播種位置のレベル付近まで水位を保持した区で発病が増加する傾向が認められた。また、圃場試験では平床播種よりも畝立播種で発生が少なかった。

Key words: ダイズ茎疫病, 播種深度, 作畝様式, soybean, sowing depth, ridges, phytophthora rot

緒言

北陸地域は良質米の生産地であり、耕地面積に占める水田面積の割合が高い地域として知られている。この水稲を中心とした水田輪作体系の中で、ダイズは転作作物として重要な品目となっている。主力品種である「エンレイ」は、タンパク質含有量が高く、豆腐等の加工用として高く評価されている。

一方、水田転換畑は排水不良となりやすく、停滞水を好む茎疫病の発生しやすい環境であり、本病がダイズの大きな安定生産阻害要因となっている^{5,6)}。近年低下してきているダイズの生産性を向上させるためにも、圃場の排水対策と茎疫病等の土壤伝染性病害の制御が不可欠な状況になっている。

幸いにも、近年、本病に有効な数種の種子処理剤が上市され、生育初期の本病の防除に有効であることが明らか

かになった^{3,4)}。ただし、本病の発生リスクの低い地域でも採用され、地域によっては過剰防除になる可能性がある。我々は、土壤病害を合理的に管理してゆくには土壤の健康状態を診断して適切な防除（治療）強度を設定する必要があると考えており、この概念はHeSoDiM (Health checkup based Soil-borne Disease Management) と呼ばれている⁸⁾。このHeSoDiMの概念をダイズ茎疫病に応用するため、県内の100筆以上の圃場における本病の発病、土壤条件等の基礎データを収集してきた⁷⁾。その調査の過程で、発病株の多くは播種位置が深いことに気が付いた。そこで、播種深度が生育初期における本病の発生に及ぼす影響を明らかにするとともに、その仕組みについて解析した。また、畝立播種の茎疫病の被害軽減に対する有効性を明らかにするため、作畝様式と発病の関係性を明らかにした。

なお、本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究

¹ 富山県農林水産総合技術センター農業研究所 Agricultural Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center, Yoshioka, Toyama 939-8153

² 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター NARO Agricultural Research Center, Kannondai, Tsukuba, 305-8666

³ 富山県農林水産総合技術センター園芸研究所 Horticultural Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center, Goromaru, Tonami 939-1327

⁴ 農業環境技術研究所 National Institute for Agro-Environmental Science, Kannondai, Tsukuba 305-8604

*現在：富山県庁農林水産部 Present address: Agricultural Food Product Division, Toyama Prefecture, Shinsogawa, Toyama, 930-8501

「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト」の成果である。

材料および方法

1. 供試品種と供試菌株

試験には品種「エンレイ」を用いた。供試した種子は、当研究所の圃場にて前年に採種した原種種子で、種子消毒は行わずに用いた。

2. 供試菌株と接種源の調整

接種に供試したダイズ茎疫病菌 *Phytophthora sojae* は、当所保存の To8Sb01 菌株を用いた。培養には V 8 ジュース液体培地を用い、9 cm シャーレ内で 25℃、暗黒条件下で約 1 ヶ月間静置培養した。培養した菌体を集めて流水中で洗浄後、脱イオン水を加えてミキサーで破碎処理を行ない、脱イオン水で希釈したものを接種源とした。

3. 播種深度と発病の関係（圃場試験）

富山市吉岡の当研究所圃場において実施した。耕起を行なった後、畝を立てずに 1 つの試験区を 2.5×0.8 m の大きさに設定した。2012年 7月11日に、条間 0.8 m で株間 5 cm とし、手作業で 1 粒ずつ播種した。播種深度は 3, 6, 9, 12 cm の 4 水準を設け、7 反復とし乱塊法により試験区を設置した。播種後、畝の長さ 10 m あたり 9 cm シャーレ 6 枚相当の培養菌体の破碎液をジョウロで散布した。さらに、発病を促すため、子葉が展開した 7月18日と 19日に、圃場灌漑を行なった。入水は播種時に形成された踏み跡に沿って行い、地表面のレベルまで水位が達した時点で停止し、以降は自然落水とした。播種 15 日後に、地下部が侵されて黄化萎縮あるいは枯死した株を発病株として調査した。

4. 播種深度と発病の関係（ポット試験）

径 8 cm、深さ 12 cm のポットにバーミキュライトを入れ、ハイポネックス 1000 倍液 240 ml を灌水した後、ダイズ種子を 12 粒播種し、25℃ の陽光恒温器内で管理した。播種深度は、2, 4, 6 cm の 3 水準とし、出芽後の子葉展開期に本病菌の菌体磨砕液を灌注接種し（培養菌シャーレ 3 枚相当/10 pot）、密閉コンテナ内に入れて水深が地表面から +0.5, -2.5, -5.8, -8.5 cm となるよう底面給水した。24 時間後に取り出して、以降は地表面から -9 ~ -11 cm のレベルで底面給水を行いながら、栽

培を続けた。接種 1 週間後に発病調査を行い、発病程度を 3 : 枯死, 2 : 根や胚軸が侵され地上部が黄化・萎凋, 1 : 根の一部は腐敗しているが地上部は健全に分けて、以下の式により発病度を算出した。発病度 = Σ (各発病程度 × 該当株数) / 3 / 調査株数 × 100。なお、試験は各区 3 ポットずつ供試した。

4. 作畝様式と発病の関係

2012年 5月29日に、所内圃場において 3 連式の畝立て同時播種機（井関農機 HR-24）を用いて、条間 0.8 m で播種を行った（播種深度 3 ~ 5 cm）。播種に当たっては、畝を立てない平床播種あるいは畝立播種（畝高 10 cm 程度）となるよう播種機を調整した。試験区の規模は 12 m²（5 × 2.4 m）/区とし、4 反復設けた。なお、播種前日に地表面に茎疫病菌の培養菌体（5 × 10⁴ 卵胞子 / m²）を散布した。出芽後の 6月9日に 30 mm 程度の降雨があったが、その後の病勢の進展が認められなかったことから、発病を促すため第 1 本葉展開期の 6月18日と 6月19日に圃場灌漑を行った。7月2日に試験区内の発病株を播種深度の試験と同様に調査した。

結果

1. 播種深度と発病の関係

圃場にてダイズ種子を 3, 6, 9, 12 cm の深さに播種し、本病菌を接種したところ、播種 15 日後の出芽株における本病の発生は、それぞれ 2.6, 13, 33, 48% と、播種深度が深いほど明らかに増加した（第 1 図）。播種深度 3 cm では 6 cm の 5 分の 1 の発生であった。また、播種深度が 9 cm よりも深くなると出芽率は 32% と著しく低下した（第 1 図）。

さらに、ポットでのモデル試験においても播種深度が浅い区は発生が明らかに少なかった。一方、播種深度にかかわらず、底面給水により播種位置のレベル付近まで水位を保持し湿潤状態とすることにより、発病が増加する傾向が認められた（第 2 図）。なお、地下部の根、胚軸のいずれにも感染が認められたが、その境界部付近や胚軸に本病菌が感染した場合に立枯症状を呈した。

2. 作畝様式と発病の関係

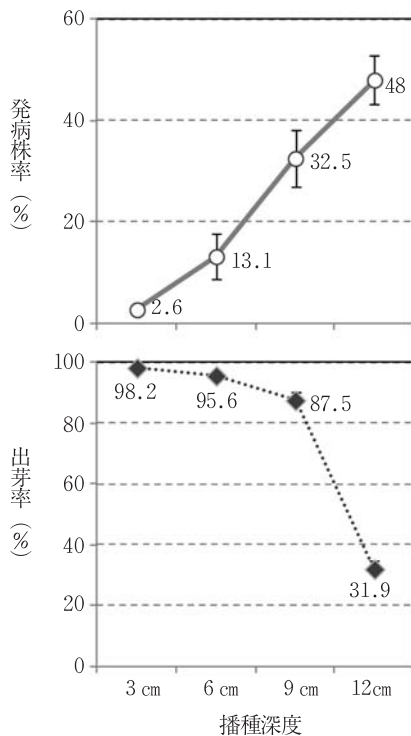
本試験では試験期間を通じて降雨が少なく、第 1 本葉展開期に圃場灌漑を行ったものの、全体に発病率は高くなかった。苗立ちした株の発病株率は平床播種で

3.6%, 畝立播種は0.5%で, 明らかに平床播種で発生が多かった(第3図)。なお, 苗立本数は平床播種で12.6本, 畝立播種で13.9本で, 大きな差は認められなかった。

考 察

ダイズは収益性の点から, 薬剤費に大きなコストをかけられない品目である。このため, 耕種的な対策が防除の基本となる。よって, 抵抗性品種の利用が最も合理的であるが, 実需者のニーズを満たす実用的な品種は限られているのが現状である。石灰質資材の施用による土壌pHの矯正も本病の発生抑制に有効であるが^{2,3)}, 圃場の排水対策が, 生産量を確保するための栽培管理の基礎であるとともに, 本病防除の最も有効な防除手段となっている⁵⁾。

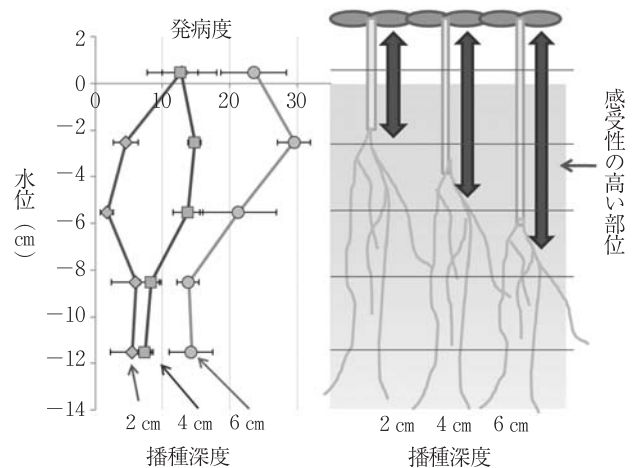
水田転換畑は, 雨水の地下浸透が少なく, 圃場が水平なため, 表面排水を速やかに実施することが難しい。このため, 現地では明渠・暗渠の設置, サブソイラによる地下浸透の促進, そして畝立播種などの多岐にわたる排水対策が指導されている。



第1図 播種深度とダイズ茎疫病の発生および出芽率の関係(所内圃場, 平床播種, 2012年)^{a)}
a) エラーバーは標準誤差を示す。

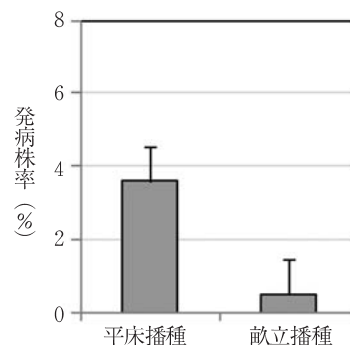
一方, 播種深度と本病の発生の関係は明らかになっていない。富山県の栽培指針では播種の深さとして3 cmを推奨しているものの, 実際にはこれよりも深く播種されることも多い。本研究では, 圃場におけるダイズの播種深度が発病に及ぼす影響を調査した結果, 明らかに播種深度が深くなると生育初期の本病の発生は著しく増加した。圃場における種子処理剤の効果は, 防除価で示すと70程度であり⁴⁾, 播種深度を6 cmから3 cmにすることにより, これに匹敵する発病抑制効果が得られることが明らかになった。このように, 播種深度の差がダイズ病害の発生に強く影響することを明確に示した例は, これが初めてであると考えられる。

次に, その仕組みを探るために, ポット試験を行った。ここでも, 播種深度が浅いと発病は少なかったが,



第2図 播種深度と湛水深が発病に及ぼす影響(ポット試験)^{a)}

a) 出芽後に菌を灌注接種し, 地表から+0.5~-11.5 cmの深さに水位を24時間保持, エラーバーは標準誤差を示す。



第3図 畝立播種と平床播種における本病の発生(所内圃場, 2012年)^{a)}
a) 播種深度3~5 cm, エラーバーは標準誤差を示す。

底面給水により播種位置付近まで水位を上げると、播種深度にかかわらず発病が増加した。この現象は以下のような仕組みで説明できる。

茎疫病菌の遊走子は負の走地性を有し¹⁾、重力に逆らって水の表層に集まる特性があることから、停滞水の表面水位付近で本菌の活動が活発になる。また、ダイズ苗は胚軸から新しく側根が生じるため、種子根が腐敗しても枯死に至らないことが多いが、胚軸が侵された場合は致命傷となってしまう。このことが、播種位置付近すなわち胚軸下端まで水位が上昇した時に発病が顕著になる理由であると考えられた。

そして、播種深度が深いほどこの感受性の高い胚軸部位は長くなり、感染・発病の機会が増えることになる。また、圃場では、降雨は表面排水と地下浸透により排出されるが、播種深度が深いほど地下部が停滞水にさらされる時間は長くなる。以上が、播種深度が深い場合に発病が増加する大きな要因であろう（第2図）。

本研究では、作畝様式すなわち平床播種と畝立播種の比較も行った。現地では経験的に畝立播種により本病の被害が減少することは知られていたが、これを実験的に示した例はなかった。本研究の結果から、畝立播種の有効性が改めて示された。畝立播種では、排水の通路が形成され、圃場の表面排水を促すことができる。加えて、播種位置を畝間の停滞水よりも高い位置に設定すれば、感染のリスクを著しく低下できるものと期待される。なお、重粘土土壌では畝立播種であっても、本病が多発する事例が認められる。このようなケースでは、畝上面が強く鎮圧されて窪んでいることが多く、ここに停滞水が発生する。よって、そのような圃場では、播種後の鎮圧の程度を軽くするなどの対策が必要であると考えられた。

以上の結果から、播種が浅いほど本病の発生のリスクが減少することが明らかとなった。一方では播種が浅いと乾燥による発芽の不揃いや除草剤の薬害のリスクが高まることから、これらのバランスを考慮した適正な播種深度を設定する必要がある。このバランスは、地域の土

性や圃場の水分条件、碎土率、気象、本病の発生リスクによって異なることから、地域やその時の気象条件に応じて臨機応変に決定する必要があると考えられた。

引用文献

- 1) Cameron, J.N., and Carlile, M.J. (1977) Negative geotaxis of zoospores of the fungus *Phytophthora*. *Journal of General Microbiology* 98: 599~602.
- 2) 古河 衛 (2007) 土壌pHの改善でダイズ茎疫病の発生抑制. *農業および園芸*82: 1203~1207.
- 3) 三室元気・岩田忠康・向島博行 (2011) 薬剤の種子塗抹処理および土壌のpHの調整によるダイズ茎疫病の防除. *北陸病虫研報*60: 1~6.
- 4) 守川俊幸・三室元気・仲俣ひとみ・蛭谷朋佳・向井環・向野貴養・河西隆喜・片山雅雄・尾島輝佳・村岡裕一・堀井香織・上野香織・青木由美・岩田忠康 (2012) ダイズ茎疫病に対する各種種子処理剤の現地適応性. *北陸病虫研報*61: 33 (講要).
- 5) 森脇丈治 (2007) ダイズ茎疫病菌の発生生態と防除技術 (特集 ダイズにおける生産阻害要因の発生実態と研究の現状(1)). *農業技術*62: 265~268.
- 6) 向島博行・関原順子 (2006) 2002年に富山県内各地で発生したダイズ茎疫病. *北陸病虫研報*55: 27~32.
- 7) 田村美佳・守川俊幸・三室元気・大澤剛士・對馬誠也 (2013) 富山県内におけるダイズ茎疫病の発生様相と要因解析. *日植病報*79: 193-194 (講要).
- 8) Tsushima, S. and Yoshida, S. (2012) A new health-checkup based soil-borne disease management (HeSoDiM) and its use - Introduction of MAFF project (2011-2013) -. TUA- FFTC international seminar on emerging infectious diseases of food crops in Asia. Abstract: 204.

(2013年12月20日受理)