

土壌の湛水化がジャガイモそうか病の発生に及ぼす影響

仲川晃生¹・中村吉秀²・菅 康弘³・迎田幸博
(長崎県総合農林試験場愛野馬鈴薯支場)

Effect of Flooding on the Incidence of Potato Common Scab

Akio NAKAGAWA¹, Yoshihide NAKAMURA², Yasuhiro SUGA³ and Yukihiro MUKAIDA

摘 要

長崎県における水田裏作を利用したジャガイモ栽培ではそうか病の発生が認められるため、本病の発生に及ぼす湛水の効果について野外設置ポット条件下で調べた。湛水期間が1ヶ月間と短い場合は、そうか病の発生は対照とした畑状態区と差がないが、湛水期間が4ヶ月間に及ぶと発病は有意に低下した。しかし、湛水後に水稲を栽培した場合には、そうか病は畑状態区と同程度の発生を示し、抑制されなかった。このことから、水田裏作のジャガイモに発生するそうか病は、病原菌が水田状態でも土壌中で生残するために生じる可能性が示唆された。この対策として、湛水に有機物(麦稈)を施用して土壌を急激に還元状態とする手法は、そうか病の発生を湛水のみの場合よりも有意に低く抑制することができ、水稲栽培条件下でも有効であった。しかし、拮抗菌として*Bacillus*属菌を同時処理しても効果の更なる高まりは認められなかった。

緒 言

長崎県は、1965年以降になりウンゼン、タチバナのような暖地用に育成されたジャガイモ品種が普及したことに伴い、春・秋の二期作栽培が広く定着し、北海道に次ぐジャガイモの生産地となった。長崎県でのジャガイモの生産は、青果栽培のほか種いも栽培が行われる。種いもの生産は畑圃場を用いるほか、春作においては水田裏作を利用した栽培が行われる。これは圃場の有効利用のほかに、1年の内に田・畑と大きく栽培環境を変えることで土壌伝染性病害の発生回避を目的としている。しかし、現実には水田裏作においてもそうか病の発生が多くの圃場で認められ、近年では

水田裏作を利用した種いも生産は減少傾向にある。

堀(1974)は、水田にできるところでは一夏水田にすると土の中のジャガイモそうか病菌を根絶できているが、このことは少なくとも長崎県における知見とは一致しない。本論では、田畑輪換圃場におけるそうか病発生の原因を明らかにするため、水処理のジャガイモそうか病防除効果を明らかにするとともに、有機物(麦稈)や拮抗菌(*Bacillus* sp. 菌)を添加した場合のそうか病防除効果の向上について試験を行った結果を以下に記して行く。

なお、本研究は農林水産省指定試験事業で行ったものである。

1 現在(独)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

Address: Aino Potato Branch, Nagasaki Prefectural Agriculture and Forestry Experiment Station, Aino, Nagasaki 854-0302, Japan

Present address: National Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan

2 現在 長崎県病害虫防除所

3 現在 長崎県果樹試験場

2006年5月1日受領

2006年7月3日登載決定

材料と方法

湛水処理がそうか病の発生に及ぼす影響と有機物施用効果

1995年7月に長崎県総合農林試験場愛野馬鈴薯支場において、場内圃場より採取したジャガイモそうか病自然汚染土壌（黒ボク土，前作（春作）におけるそうか病発病塊茎率60%，H5.4）を採取し，篩（5mm）を通して小石や植物残渣を取り除いた後，1/2000 a ワグネルポットに8分目に詰め，以下の5つの試験区を設定した。湛水処理区，湛水+有機物処理区，湛水+有機物+拮抗菌（*Bacillus* sp. AB9001菌），対照畑状態区。有機物にはシロガネコムギの麦稈を使い，乾燥後ミルにて粉碎し，600kg/10aの割合でポット内土壌に混和した。AB9001菌はLB培地（バクト-トリプトン10g，乾燥酵母エキス5g，食塩5g，水1L，pH7.0）で30-24時間培養したもの（菌液濃度約 10^9 cfu/ml）をポット当たり50ml添加した。ポットには水道水を9分目まで加えて湛水し，野外に設置し，約1週間毎に蒸散分を追加給水して水位を保った。試験には各処理区とも3ポットを供した。ポットは1，2および4ヶ月間（1995年7月19日～11月19日）湛水処理し，各処理終了後は落水し，冷暗所に保った。湛水期間中の各処理土壌の酸化還元電位（Eh）は，Ehメーター（東亜電波工業株式会社製RM-12P）を使い，4ヶ月処理区について湛水開始から処理終了まで経時的に測定した。また，各処理終了・落水後に，ポット表面から5cm深部の土壌を一部採取し，土壌平板希釈培養法により糸状菌・細菌および放線菌の密度を測定した。糸状菌数の測定にはMartinローズベンガル培地（ブドウ糖10.0g，ペプトン5.0g，第二リン酸カリ1.0g，硫酸マグネシウム0.5g，寒天20.0g，1%ロ-ズベンガル液3.3ml，水1L），細菌・放線菌の測定にはアルブミン寒天培地（ブドウ糖10g，リン酸二カリ0.5g，硫酸第二鉄痕跡，硫酸マグネシウム0.2g，寒天15g，1/10N水酸化ナトリウム液に溶解した卵白アルブミン0.5g，水1L，pH6.8）をそれぞれ用いた。

1995年12月1日に各処理区とも，ジャガイモ品種ニシユタカ（種いも消毒：オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン剤40倍瞬間浸漬）を1ポット当たり1株植付け，25℃に設定した温室条件下で栽培した。ポットには基肥として牛糞堆肥（1t/10a）および化成肥料（くみあい肥料製雲仙馬鈴薯2号N-P-K=10-8-6，120kg/10a）を加え，また炭酸カルシウムの施用によ

り土壌をpH6に調整した。ジャガイモは1996年4月10日に掘取り後，発病塊茎率を調査するとともに，以下の基準に従って発病度を算出した。

$$\text{発病度} = \{(\text{指数} \times \text{程度別発病塊茎数}) (5 \times \text{調査塊茎数})\} \times 100$$

指数0：発病無し，1：病斑面積率1%未満，2：病斑面積率1%以上10%未満，3：病斑面積率10%以上25%未満，4：病斑面積率25%以上50%未満，5：病斑面積率50%以上

水稻栽培がそうか病発生に及ぼす影響と有機物施用効果

試験1 1996年6月に前述と同様のジャガイモそうか病自然汚染土壌（黒ボク土）を詰めた1/2000 a ワグネルポットを用い，以下の3つの試験区を設定した。

水稻栽培区，湛水区（水稻無栽培），対照畑状態区。ポットには水道水を9分目まで加えて湛水し，水稻栽培区では品種キヌヒカリの苗をポット当たり5カ所に1本ずつ移植した。ポットは野外に設置し，常時湛水状態で水稻を3ヶ月間栽培した（7月1日水稻移植，10月16日刈取り後落水）。次いで同年11月13日に前述同様に種いも消毒を加え，前述同様の施肥条件下でジャガイモ品種ニシユタカを1ポット当たり1株植付け，25℃の温室内で栽培した。ジャガイモは1997年3月4日に掘取り，発病塊茎率を調査するとともに，前述に従い発病度を算出した。

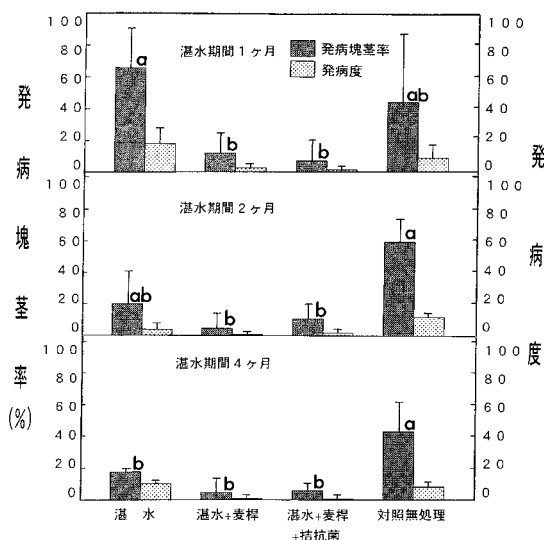
試験2 1997年6月にジャガイモ収穫終了後，水田準備に耕起した愛野町の生産者圃場より，そうか病自然汚染土壌（灰色低地土，前作（春作）でのそうか病発病塊茎率15%）を採取し，前述に従って土壌を調整後，1/2000 a ワグネルポットに8分目に詰めた。試験区は以下の5つを設定した。水稻栽培区，有機物施用水稻栽培区，有機物+拮抗菌施用水稻栽培区，拮抗菌施用水稻栽培区，対照畑状態区。有機物には5cmに裁断した麦稈（シロガネコムギ）を600kg/10a施用し，拮抗菌（AB9001菌）は前述に準じて施用した。ポットには水道水を9分目まで加え，水稻栽培区では品種キヌヒカリの苗をポット当たり5カ所に1本ずつ移植し，常時湛水状態で水稻を4ヶ月間野外条件下で栽培した（7月23日移植，11月10日刈取）。ポットは処理後落水し，同年12月10日に前述に準じてジャガイモ品種ニシユタカを植付け，25℃温室内で栽培した。ジャガイモは1998年4月25日に掘取り，発病塊茎率を調査するとともに，前述の基準で発病度を算出した。

試験結果

湛水処理がそうか病の発生に及ぼす影響と有機物施用効果

湛水各処理によるジャガイモそうか病の発病程度を第1図に示した。湛水区の発病程度は、湛水期間が1ヶ月間の場合是对照の畑状態区との間で差は認められなかったが、湛水期間が長引くにつれて低下し、4ヶ月間に及ぶと発病は有意に低下した。これに対して、有機物(麦稈)施用区および麦稈と拮抗菌(AB9001菌)施用区ではそうか病の発病は処理1ヶ月以降から有意に低下し、高いそうか病防除効果が認められた。土壌の酸化還元電位(Eh)は、麦稈施用区および麦稈+AB9001菌施用区で急激に低下し、処理40日後までに-200mV以下に低下し、以降-200mV前後で安定した。これに対し湛水のみ場合は処理80日後以降、-150mV前後で安定してそれ以下には低下しなかった(第2図)。

第1表には湛水各処理土壌中の菌密度を示した。糸状菌密度は畑状態区では4ヶ月間を通じてほぼ一定の値を示した。これに対して、湛水各処理区では処理期間が1ヶ月以上に亘るいずれの区においても、畑状態区に比べて大きく減少し、特に、麦稈および麦稈+



第1図 湛水処理によるジャガイモそうか病発病抑制効果

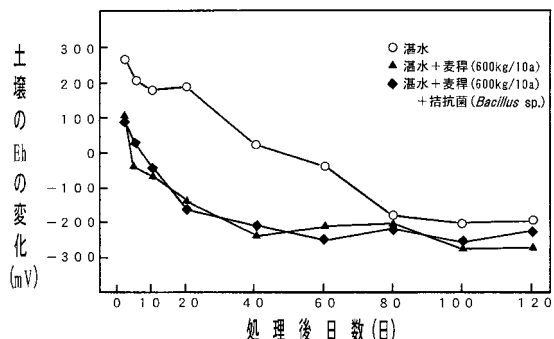
数値は角変換後Tukeyの多重検定法(5%)により検定し、同一英字を付した平均値間には有意差を認めない

AB9001菌区で大きな低下を示した。細菌の密度は麦稈区で処理1および2ヶ月後まで、麦稈とAB9001菌処理区では処理1ヶ月後に湛水区もしくは畑状態区と比べて高まったが、4ヶ月間処理後には大きな差は認められなくなった。一方、放線菌は湛水1ヶ月間後では処理区間に大きな差が認められなかったが、2ヶ月間後で畑状態区に比べて湛水各処理区で菌密度が低下し、4ヶ月間処理後では湛水+麦稈区での菌密度が最も低下し、次いで湛水+麦稈+AB9001菌区で低下した。放線菌密度は処理4ヶ月間後までに畑状態区に比べて湛水のみ区でも有意に低下したが、その程度は湛水に麦稈等を組合せた場合に比べて低かった。しかし、いずれの湛水条件下においても、土壌中の放線菌が検出されなくなることはなかった。

水稻栽培がそうか病発生に及ぼす影響と有機物施用効果

試験1 水稻栽培を組合せた場合の湛水とジャガイモそうか病発生との関係を第3図に示した。本試験では、湛水だけでそうか病の発生を十分に抑制できた。そうか病の発生は、水稻を栽培することで畑状態区に比べて低下したものの、湛水だけの場合に比べてそうか病の発生は高まった。このことから湛水による効果が十分な条件下においても、水稻栽培をすることでそうか病防除効果は低下することが判明した。

試験2 有機物等を加えて水稻を栽培した場合のジャガイモそうか病の発病程度を第4図に示した。水稻を栽培した場合、そうか病の発生は湛水だけの処理では対照の畑状態区と同等となり、発病の低減効果は見られなかった。これに対し、有機物(麦稈)や拮抗菌(AB9001菌)を単独施用した場合は、そうか病の発生は大きく低下し、有効性が示された。



第2図 湛水期間中の土壌の酸化還元電位(Eh)の変動

第1表 土壤中の菌密度の推移

| 処 理 区 名 | 処理期間(月) | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|----------------|
| | 1 | 2 | 4 |
| 糸 状 菌 (× 10 ² cfu/g乾土) | | | |
| 湛水区 | 61.1 ± 33.8 ^{a,b)} | 53.3 ± 17.9b | 76.4 ± 15.6b |
| 湛水 + 麦稈 | 19.4 ± 1.2c | 12.4 ± 8.4c | 9.4 ± 6.1c |
| 湛水 + 麦稈 + 拮抗菌 ^{c)} | 22.7 ± 2.7c | 11.7 ± 8.6c | 17.6 ± 8.5c |
| 無処理区(畑状態) | 250.5 ± 24.6a | 203.1 ± 54.6a | 194.4 ± 11.3a |
| 細 菌 (× 10 ³ cfu/g乾土) | | | |
| 湛水区 | 145.3 ± 19.9c | 158.9 ± 54.4b | 253.4 ± 38.6b |
| 湛水 + 麦稈 | 355.2 ± 8.0b | 502.0 ± 26.5a | 172.2 ± 68.0ab |
| 湛水 + 麦稈 + 拮抗菌 | 1082.0 ± 53.0a | 150.8 ± 23.6b | 130.2 ± 26.8a |
| 無処理区(畑状態) | 126.7 ± 24.0c | 169.2 ± 16.3b | 152.4 ± 21.6a |
| 放 線 菌 (× 10 ⁴ cfu/g乾土) | | | |
| 湛水区 | 76.7 ± 28.8 | 43.2 ± 19.2b | 51.2 ± 6.3b |
| 湛水 + 麦稈 | 67.2 ± 15.9 | 59.2 ± 2.8b | 12.2 ± 3.5d |
| 湛水 + 麦稈 + 拮抗菌 | 74.4 ± 12.6 | 51.4 ± 2.3b | 20.0 ± 4.4c |
| 無処理区(畑状態) | 80.0 ± 10.1 | 75.5 ± 5.9a | 77.8 ± 8.2a |

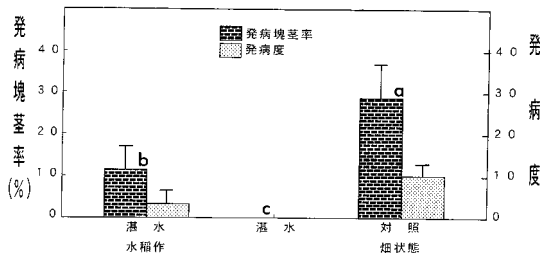
NS^{d)}

a) 数値は平均値 ± 標準偏差

b) 数値は Tukey の多重検定法 (5%) により検定し 同一英字を付した平均値間には有意差を認めない

c) *Bacillus* sp. AB9001 菌

d) 分散分析により有意差無し

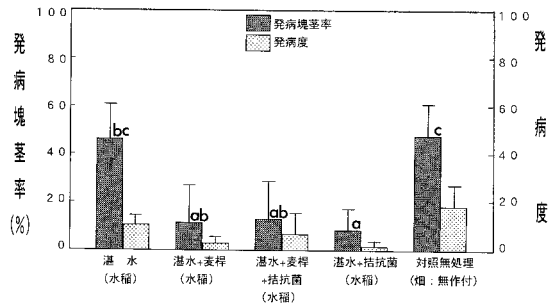


第3図 水稲栽培がジャガイモそうか病の発生に及ぼす影響

数値は角変換後Tukeyの多重検定法(5%)により検定し、同一英字を付した平均値間には有意差を認めない

考 察

湛水もしくは田畑輪換による土壌伝染性の病害防除は古くから行われ、Stover et al. (1953, 1954, 1956) は、*Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense*により起こされるバナナのバナナ病を湛水によりほぼ完全に防除できることを示した。また、ダイズ紫斑病(豊川ら1966)、ダイズ白絹病(仲川1999)、コムギ立枯病(埼玉県農業試験場1968)、コンニャク白絹病(牧島1974)などは田畑輪換により発生が軽減することが知られ、各種



第4図 水稲栽培中の湛水各処理のジャガイモそうか病発病制御効果

数値は角変換後Tukeyの多重検定法(5%)により検定し、同一英字を付した平均値間には有意差を認めない

土壌伝染性病害の対策に用いられている。ジャガイモそうか病の発生には土壌水分が大きな影響を及ぼしていることは古くから指摘され、土壌が湿潤状態であればそうか病の発生は少ない(Lampwood and Adams 1973, 田代ら1982, 船越・松浦1978)とされてきた。しかしこれは主にジャガイモ栽培期間中の土壌水分と発病との関係について研究されたものであり、前作を過湿もしくは湛水状態とした場合の効果について研究

した例は少ない。堀(1974)は、土壌中のそうか病菌は夏季の水田化により死滅するとしているが、吉田(1988)は本病害に対し水田化は卓効を示さないとしている。

長崎県愛野町の水田裏作におけるジャガイモ栽培でそうか病の発生が多い原因としては、以下の3つの可能性が考えられる。夏場の数ヶ月間(6~10月)を水田化する田畑輪換では、湛水期間中のそうか病菌に対する死滅効果は不十分である。圃場の水田化で土壌中のそうか病菌は十分に死滅するものの、水稲栽培での用水を通じて圃場内にそうか病菌が入り込み再汚染される。水田化により圃場は浄化されるものの、植付時の種イモよりそうか病菌が圃場に持込まれ、再汚染される。このうち、種イモからの再汚染については、愛野町における農家の種イモ消毒率は100%に達し、特に、種苗生産組織による栽培である点を考慮すれば、その可能性は極めて低いと考えられる。

本試験においてジャガイモそうか病の発生は、試験回次により結果は異なったが、湛水期間が数ヶ月に亘る場合でも発生が大きく低下するものの発病は無とはならなかった。このため湛水処理では、一部で菌が生残する可能性があり、その可能性はあるものと考えられる。

湛水が土壌中の菌密度(糸状菌、細菌、放線菌)に及ぼす影響を調べて見ると、細菌数は畑条件下と大差はなかったが、糸状菌数と放線菌数は畑条件下に比べ低下した。このことは松田ら(1972)が水田土壌の糸状菌・細菌・放線菌数について調べた結果と一致し、湛水(水田)化は放線菌の密度低減に有効であると言える。本試験では、そうか病菌を含めた放線菌全体として密度を測定したが、4ヶ月に亘る湛水処理はそうか病菌の密度をも同時に減少させているものと考えられた。しかし、試験1に示したように、湛水だけでも十分なそうか病防除効果を示す場合でも、水稲を栽培することで発病が畑状態と同程度となることから、水稲栽培条件下ではそうか病菌は生残するものと考えられる。このことは、試験2において湛水と水稲栽培との組み合わせでも畑状態と差のない発病程度を示したことから支持されよう。水稲は灌漑水中の溶存酸素、水中に繁茂する雑草や藻類などの同化酸素、および稲自体の同化作用により生じた酸素を破生通気組織を通じて根に送り、根の先端から酸素を出して根圏土壌を酸化的に矯正することで還元土壌内に根を伸長す

る(星川1980)とされている。このため、水稲栽培条件下では、根を通じた根圏土壌中への酸素供給が起こり、そうか病菌が生残する可能性があると考えられる。このことを明らかにするためには、栽培中の水稲の根圏土壌からそうか病菌を検出する必要がある。

有機物として麦稈および麦稈に拮抗菌(AB9001菌)を加えて湛水した場合は、湛水だけの場合に比べ有意に発病を抑制し、処理1ヶ月からそうか病の発生を低く抑えるなど高い防除効果が認められた。このことは水稲を栽培した条件下でも有効であった。処理土壌の酸化還元電位(Eh)は、麦稈等を施用した区では湛水20日後までに酸化還元電位が -200mV 近くまで低下しており、急激な還元状態(酸欠状態)となっていることが判る。湛水により土壌伝染性病害が防除される機構としてStover(1956)は、*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*の湛水による菌密度低減機構は土壌中の酸素供給量が関与し、病原菌が酸欠状態におかれることで死滅するためであるとしている。本試験のように麦稈を加えることで土壌を強制的に還元状態とする手法では、急激に土壌を酸欠状態とすることから、そうか病菌等の病原菌を死滅させる効果が高いものと考えられる。一方Okazaki and Nose(1986)は、有機物を加えて湛水することで土壌中に抗菌性の酢酸や n -酪酸等の有機酸が産生されることから菌が死滅するとしている。今回の試験では産生される有機酸の測定は行っていないため、いずれが主たる原因か明瞭ではないが、可能性から言えば両者が有機的に関わって作用したものと考えらるべきであろう。駒田(1981)は、田面水の縦浸透がない水田や有底のポットでの試験のような有機物が添加されることにより還元状態が進行するような条件下では、湛水による病原菌の死滅効果は高く現れ、その逆の条件では低く現れるとしている。また、水田に前作牧草のような多量の有機物残渣を鋤込むと分解に伴う窒素飢餓、還元化、後期の窒素肥効等水稲生育の不安定要因になる可能性(吉田・石川, 1969)が指摘されていることから、現地での水稲栽培への麦稈施用には、効果の点および水稲への影響の観点から注意が必要である。

AB9001菌は麦稈を施用した湛水処理土壌からダイズ白絹病菌等に対し拮抗性を示す*Bacillus*属菌として分離した。本菌はPDA培地上においてそうか病菌の菌叢生育を抑制する(仲川未発表)ことから、本試験ではそうか病菌に対する拮抗菌として用いた。本菌は麦

稈と同時処理することで麦桿施用の効果の高まりを期待したが、今回の試験においては麦稈と本菌との同時処理区と麦稈処理区との間には明瞭な差が認められなかった。唯一、水稻を栽培した区において拮抗菌単独でも高い効果を示したことから、麦稈と同時処理した場合は後に生じる還元状態により拮抗菌も死滅する可能性もあると考えられる。このため、好気性の *Bacillus* 属菌がどのような条件で効果を発揮するのか、また、最適な処理方法については再度検討が必要である。

長崎県愛野町における水田裏作でのジャガイモ栽培では多くの圃場でそうか病の発生が認められ、発生圃場では周辺部分で多く中央部分で少ない様相を示していた。圃場の周囲において発生が多い理由については今後の検討事項であるが、そうか病は乾燥気味の土壌条件下で発生が多いとされることから局所的な排水条件が係わるものと考えられるほか、水田裏作でそうか病の発生が多い原因で提起したように、水稻栽培時の用水による病原菌の侵入があるとすれば、用水が圃場の周囲部を介し中心部に流れ込む過程の中で周辺部に多く菌が残留・定着する可能性はあるだろう。長崎県愛野町の水田の立地条件をみると、水田はジャガイモ連作圃場のある丘陵地に囲まれた谷間の低地に広がっている。現地では集中豪雨状態の降雨が多く、明渠の無い段々畑状の圃場を縦横に流れた泥水は、最終的に砂防ダムに溜まり、夏季に水田の用水として利用されている。このことから、用水を通じた病原菌の持ち込みの可能性は、完全に否定できない。このため、泥水中でのそうか病菌の生存期間を明らかにするなど、圃場の汚染に及ぼす用水の可能性の検討が別途必要で

ある。

引用文献

- 船越建明・松浦謙吉 (1978) 広島農試研報 40 : 73 - 80 .
- 星川清親 (1980) 新編食用作物 . 養賢堂 , 東京 . pp. 19 - 172 .
- 堀 正侃 (1974) 作物病害虫事典 . (河田 党編) . 養賢堂 , 東京 pp. 245 - 246 .
- 駒田 旦 (1976) 東近農試研報 29 : 132 - 269 .
- 駒田 旦 (1981) 地力維持・連作障害克服のための畑地管理技術指針 (農林水産省技術会議事務局) . pp. 159 - 172 .
- Lampwood, D. H. and M. J. Adams (1973) Ann. Appl. Biol. 73 : 277 - 283.
- 松田 明ら (1972) 日植病報 38 : 190 - 191 .
- 牧島信夫 (1974) 圃場と土壌 65 : 15 - 18 .
- 仲川晃生ら (1994) 日植病報 60 : 789 .
- 仲川晃生ら (1999) 日植病報 65 : 366 .
- 仲川晃生 (1999) 今月の農業 43(3) : 96 - 98 .
- Okazaki, H. and K. Nose (1986) Ann. Phytopath. Soc. Japan 52 : 384 - 393.
- 埼玉県農業試験場 (1968) 埼玉農試研報 28 : 1 - 135 .
- Stover, R. H. et al (1953) Soil Science 76 : 225 - 238.
- Stover, R. H. (1954) Soil Science. 77 : 397 - 412.
- 田代暢哉ら (1982) 九病虫研会報 28 : 36 - 40 .
- 豊川良一ら (1966) 青森農試研報 11 : 87 - 97 .
- 吉田 稔 (1988) まるごと楽しむジャガイモ百科 . 農山漁村文化協会 , 東京 . pp. 74 - 136 .
- 吉田土通・石川次郎 (1969) 栃木農試研報 13 : 9 - 17 .