

低温期の土壌 pH 矯正によるネギ黒腐菌核病被害の軽減

静岡県農林技術研究所

伊
代
住
鈴
墨

伊
代
住
木
岡

伊
代
住
幹
宏

伊
代
住
幸
彦

はじめに

ネギ類の黒腐菌核病（英語では White Rot「白腐れ」）は、タマネギ、ニンニク等に発生する重要病害として古くからヨーロッパなどで知られていた病害であり、現在では、世界各地のネギ属作物が栽培される地域で発生している。日本では、栃木県をはじめとして関東の複数都県の根深ネギでの発生が1957年以降に相次いで報告されているが、実際には第二次世界大戦前からの侵入が推測されている（若井田, 1968）。病名の由来である菌核は、被害植物上にかさぶた状に密集して形成され、土中で2～3か月間深く休眠した後、ネギ類特有の「におい」物質に反応して発芽するようになる（COLEY-SMITH et al., 1987）。ネギ類の「におい」がなければ、数年間にわたり土壌中で休眠し続ける。菌核は直径1 mm 弱の類球形で、水よりやや比重が高いが、雨風により容易に拡散する。感染は主にネギ類の根や茎盤部付近で起こり、隣接株に急速に広がる。土壌中の菌核の数を精密に制御した接種試験により、ニンニクでは、深さ10 cmで土壌100 g 当たり1～2個程度の菌核密度で9割以上の発病株率に達したとする報告もある（CROWE et al., 1980）。株を密集させて栽培する根深ネギでは発病の拡大は同等かそれ以上と考えられる。

本病害の防除については、本誌2014年1月号において、各種土壌消毒手法や緑肥作物等の輪作による発病軽減策を取り入れた、前作発病程度に応じた総合的防除対策メニューが紹介されている（小河原, 2014）。その中でも述べられているが、本病害は土壌 pH が極端な酸性に傾くことで発病が助長されることから、石灰施用による土壌 pH の矯正が推奨されている。一方で、本病原菌の菌核発芽や菌糸生育は中性付近の pH でも特に抑制されず、本病の被害に及ぼす影響についても、海外のタマネギなどでは抑制するとの報告（HARRISON, 1954）と、

助長するとの報告（ADAMS and PAPAIVAS, 1971）が併存しており、必ずしもはっきりしていない。

静岡県の根深ネギ主産地である県西部地域でも、主力の年明けから春収穫の作型において本病害の発生が問題となっているため、年末年始にかけての土寄せに合わせた石灰施用による pH の矯正が推奨されているが、これまでその有効性について明確な根拠は示されていなかった。

本稿では、低温期にネギ近傍の pH を石灰施用等により積極的に高めることが本病害の軽減に有効であることを示す試験結果を紹介するとともに、本病害の特性を考慮した防除対策の考え方について提案する。

I 年明け収穫の作型における土寄せ時の石灰施用が黒腐菌核病の発生に与える影響

筆者らは静岡県西部地域に多い、灰色低地土地帯にある本病の常発圃場を用いて2012～13年にかけて土寄せ時の石灰施用の効果について検証した（伊代住ら, 2014）。前作終了・耕うん後の2012年5月に土壌中の生存菌核密度を篩分けによる直接定量法（伊代住ら, 2013；口絵①）で調査したところ、深さ5～10 cm から採取した土壌100 g 当たり2個以上の生存菌核が検出されたため、ダゾメット粉粒剤45 kg/10 a 処理で土壌消毒した後に試験を開始することにした。土壌消毒後の生存菌核数は土壌100 g 当たり0.6個程度まで減少したため、7月に苗を定植し、年明け収穫の作型において試験を開始した（図-1）。

ネギ定植前から深さ10 cm の圃場地温の推移を調べたところ、7～10月初旬には日平均25℃以上だったものが、11月に入り15℃を下回り、12月下旬以降、2月の収穫までは5℃前後で推移した（図-2）。黒腐菌核病の菌糸生育適温は20℃前後だが、0～5℃の低温でも生育を続ける。一方で、25℃以上が続くと菌糸の状態では生存できない。そのため、菌核はネギ類の「におい」により25℃以上でも発芽してしまうが、実際に活動していたのは、10月下旬以降だったと考えられる。

土寄せは10月初旬に第1回を行い、苦土石灰（灰分55%）を60 kg/10 a で作条に施用した後に土を寄せた。以後、11月初旬、12月初旬、12月末の土寄せ時には

Alleviation of Welsh Onion White Rot Disease by Soil Alkalinization in Cold Season. By Hiroyuki IYOZUMI, Mikihiko SUZUKI and Hiroki SUMIOKA

（キーワード：ネギ黒腐菌核病, pH 矯正, 低温期, 土寄せ）

*現所属：静岡県経済産業部農林業局農山村共生課

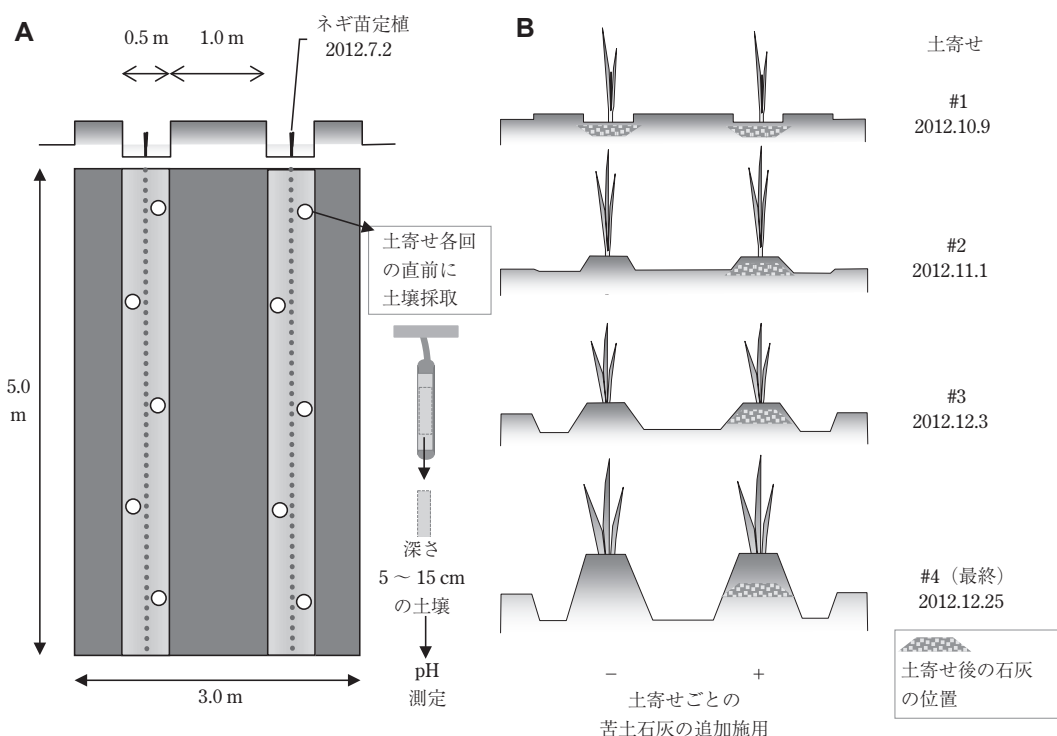


図-1 圃場概要 (A) と pH 測定用土壌の採取方法 (B)
(伊代住ら (2014) より一部改変の上転載)

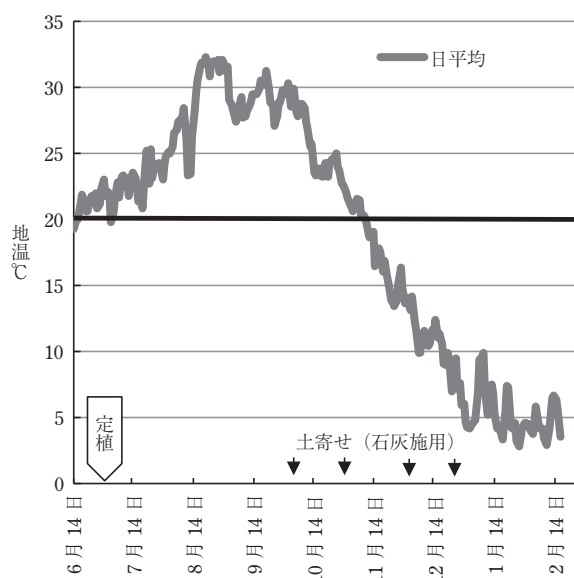


図-2 試験期間中の圃場地温 (深さ 10 cm)
(伊代住ら (2014) より一部改変の上転載)

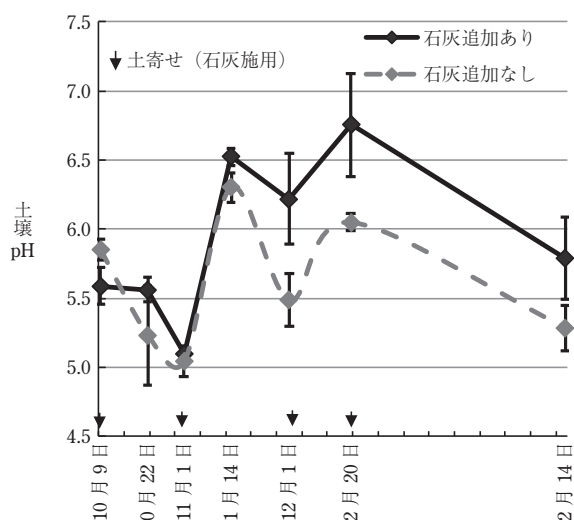


図-3 土寄せ開始後のネギ近傍の土壌 pH
(伊代住ら (2014) より一部改変の上転載)

30 kg/10 a を施用した。対照区は第 1 回のみ苦土石灰を施用した。

毎回の土寄せ前と収穫時にネギ近傍の土壌 pH を継時

的に調査したところ、第 2 回の土寄せ以降に、処理区において pH が対照区に比べて 1.0 以上高い状態が維持された (図-3)。収穫時 (2 月) には対照区において出荷できない廃棄株率が 3 か所の調査で 92.0 ~ 100% に達し

た一方で、石灰追加処理区では、同 68.0～90.0%であり、被害が有意に軽減された（メタアナリシス、ランダム効果モデル $p < 0.05$ ）。

II 低温時に高 pH を保つと黒腐菌核病被害は有意に軽減される

以上のように、年明け収穫の作型で、土寄せごとの石灰追加処理でネギ黒腐菌核病の被害が軽減することが確認された。その際、ネギ近傍の土壌 pH は、地温が 10℃を下回るような時期に中性付近を維持していた。この「低温期にネギ近傍の pH が高い」ことの重要性を検証するため、次に実験室内でのモデル試験（伊代住ら、2014）を実施した。

葉 3 枚に出荷調整された根深ネギの 2 枚目の葉鞘（軟白部）から直径 1 cm のディスクを切り出し、外側を上にして素寒天平板上に置床し、その中央部にリン酸バッファー（PB: 0.1 mM）を滴下し、その中に培養菌叢上に形成させて 2 か月以上経過させた成熟菌核を 1 個ずつ置いて接種した（口絵②）。PB の pH は試験圃場で実測された範囲（pH5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5）で調製した。菌核は成熟しているものの、発芽にムラが生じる懸念があったため、吸水させて柔らかくしてから、ピンセットでつまみ割り、発芽促進してから用いた（口絵①下）。接種した葉鞘ディスクを入れたシャーレを試験圃場で土寄せを実施した時期の地温の範囲（15℃：11 月初旬相当、10℃：12 月初旬、5℃：12 月下旬から 2 月）に設定

表-1 接種後異なる pH 設定と温度の組合せで培養されたネギ葉鞘ディスクの発病

黒腐菌核病菌を接種したネギ葉鞘ディスクの発病率 (%)									
pH 設定	15℃			10℃			5℃		
	2 週間	3 週間	5 週間	2 週間	3 週間	5 週間	2 週間	3 週間	5 週間
5.0	100	—	—	0	47	100	0	0	73
5.5	100	—	—	0	60	100	0	0	93
6.0	100	—	—	0	33	100	0	0	87
6.5	100	—	—	0	40	100	0	0	87
7.0	100	—	—	0	33	100	0	0	47
7.5	100	—	—	0	20	100	0	0	47

（伊代住ら（2014）より一部改変の上転載）

ネギ葉鞘ディスク上に所定 pH のリン酸バッファーを滴下し、その中に黒腐菌核病菌の菌核を接種した。各温度のインキュベーター内で維持し、2, 3, 5 週間後に発病の有無を調査した。表中の数値は、発病ディスクの割合（%, $n = 15$ ）を示す。バーは調査なし。

表中 2 群間の比較の結果、発病率に差が認められた（Fisher の正確確率検定 10℃・3 週間後： $p = 0.0719$, 5℃・5 週間後： $p = 0.0002$ **は $p < 0.01$ ）。

表-2 黒腐菌核病菌を接種したネギ葉鞘ディスクにおける pH の低下と発病の関係

葉鞘ディスク上の接種部位の pH				
初期 pH	10℃・3 週間培養後		5℃・5 週間培養後	
	健全	発病	健全	発病
5.0	3.8 a) (3.0～5.0) b)	3.1 (3.0～4.0)	4.0 (3.0～5.0)	3.4 (3.0～4.0)
5.5	3.3 (3.0～5.0)	3.0 (3.0)	3.0 (3.0)	3.1 (3.0～4.0)
6.0	5.3 (3.0～6.0)	3.0 (3.0)	4.5 (3.0～6.0)	3.5 (3.0～4.0)
6.5	4.1 (3.0～5.0)	3.5 (3.0～4.0)	3.5 (3.0～4.0)	3.2 (3.0～4.0)
7.0	5.7 (5.0～6.0)	3.6 (3.0～4.0)	5.0 (3.0～7.0)	3.6 (3.0～4.0)
7.5	6.7 (6.0～7.0)	4.0 (4.0)	5.4 (3.0～7.0)	3.7 (3.0～4.0)

Wilcoxon の符号順位検定
($p < 0.05$)

*

*

（伊代住ら（2014）より一部改変の上転載）

a) 健全ディスクと発病ディスクの接種部位の pH の平均値を比較すると、いずれも初期 pH 設定よりも低下していたが、発病ディスクのほうがより pH が低くなっていた（Wilcoxon の符号順位検定 10℃・3 週間： $p = 0.0180$, 5℃・5 週間： $p = 0.0296$ ）。

b) 括弧内は測定された pH の範囲。

したインキュベーターにいれ、暗所で5週間維持した。2, 3, 5週間後にディスクの発病（菌の分解酵素によるディスクの軟化、透明化）を評価したところ、15℃では2週間後、10℃でも5週間後にはいずれのpH設定でも100%のディスクが発病したが、5℃では5週間後の時点でpH7.0以上のディスクの発病率が有意に低かった（表-1；pH5.0～6.5:73～87%, pH7.0～7.5:47%；口絵③）。発病が認められたディスクでは、PBの初期設定pHにかかわらず液滴のpHが4以下まで低下しており、見た目は発病していないディスクでも中には液滴のpHが4以下まで低下しているものがあった（表-2）。培養中の黒腐菌核病菌はシュウ酸の生産などにより周囲のpHを自ら下げることや、同菌のペクチン分解酵素活性がpH3～3.5で最高になり、5.0以上で著しく低下することが報告されている（若井田, 1968）。pHの低下は分解酵素の生成自体も促進するため、黒腐菌核病菌は自らの活動のためpHを下げて積極的に環境を整えていると言える。さらに、菌糸生育が鈍る低温時（0～5℃）でも本菌の分解酵素は働くこと、10℃以下の低温に晒されることで分解酵素に対するネギの感受性が上がることで、また、菌核がネギから3 cm以上離れていると極端に発病の確率が下がることなど（若井田, 1968）から、被害軽減のため低温期にネギ近傍のpHを石灰などの施用により積極的に高めることが有効な手段となると考えられる。

ちなみに、黒腐菌核病の生成するシュウ酸は高濃度で植物の細胞死を誘導することが報告されており、その働きはむしろ中性付近で強い（Kim et al., 2008）。生育適温

ではpH矯正の効果が認められないことを本稿でも紹介したが、その原因の一つと考えられる。

おわりに

以上のように、黒腐菌核病が発生してしまった圃場における被害軽減には、低温期にネギ近傍土壌のpHを積極的に上げることが有効であり、総合的な防除対策の一環として取り入れることが勧められる。特に、静岡県の主力の作型である、年明けから春収穫では地温が黒腐菌核病菌の生育適温にあたる期間が比較的に短いため、低温期のpH矯正の効果が大きいと考えられる。

本病害の総合防除対策として、最近は生育期間中に使用できる農薬の登録も進められているが、土壌消毒以外で、栽培終了後に実施するリスク低減技術も高度化が期待される。例えば、黒腐菌核病菌は、ネギ属の「におい」により、適温を超える生育に不利な条件でも発芽することから、ネギ属の「におい」を圃場に発芽・餓死させることで、汚染圃場からの拡散リスクを低減する取組が報告されている（Davis et al., 2007）が、総合防除対策で取り入れられている緑肥作物などの利用においてもそれが期待できるかもしれない。筆者らが行った試験では、ネギアザミウマの土着天敵の増殖のため、間作に用いられるマルチ大麦の根圏に不織布の袋に入れた菌核を設置し、栽培、鋤き込み後の菌核の状態を調査したところ、植物を栽培しなかった場合に比べて、2割程度生残菌核の減少（消失）が認められ、無効な発芽の促進が推測された（対照のネギ根圏では菌核数が6～9割減少（図-4））。

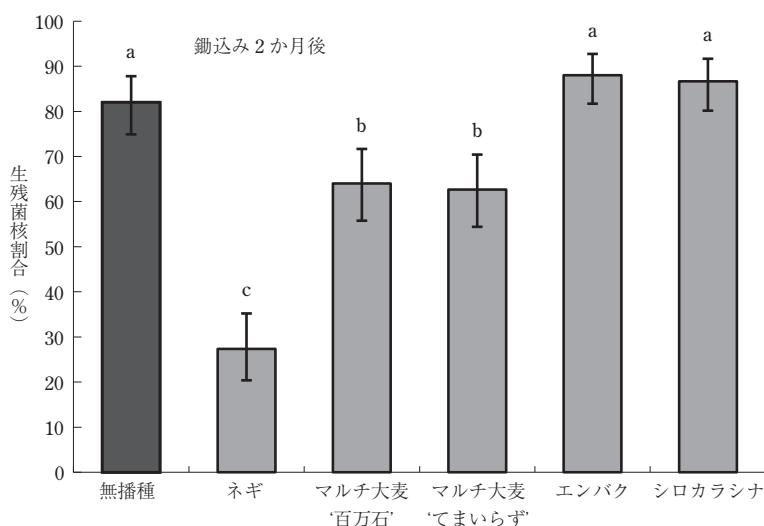


図-4 各種緑肥植物の作付けが土壌中の黒腐菌核の生残に与える影響
（伊代住ら（2014）より一部改変の上転載）

一方で、発病軽減効果が報告されているシロカラシナの場合には、生残菌核の減少は顕著ではなく、発芽促進とは異なる働きが示唆された。機能別に輪作、間作作物を組合せて、病虫害の同時対策も含めたより効果的な圃場リスク低減が可能になるかもしれない。

現在までに、黒腐菌核病に対する実用的な耐病性を有するネギ品種は得られていないが、海外の報告では、一部の鑑賞用ネギ類で発病程度の低いものが報告されており、要因の一つとして、特定の臭気成分の弱さが指摘されている (ESLER and COLEY-SMITH, 1983)。それら自体は育種素材に向いていなかったものの、育種目標として、菌核を発芽させにくいネギなども検討する価値があると考えられる。今後、筆者らの報告を含め、上記のような

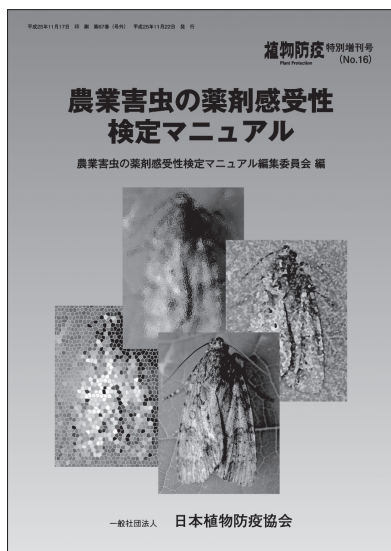
黒腐菌核病菌の特性を考慮した対策技術により、総合防除体系のアップグレードが進むことを期待したい。

引用文献

- 1) ADAMS, P. B. and G. C. PAPAIVAS (1971): *Phytopathol.* **61**: 1253 ~ 1256.
- 2) COLEY-SMITH, J. R. et al. (1987): *Plant Pathol.* **36**: 594 ~ 599.
- 3) CROWE, F. J. et al. (1980): *Phytopathol.* **70**: 64 ~ 69.
- 4) DAVIS, R. M. et al. (2007): *Plant Dis.* **91**: 204 ~ 208.
- 5) ESLER, G. and J. R. COLEY-SMITH (1983): *Plant Pathol.* **32**: 13 ~ 22.
- 6) HARRISON, D. E. (1954): *J. Dep. Agr. Victoria.* **52**: 510 ~ 520, 525.
- 7) 伊代住浩幸ら (2013): 関東東山病虫害研報 **60**: 55 ~ 57.
- 8) ————ら (2014): 関西病虫害研報 **56**: 37 ~ 41.
- 9) KIM, K. S. et al. (2008): *MPMI* **21**: 605 ~ 612.
- 10) 小河原孝司 (2014): 植物防疫 **68**: 25 ~ 29.
- 11) 若井田正義 (1968): 宇大農学術特輯 **23**: 18 ~ 44.

植 物 防 疫 特別増刊号 No.16

農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル



B5 判 179 頁, 定価 2,600 円 (本体, 税別)

農業害虫の殺虫剤感受性の状況を把握することは、発生予察の重要な情報となります。本書では 42 種 (類) の農業害虫について、感受性検定法の基礎から現在の手法、1990 年代から最新の状況まで、広範な情報を 1 冊にまとめました。あわせて「最近の話題」および「過去 10 年間に植物防疫誌に掲載された抵抗性関連記事リスト」を収載しました。

感受性検定を初めて行う方から経験者まで、幅広く活用いただけます。農薬の有効成分を作用機構分類別にまとめた「農薬作用機構分類一覧」とともに本書をご活用下さい。

一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753

<http://www.jpapa.or.jp/> order@jpapa.or.jp