

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02172

研究課題名(和文)ダイズ土壌病害発生要因の定量的解析

研究課題名(英文) A quantitative analysis on the factors to increase occurrence of soil-born diseases in soybean

研究代表者

白岩 立彦 (Shiraia, Tatsuhiko)

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：30154363

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：ダイズ茎疫病(Phytophthora sojae、以下茎疫病)の発生リスクを高める栽培環境要因を解明するために現地調査および実験的検討を行った。現地圃場調査から、これまで頻繁に言及されてきた湛水条件以外の茎疫病発生要因の存在が示唆された。実験的検討から、茎疫病の発生は接種後の湛水だけでは促進されないが、個体に傷を与えることにより顕著に促進されることが分かった。また圃場で栽培されるダイズ個体に茎疫病発生を助長するような傷をもつ個体が数%以上存在していた。傷発生後の癒傷が茎疫病発生の及ぼす影響を検討したところ、傷発生から約1日程度で感染リスクは低くなりリグニンが原因物質であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダイズ茎疫病(茎疫病)は、化学的防除と抵抗性品種の育成により一定程度制御されているものの、依然として重要病害の一つとなっている。化学的防除および抵抗性品種の効果を持続させるためには、発生リスクを低減する栽培技術を合わせた総合管理が必要である。本論文は、栽培学的視点から茎疫病の発生を助長する要因の解明を試み、現地調査と実験的検討の組み合わせで有為な知見を提示した。とくに、植物体上の傷による病害発生促進、現地圃場で傷が発生している実態とそれを提言する方策の解明は、生産不安定要因として問題が深刻化している土壌病害の対策に寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Field and experimental investigations were conducted to elucidate environmental factors that increase the risk of soybean stem blight (Phytophthora root and stem rot, PRSR) outbreaks. Field surveys suggested the existence of factors other than waterlogging conditions, which have been frequently mentioned, that contribute to the incidence of PRSR. Experimental studies showed that post-inoculation waterlogging alone does not promote the development of stem blight, but that wounding to the hypocotyl of plants does significantly accelerate it. More than a few percent of the soybean plants grown in the field had wounds that contributed to the development of PRSR. The effect of wound healing after wound development on PRSR occurrence was examined, and the risk of infection was reduced to about 1 day after wound development, suggesting that lignin is the causal agent.

研究分野：作物学

キーワード：ダイズ茎疫病 Phytophthora sojae 耕種の防除 現地調査 伝染源ポテンシャル 空間変動解析 土壌物理性

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ダイズ生産において、病虫害は主要な阻害要因になっている。とくに栽培の安定を強く脅かしているダイズ茎疫病(茎疫病)は、化学的防除と抵抗性品種の育成により一定程度制御されているものの、依然として重要病害の一つとなっている。作物の栽培技術においては、病虫害の抵抗性品種と化学的防除の効果を長く維持するためにこれらに耕種的防除手段を組みわせること(IPM)が有効とされ栽培技術の中で重要性を増しつつある。ダイズ栽培の安定を強く脅かすダイズ茎疫病は病原である *Phytophthora sojae* が水中に放出する遊走子により水媒伝染をするため過湿条件で病害発生が多いとされ、耕種的防除として圃場排水が重要とされている。しかしこれに関する知見の多くは定性的であり、どのような時期のどの程度の土壌水分が病害発生を助長もしくは抑止するのか、逆に干ばつ時に病害発生を促さず灌漑を行えるのはどの程度か、はほとんど提示されていない。

代表者は、予備的な現地調査と実験的検討から、茎疫病蔓延と圃場水環境との関係(茎疫病が水媒性の卵菌であるため定説化)が明瞭でないこと、ハウス内での感染・発病要因に関する病原菌接種実験でも湛水は必ずしも発病を促進しないことをみとめた。すなわち、茎疫病発生要因は、土壌の過湿以外にもありそれらは未同定であることが強く示唆された。

2. 研究の目的

本研究は、土壌病害の発生リスクを高める栽培環境要因を定量的に示すことを目的として行った。これまで現地圃場での作物生育と生産性を多角的・総合的に解析してきたフィールド科学の方法を病害虫発生生態の調査に適用し、これに微生物生態学の知見と実験的検証を合わせるとともに、多面的情報を空間統計学的に解析することにより栽培技術要件の提示と効果の評価を可能にしようとした。

ダイズの重要壊瘍病害であるダイズ茎疫病(*Phytophthora sojae*、以下茎疫病)を取り上げ、以下の項目については現地調査および実験的検討を実施した。

- (1) 現地圃場における茎疫病発生要因1、圃場内変異
- (2) 現地圃場における茎疫病発生要因2、圃場間変異
- (3) 湛水の有無が接種効果に及ぼす影響
- (4) ダイズ苗の茎表面における傷が茎疫病発生に及ぼす影響
- (5) 圃場のダイズ幼植物における傷発生に関する調査
- (6) 傷発生後の癒傷が茎疫病発生に及ぼす影響

3. 研究の方法

(1) 現地圃場における茎疫病発生要因1、圃場内変異

茎疫病は一般に排水不良圃場ほど発生しやすいが、土壌水分の感染拡大への寄与の実態は明確でない。栽培現場における茎疫病発生と土壌水分条件および土壌諸特性との関連を圃場間差異・圃場内変異の両面から解析した。2019年および2020年に、丹波篠山市の水田転換畑1筆(ダイズ作初年および2年目、篠山圃場)、および綾部市の常畑1筆(ダイズ連作12年目、綾部圃場)の品種丹波黒栽培圃場で調査を行った。

(2) 現地圃場における茎疫病発生要因1、圃場間変異

単一品種の「たつまる」を栽培している兵庫県たつの市揖西の農場で現地調査を2か年実施した。圃場はいずれも排水良好な水田であった。それらはイネ、コムギとの輪作田であり、調査対象圃場は2年間ですべて異なった。1年目は4つの圃場を14から78の調査単位(各5m×2.5m)に分け、合計137単位において調査を実施した。2年目には49圃場を対象とし各圃場を1つの調査単位とみなした。茎疫病の発生程度を1年目はPRSR症状を呈した株数、2年目は全調査株数に対する発病株数の割合で評価した。土壌特性として、土壌化学性(全C、N含量、Ca、Mg、Kの交換性塩基含量および利用可能リン酸、土壌pH(2年目のみ))、土壌物理性(砕土率および土壌硬度、2年目のみ)、および土壌の伝染源ポテンシャルを評価した。砕土率は、圃場内3ヶ所において15cm四方、深さ7cmの土壌を採取し1.6cm篩を通過した重さの全重に占める割合を求めた。土壌硬度は、圃場内3ヶ所において表面2~3cmを除去した表層度の垂直方向の貫入抵抗を、山中式土壌硬度計を用いて測定した値を記録した。伝染源ポテンシャルは、病原体密度と活性の統合的な指標であり、採取した土壌について茎挿し法を用いたバイオアッセイで評価した。単相関およびランダムフォレスト回帰により、伝染源ポテンシャルおよび土壌因子の発病への寄与を検討した。

(3) 湛水の有無が茎疫病菌接種効果に及ぼす影響

温室内で播種後7日齢のダイズ品種「エンレイ」に茎疫病菌(Ps060626-4-1およびPs060710-3-1、エンレイに対する病原性確認済み)を接種し、3-4週間後の生育を定量的に評価した。接種はV8寒天培地で培養した茎疫病菌を培地ごと水と共にミキサーで破碎し、



図1 傷の外観、面状(左)および線状(右)の傷
写真上は傷の外観、下は実体顕微鏡で観察した茎の断面。

その破砕液を土壌の上から灌注することによって行った。湛水処理区には培地表面+2 cmの水位を72時間維持した後に適湿条件を与え、対象区には常に適湿条件を与えた。枯死率の他、生残個体の最長根長、地上部・地下部乾物重を測定した。

(4) ダイズ胚軸上の傷と相対湿度が茎疫病発生に及ぼす影響

茎疫病による枯死率あるいは感染率に及ぼす傷処理と相対湿度の影響を調査した。播種後7日齢のダイズ実生の胚軸に無傷の対照区その他深さの異なる4種類の傷処理区を設けた。すなわち深さ37.0 μm(浅傷)、74.4 μm(中傷)、166.9 μm(深傷)および約2 mm(貫通傷)の線状傷(長さは約1 cm)を与えた。それに茎疫病菌接種の有無と5つの湿度条件(3日低湿、1日低湿、標準、1日高湿、3日高湿)を組み合わせ、7日間室内栽培した。接種はCV8寒天培地で培養した茎疫病菌を培地ごとペースト状にし、それを注射針で傷口に塗り込むあるいは胚軸に付着させることで行った。

(5) 圃場のダイズ幼植物における傷発生に関する調査

圃場における傷発生の状況を京都大学京都農場(以下「京都農場」)、同木津農場(以下「木津農場」)のダイズ試験区において調査した。播種後11日目に6品種を対象に1品種当たり70~829個体、計2409個体の胚軸上の面状および線状の傷を持つ個体数を記録した(図1)。傷発生要因として、種子側の要因として外観品質および圃場の環境要因として砕土の程度について検討した。種子側の要因については、健全粒、しわ粒、裂皮粒、浮き皮粒のそれぞれ200、200、64、200粒を播種・育成し、播種後7日目に傷調査を行った。砕土の程度の違いによる傷個体割合の違いをみるため、木津農場および京都農場において、ロータリー耕後播種前の土壌の砕土率および播種後11日目の傷発生率を調査した。砕土率は、重量割合で1.6 cm未満の土塊の割合を求めた(砕土率(%)) = (1.6 cm未満の土塊重量(g) / 全土重量(g)) × 100。土は、15 cm四方、深さ7 cm範囲から移植ごとで採取し、ただちに砕土率を測定した。木津農場のみにおいて、精砕土区と粗砕土区をそれぞれ4反復ずつ設けた。

(6) ダイズにおける茎疫病発生を低減する癒傷反応に関する調査

ダイズにおける癒傷反応と茎疫病発生との関係、およびその原因物質の蓄積に及ぼす環境要因の調査を行った。生育初期のダイズ胚軸に貫通傷を与え、その後様々な時間を経てから茎疫病菌を接種した。接種は水位が傷口に到達する湛水処理を行い、その水面に約2 cm角に切った茎疫病菌培養寒天培地を浮かべることで行った。

4. 研究成果

(1) 現地圃場における茎疫病発生要因1、圃場内変異

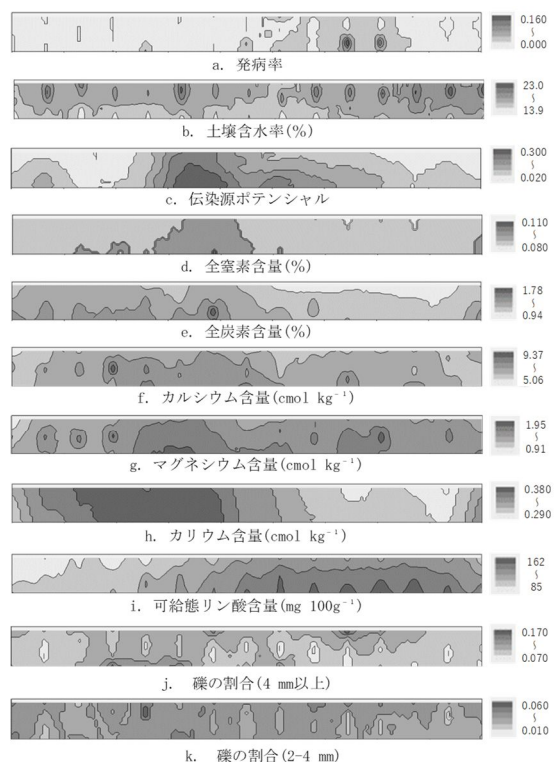


図2 篠山圃場内における各項目の空間変動

両圃場で茎疫病発生が確認され、発病株率は篠山圃場が高かった。土壌を採取し同一水分条件で品種エンレイを栽培したところ、篠山土壌での発病が有意に多かった。一方、篠山圃場(10 m × 100 m)を75区画に分割し解析したところ、発病率は土壌含水率の低い区画の方が多かった(図2)。土壌水分以外の要因に関して、バイオアッセイ(茎挿し法、後述)による土壌の伝染源ポテンシャルおよび諸特性値(pH、全窒素、全炭素、交換性塩基、可給態リン酸含量、礫含量)と発病率との関連を調べた。篠山圃場では綾部圃場に比べほとんどの塩基の含量、礫含量および伝染源ポテンシャルが高かった。篠山圃場のみを対象に、諸要因と発病の空間変異を解析したところ、マグネシウム含量および4 mm以上の礫含量の高い箇所で発病が多い傾向があった。伝染源ポテンシャルは土壌全炭素および窒素含量と相関を示した。以上より、茎疫病の発生において土壌水分の過剰は必ずしも支配的ではなく未知の主要因が存在すること、土壌の伝染源ポテンシャルと肥沃度が関連することが示唆された。

(2) 現地圃場における茎疫病発生要因1、圃場間変異

病害の発生率は、1年目の137単位では0~11(株/単位)、2年目の49圃場では0~3.33(%)であった。どの圃場も入念に排水されていたため、これらの変動は洪水以外の要因によるものと考えられた。茎挿し法によるバイオアッセイの結果1年目は、ほとんどの単位において伝染源ポテンシャルを検出できなかった。そこで2年目は、病原活性の検出感度を向上させるバイオアッセイ方法の改良を行った(図3)。それにより、ほとんどの単位に伝染源ポテンシャルが検出された。2年の調査の間で、病害発生に関連する要因が大きく異なった。1年目には、C、N、Ca、Mgといった因子が病害発生と負の相関を示した。しかし、2年目には、Caは正の相関を示し、C/N比と土壌硬度は病害発生と正の相関を示した。変数の寄与度を評価するためにランダムフォレスト回帰を用いたところ、1年目は病害の発生と有意な相関を示した要因はなく、2年目は土壌硬度の寄与が大きく、その値が大きいほど発病率が高かった(表1)。

伝染源ポテンシャルは両年とも圃場間で変異がみられ、特に感度の高いバイオアッセイを実施した2年目は顕著だった。それにもかかわらず、圃場における茎疫病の発生は、接種ポテンシャルと関連することはなかった。このことは、すべての測定ユニットまたは圃場が茎疫病を引き起こすのに十分な病原を有しており、発生は他の要因に依存していることを示唆した。土壌の硬度が発病要因として見いだされたが、なぜ土壌硬度が高いほど発病率が高くなるのかは検討を要する。

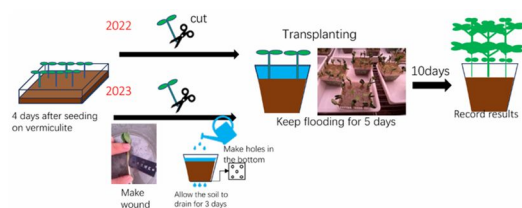


図3 茎挿し法を用いたバイオアッセイによる伝染源ポテンシャルの評価
現地から採取した土壌を風乾後プラスチックカップに充填。1年目(2022)は4日齢のダイズ苗(品種エンレイ)を土壌カップに移植し5日間湛水、密水10日後に収穫。2年目(2023)は移植前に土壌には湛水+排水処理を施し、ダイズ苗には傷処理を行った。これにより土壌病原の検出感度は向上し、その結果は人為的に設定した伝染源濃度をよく反映した。

表1 兵庫県たつの市横西の「たつまる」栽培圃場におけるダイズ茎疫病発生と土壌特性との関連
単相関分析およびランダムフォレスト回帰によって見いだされた特性のみを示した。

	2022	2023
Correlation analysis	C, N, Ca, Mg (negative) P (positive)	C/N, Ca, Soil hardness (positive)
Random forest regression	No factor	Soil hardness, C/N

(3) 湛水の有無が茎疫病菌接種効果に及ぼす影響

枯死率は湛水处理区と対象区の間でほとんど変わらなかった。また枯死率は0-32%と全体を通じて低かった。一方、生残個体の生育は、茎疫病の症状が観察されない場合においても、非接種個体に比べて阻害される傾向がみられた(図4)。湛水条件の有無も併せて検討したところ、パーミキュライト培地を用いた実験では、湛水条件が接種個体の最長根長と地上部および地下部乾物重の生育阻害を助長したが、畑土壌を用いた実験では、逆に非湛水条件で助長される傾向がみられた。以上の結果は、茎疫病が枯死に至らない程度の生育阻害をもたらすこと、湛水条件による茎疫病感染促進は必ずしも明瞭でなく、枯死に至るには別の要因が関与することを示唆した。

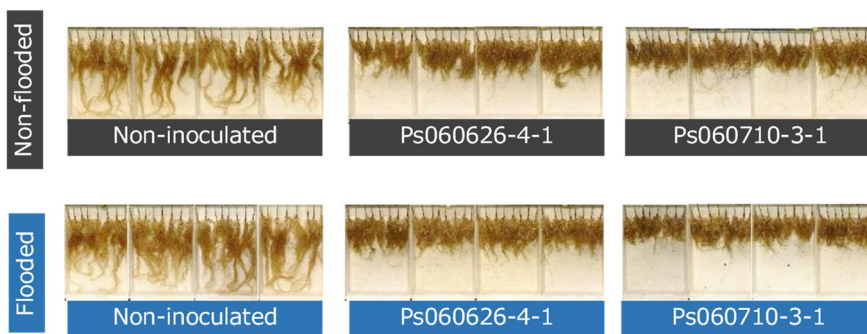


図4 茎疫病菌接種処理がダイズ苗の根の生育に及ぼす影響
No-flooded, 適湿条件; Flooded, 接種後3日間湛水条件

(4) ダイズ胚軸上の傷と相対湿度が茎疫病発生に及ぼす影響

菌接種を行わない場合は傷処理のうち最も強い貫通傷を与えても生育がわずかに遅延する程度で枯死には至らなかった。菌接種を行った場合の枯死率は全処理を通じて0から100%となり、無傷区は0-5%であったのに対して、傷を与えた区では浅傷から貫通傷へと傷が深くなるほど高くなった(図5)。傷を与えた区の枯死率は湿度条件が高くなるにともなって増加した。病徴が観察された個体の割合(感染率)は枯死率と同じ傾向を示した。子葉節直下の胚軸断面における内皮内部に占める褐変組織の割合も同様の傾向を示した。これらの結果から、植物体上の傷が茎疫病発生の重要な助長要因であり、高湿度条件が発病を促進することが示された。



図5 生育初期のダイズ胚軸上の傷と相対湿度が茎疫病発生に及ぼす影響

(5) 圃場のダイズ幼植物における傷発生に関する調査

京都大学京都農場および木津農場の調査個体には、1.7～7.1%の個体に傷がみられた。観察した傷の深さは平均 $224 \pm 193 \mu\text{m}$ (標準偏差) であり、およそ 62%が先行研究において有意な感染促進を認めた $145 \mu\text{m}$ 以上のものであった。木津農場では京都農場より多くの個体で傷が観察され、木津農場においても精砕土を行うことにより傷発生割合は低下した(図7)。種子の外観品質については、しわ・裂皮・浮き皮のみられる種子で傷の多い傾向がみられた(図6)。以上の結果より、自然条件下において一定の頻度で茎疫病の発病促進要因になりうる深さの傷が発生していること、また、種子の品質および播種時の砕土状況がその発生率に関連することが明らかとなった。自然の傷がどの程度茎疫病の発病に寄与しているかについてさらに調査が必要である。

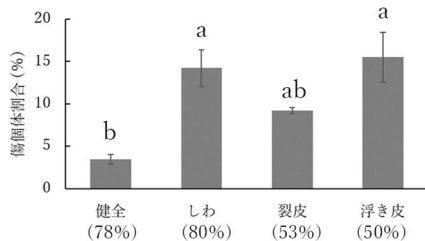


図6 種子の外観品質別の傷個体割合。年次の違いを反復として一般化線形モデルを適用し、尤度比検定で種子の外観品質による傷個体割合の違いを検定した。() 内の数値は平均出芽率。

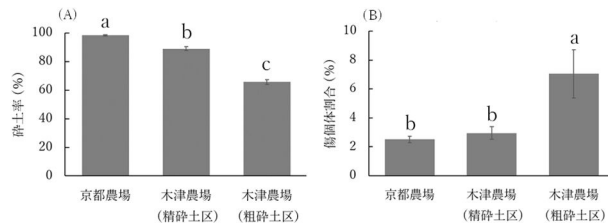


図7 圃場による砕土率と傷個体割合の違い

(6) 癒傷反応

傷処理から茎疫病菌接種までの間隔が 0 時間から 24 時間へと長くなるにつれて、枯死率は 94%から 8%へと減少し、24 時間までに無傷個体と同程度の枯死率となった。このことは、茎疫病菌存在下の圃場において、傷が生じてから 24 時間以内に湛水条件に晒されると茎疫病発生のリスクが高まることを示唆する。癒傷物質として知られるリグニンとスペリンの、傷処理後 0-216 時間における傷表面細胞への蓄積をそれぞれの特異的染色法により調査したところ、それぞれ 40、96 時間後に 80%以上の細胞に蓄積していた。さらにリグニン生合成阻害剤を用いて接種試験を行った結果、上述のリグニン蓄積および枯死率低下が減少し、リグニンが茎疫病による枯死率低下に寄与していることが確認された。さらに、リグニン蓄積に及ぼす相対湿度(高湿・低湿)と施肥条件(N:P205:K20 = 0:0:0, 3:0:0, 3:10:10, 6:0:0, 6:10:10, 6:20:20 g m⁻²)の相互作用を調べた結果、高湿条件および無施肥条件において、傷処理後それぞれ 24-36、24-32 時間のリグニン蓄積が促進された。これらの結果から、植物体上での傷発生後の癒傷反応が茎疫病感染を防ぐ効果を持つこと、それは高湿度および無施肥条件で促進されることが示唆された。

以上のように、これまで頻りに言及されてきた湛水条件は決定的な茎疫病発生要因ではなく、それ以外にも助長要因が存在することが現地圃場調査から強く示唆された。植物体上の傷に着目した実験的検討から、傷の存在下で茎疫病発生リスクが高まること、高湿度条件はそのリスクを助長することが明らかになった。圃場で栽培されるダイズ個体には、傷発生を助長する程度の傷が生じている個体が数%以上存在することが確認された。癒傷反応と茎疫病発生との関係の検討から、傷発生から約 1 日以内に湛水条件になるとリスクの高まること、リグニンが原因物質であること、リグニン蓄積の早さは栽培環境の影響を受けることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Terufumi Tada, Chihiro Tanaka, Tomoyuki Katsube-Tanaka, Tatsuhiko Shiraiwa	4. 巻 116
2. 論文標題 Effects of wounding and relative humidity on the incidence of Phytophthora root and stem rot in soybean seedlings	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physiological and Molecular Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 101737
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.pmpp.2021.101737	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 加藤 もも、多田 光史、白岩 立彦	4. 巻 91
2. 論文標題 ダイズ茎疫病の圃場間・圃場内における発病変異の要因探索	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本作物学会紀事	6. 最初と最後の頁 223 - 229
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1626/jcs.91.223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto, S , Nomoto, S , Hashimoto, N , Maki, M , Hongo, C , Shiraiwa,T , & Homma, K.. Plant Production Science, 26(1), 36-47.	4. 巻 26
2. 論文標題 Monitoring spatial and time-series variations in red crown rot damage of soybean in farmer fields based on UAV remote sensing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plant Production Science	6. 最初と最後の頁 36-47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/1343943X.2023.2178469	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Terufumi Tada, Momo Kato, Chihiro Tanaka, Tatsuhiko Shiraiwa, DOI:	4. 巻 24
2. 論文標題 Effects of Phytophthora sojae inoculation under flooded conditions on growth of soybean seedlings	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Production Science	6. 最初と最後の頁 433-439
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/1343943X.2021.1881408	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 多田 光史, 高橋 宏和, 田中 千尋, 田中 朋之, 白岩 立彦
2. 発表標題 生育初期のダイズ茎疫病発生に関わる癒傷過程の蓄積物質
3. 学会等名 日本作物学会第255回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 正田 愛奈, 多田 光史, 白岩 立彦
2. 発表標題 圃場におけるダイズ茎疫病発生機構－植物体上の傷発生要因
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 多田 光史, 田中 千尋, 田中 朋之, 白岩 立彦
2. 発表標題 生育初期のダイズ茎疫病発生に及ぼす傷の影響－傷処理の深さおよび処理後経過時間が発病に及ぼす影響
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本修平, 野本周平, 細沼航平, 本間香貴, 牧雅康, 本郷千春
2. 発表標題 衛星画像を用いた農家圃場生産性の広域評価法の検討 - 第1報 - UAV画像との比較に基づく2022年7月多雨後の圃場内情報把握
3. 学会等名 第25回 環境リモートセンシングシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本修平, 本間香貴, 橋本直之, 牧雅康
2. 発表標題 仙台市沿岸部農家圃場におけるダイズ生産性と近年の気象要因との関係
3. 学会等名 第65回日本作物学会東北支部講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Terufumi Tada, Momo Kato, Chihiro Tanaka, Tatsuhiko Shiraiwa
2. 発表標題 Effect of Phytophthora sojae Inoculation on Soybean Mortality as Affected by Environmental Factors and Growth of Survived Plant
3. 学会等名 日本作物学会第252回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤 もも, 多田 光史, 田中 千尋, 白岩 立彦
2. 発表標題 ダイズ茎疫病発生の圃場間・圃場内における発病変異の要因探索
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Terufumi Tada, Momo Kato, Chihiro Tanaka, Tatsuhiko Shiraiwa
2. 発表標題 Effect of Phytophthora sojae Inoculation on Soybean Mortality as Affected by Environmental Factors and Growth of Survived Plant
3. 学会等名 第10回アジア作物学会(国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田中 貴 (Tanaka Takashi) (20805436)	岐阜大学・応用生物科学部・准教授 (13701)	
研究分担者	田中 佑 (Tanaka Yu) (50634474)	岡山大学・環境生命自然科学学域・准教授 (15301)	
研究分担者	田中 千尋 (Tanaka Chihiro) (60263133)	京都大学・地球環境学堂・教授 (14301)	
研究分担者	本間 香貴 (Homma Koki) (60397560)	東北大学・農学研究科・教授 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------