

発病リスク診断に基づく
「キャベツ根こぶ病」
防除マニュアル
(冬春キャベツ)



令和5年(2023年)6月

熊本県農業研究センター生産環境研究所

目次

★ はじめに	...	1
★ 発病リスク診断に基づく防除マニュアル	...	2
・発病リスク診断に基づく防除マニュアルの流れ		
・ ステップ1 : 発病リスク診断	...	3
・診断項目1 土壌中菌密度		
・診断項目2 土壌pH		
・診断項目3 発病履歴		
・ ステップ2 : 発病リスクの評価	...	8
・ ステップ3 : 発病リスクに応じた防除対策の選定	...	9
・発病リスクごとの予測される発病程度と必要な対策		
・発病リスクごとの防除対策表		
★ (補足1) 根こぶ病とは	...	11
★ (補足2) 防除技術	...	13
★ (補足3) 土壌病害診断 AI アプリ「HeSo+(ヘソプラス)」	...	21

本マニュアルのポイント : **3つのステップ** で被害を抑える

① 発病リスクの診断、② 発病リスクの評価、③ 防除対策の選定

はじめに

近年の消費者のライフスタイルの変化に伴い、加工・業務用野菜は需要の増加が見込まれており、熊本県では露地野菜を中心に生産振興が図られています。平坦地域では水田裏作に冬春キャベツ等のアブラナ科野菜が生産されていますが、連作や排水不良となりやすい水田地帯での栽培では、「根こぶ病」の発生が問題となっています。

「根こぶ病」は発病後の防除が困難なため、作付け前の防除が重要です。しかし、現地ほ場では防除対策の不足で収量減となる被害が発生しています。一方で、被害を懸念し過剰防除を行っているほ場があります。

そこで、2017年からの5か年間、冬春キャベツ産地の八代地域において、根こぶ病の発病実態と有効な防除対策について調査を行い、発病リスク診断に基づく防除マニュアルを作成しました。

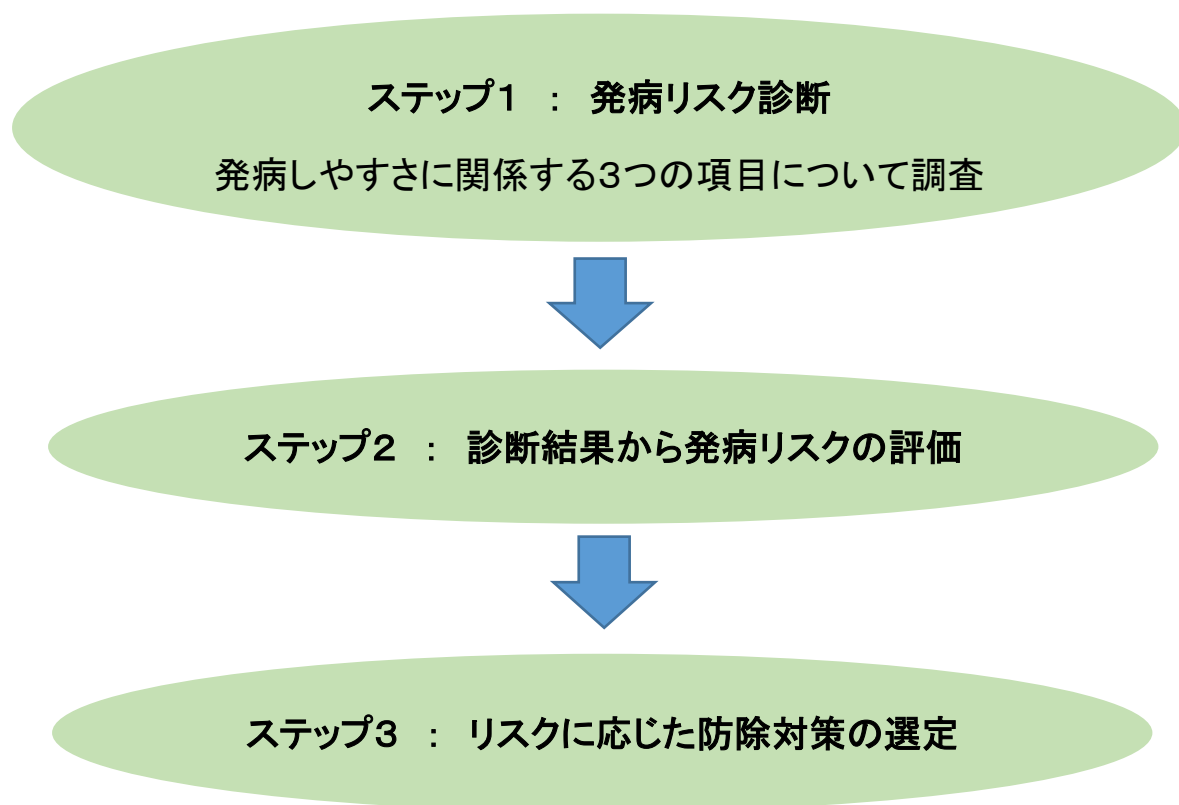
本マニュアルは、作付け前に実施するほ場の発病リスク診断法と発病リスクごとの防除メニューを設定しています。本マニュアルに基づき効率的で無駄のない防除が実施されることで、「根こぶ病」の被害が軽減し、冬春キャベツの安定生産につながることを期待します。

発病リスク診断に基づく防除マニュアル

根こぶ病は発病後の防除が困難です。そのため、発病を予測して、作付け前に対策を講じる必要があります。ほ場ごとに発病リスクを診断して、発病リスクに応じた防除技術を選定し、対策を実施します。

このように発病後の防除が困難な土壤病害の対処法として、発病のしやすさを予測して、事前に対策を立てるやり方をヘソディム「健康診断に基づく土壤病害管理」といいます。ヘソディムは人の健康診断のようなもので、ほ場の健康診断を行い、土壤病害を管理する技術になります。

●発病リスク診断に基づく防除マニュアルの流れ



本防除マニュアルは、平坦地域の水田地帯で9～10月定植の冬春キャベツを対象にしています。

ステップ1：発病リスク診断

発病のしやすさに関係する以下の3つの項目について調査し、それぞれのリスク値を求めます。

診断項目1 土壌中菌密度

診断項目2 土壌 pH

診断項目3 発病履歴

診断項目1 土壌中菌密度

土壌中菌密度が高いほど発病が多くなります(熊本県農業研究成果情報 No.979、<https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/187234.pdf>)。菌密度 1,000 個/g 乾土以下では発病するリスクは低く、菌密度 50,000 個/g 乾土以上で収量被害のリスクが高くなります(図 1)。

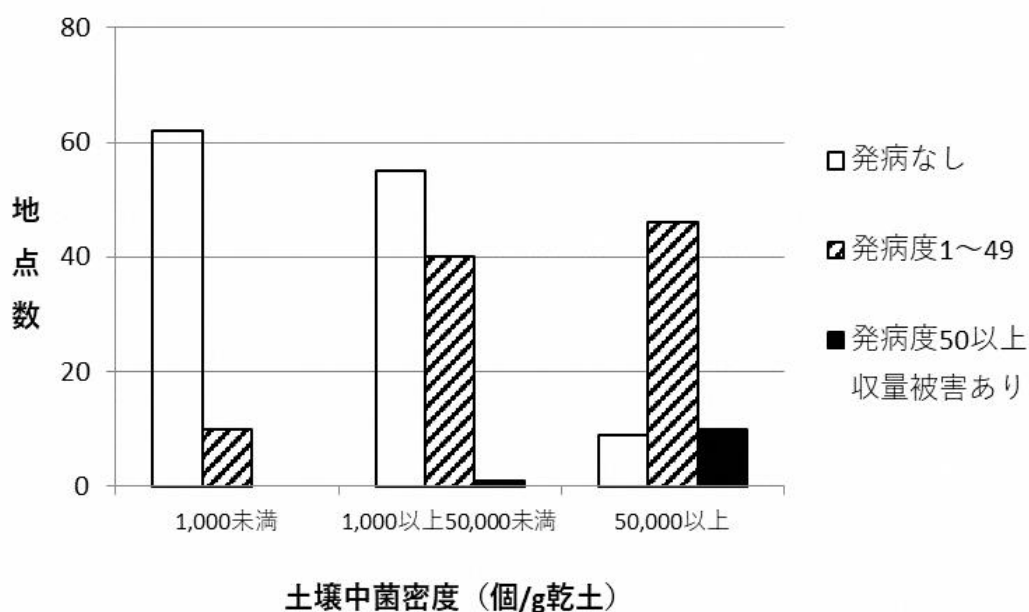


図 1 土壌中菌密度と発病との関係(感受性品種・全 233 地点)

土壌中菌密度のリスク値

1点:土壌中菌密度 1,000 個/g 乾土未満

3点:土壌中菌密度 1,000 個/g 乾土以上 50,000 個/g 乾土未満

5点:土壌中菌密度 50,000 個/g 乾土以上

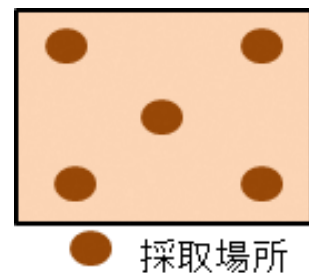
★土壌中菌密度の調査方法

ほ場から土壌を採取し、土壌中の病原菌密度を測定します。

①土壌採取

ほ場の四隅と真ん中の5地点または発病が気になるところ5地点から同量ずつ、表層を1cm程度除去し、深さ10cm程度の土壌を採取します。

5地点分の土壌をよく混和します。



②菌密度測定

測定はLAMP法またはリアルタイムPCR法で行うため、業者の菌密度測定サービス(有料)を利用します。

○アグロカネショウ株式会社 「土壌中菌密度 アブラナ科根こぶ病」

5,500 円/1 検体

○ベジタリア株式会社 「根こぶ病診断サービス」

20,000 円/5 検体

35,000 円/10 検体

※料金は2023年6月現在

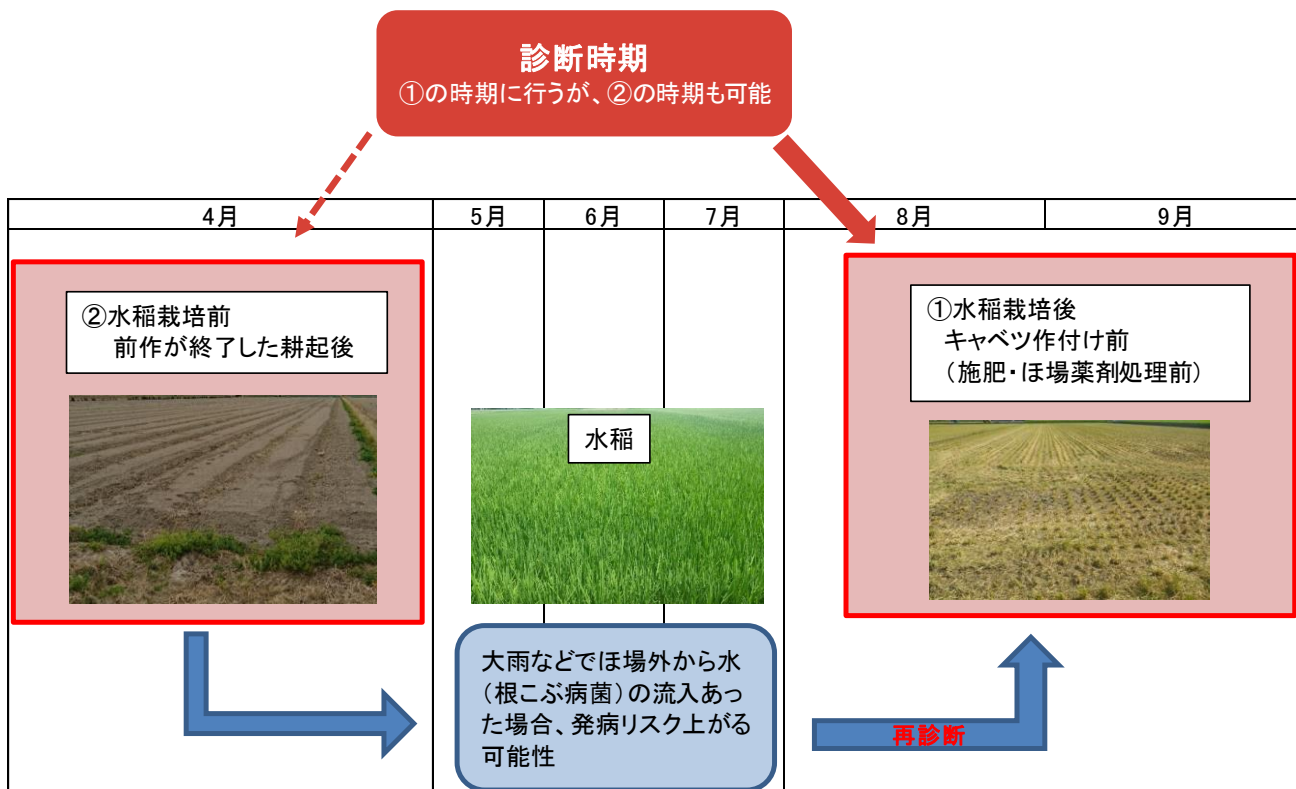
★診断時期

診断は水田裏作の場合、①水稲栽培後、キャベツ作付け前(施肥・ほ場薬剤処理前)に行いますが、②水稲栽培前、前作が終了した耕起後に行うこともできます。

ただし、②の時期に診断を行った後、水稲栽培中に大雨などでほ場外から水の流入があった場合は根こぶ病菌が侵入していることがあり、発病リスクが上がる可能性があるため、①の時期に再度診断を行います。

また水稲を栽培することにより、菌密度は水稲栽培前の1～3割に低下する傾向があるため、より精度の高い発病リスク診断を行いたい場合は①の時期に診断します。

【水田裏作の場合の診断時期】



診断項目2: 土壌 pH

土壌 pH が 7.0 以上で発病が抑制されます。

土壌 pH のリスク値

-2 点: 土壌 pH(風乾土) 7.0 以上

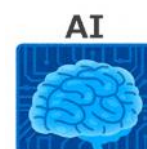
0 点: 土壌 pH(風乾土) 7.0 未満

診断項目3: 発病履歴

ほ場の「発病しやすさ」に関わる要因として、土壌中菌密度や土壌 pH 以外の要因が報告されています。リン酸過剰のほ場は発病しやすく(村上ら、2004)、陽イオン交換容量が低いほど発病しにくいことが示唆されています(北林ら、2022)。また八代地域のほ場データを人口知能 AI が分析した結果、腐植含量が少ないと発病しやすくなる傾向がみられました(表1)。ほ場の土壌理化学性や物理性(排水性)の違いで、発病しやすいほ場と発病しにくいほ場があり、ほ場の「発病しやすさ」は過去の発病履歴から推定できます。過去の発病履歴で、発病がない場合はリスクは低く、収量被害がある場合はリスクが高くなります(図2)。

表1 AIが発病と関係していると分析した上位5項目

要因	関係性	重要度 (どれくらい関係しているかの指数)
土壌中菌密度	多いほど発病多い	2.9
他のほ場の発病状況	多いほど発病多い	2.6
腐植含量	少ないほど発病多い	2.0
水中沈定容積	少ないほど発病多い	1.3
陽イオン交換容量	多いほど発病多い	1.1



※菌密度や土壌pH等の土壌理化学性、土壌物理性、ほ場周辺
の環境などの項目と発病との関係を分析した結果。調査地域:
八代市、氷川町。調査年:2017~2019年。調査ほ場数:160

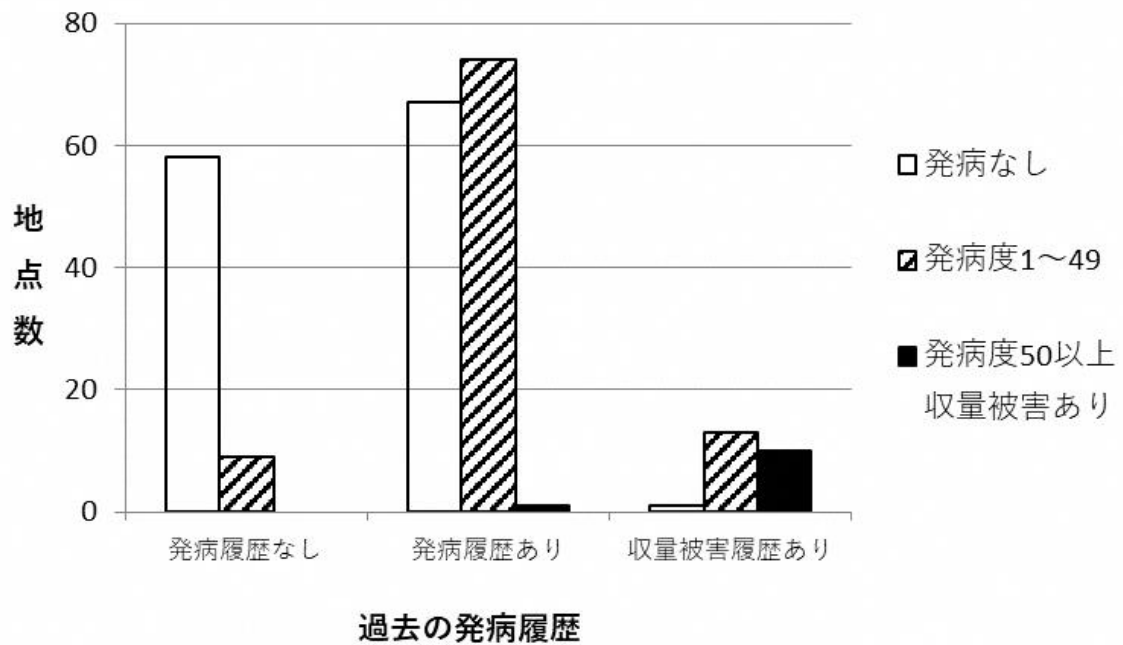


図2 発病履歴と発病との関係(感受性品種・全 233 地点)

発病履歴のリスク値

1点:過去に発病履歴なし

2点:過去に発病履歴あり または 発病履歴不明

3点:過去に収量被害あり または 年々発病が増加

★発病履歴の調査方法

生育中は株のしおれや生育不良株がないか観察し、収穫後は根部にこぶがついていないか確認します。



ステップ2 : 発病リスクの評価

3つの診断項目のリスク値の合計点から発病リスクを評価します。

発病リスク評価表

診断項目	リスク値						該当する リスク値
	-2	0	1	2	3	5	
①土壤中菌密度 (個/g乾土)			1,000未満		1,000以上 50,000未満	50,000以上	→ <input type="text"/>
②土壌pH (風乾土)	7.0以上	7.0未満					→ <input type="text"/>
③過去の発病履歴			発病履歴なし	発病履歴あり または 不明	収量被害あり または 発病増加傾向		→ <input type="text"/>
							↓
						リスク値の合計	<input type="text"/>

[発病リスクの評価]

合計4点以下 : 発病リスク小

合計5～7点 : 発病リスク中

合計8点 : 発病リスク大

ステップ3 : 発病リスクに応じた防除対策の選定

発病リスクに応じた防除技術を選択し、過不足のない防除を実施します。

●発病リスクごとの予測される発病程度と必要な対策

発病リスク	予測される発病程度	必要な対策
リスク小	なし～軽度 (収穫時発病度 [*] <5) ※収穫時発病度に対応する 発病状況(目安)については P5 参照。	・発病リスクは低いが、排水対策をしっかりと行う。 ・ただし、菌密度がやや高い(菌密度のリスク値が3点以上)場合や過去に発病履歴がある場合は予防的にセルトレイ灌注を行う。
リスク中	中程度 (収穫時発病度 [*] 5～49)	生育に影響する株が発生する恐れがあるため、排水対策に加え、薬剤防除を実施する。
リスク大	重度 (収穫時発病度 [*] ≥50)	収量減の被害が発生する恐れがあるため、リスク中の対策に加え、抵抗性品種を利用するか12～1月定植作型に変更する。

●発病リスクごとの防除対策表

発病リスク	防除対策			
		耕種的防除	薬剤防除	ほ場衛生
リスク小	必須	排水対策	セルトレイ灌注 ^{※)}	
	推奨	土壌pHの矯正 ^{※)} (pH7.0目標)		長靴、農業機械の洗浄 発病株の抜き取り
リスク中	必須	排水対策	セルトレイ灌注 ほ場土壌混和	
	推奨	・土壌pHの矯正(pH7.0目標) ・おとり植物の作付け		長靴、農業機械の洗浄 発病株の抜き取り
リスク大	必須	・排水対策 ・抵抗性品種の利用または 12～1月定植作型に変更	セルトレイ灌注 ほ場土壌混和	
	推奨	・土壌pHの矯正(pH7.0目標) ・おとり植物の作付け		長靴、農業機械の洗浄 発病株の抜き取り

※) 土壌中菌密度のリスク値が3点以上または発病履歴のリスク値が2点以上の場合

推奨する防除対策

・土壌 pH の矯正

発病リスク小で菌密度がやや高い(菌密度のリスク値が3点以上)場合や過去に発病履歴がある場合、発病リスク中、大では、必須項目の防除対策に加え、土壌 pH を矯正し、発病抑制効果を向上させます。

・おとり植物の作付け

発病リスク中、大のほ場は土壌中菌密度が高くなっているため、おとり植物を作付けしてほ場の菌密度を低下させます。

・ほ場衛生

すべてのほ場で、基本的な防除対策ととらえ、積極的に取り組みます。

(補足1) 根こぶ病とは

病原菌: 根こぶ病菌 (*Plasmodiophora brassicae*)

【地上部の症状】 生育抑制、しおれ、小玉化



生育抑制、生育のばらつき



小玉化: 破線部分

【地下部の症状】 根こぶ病菌の感染により、根にこぶ組織が形成



根の一部分にこぶ(矢印)



根の大部分にこぶ

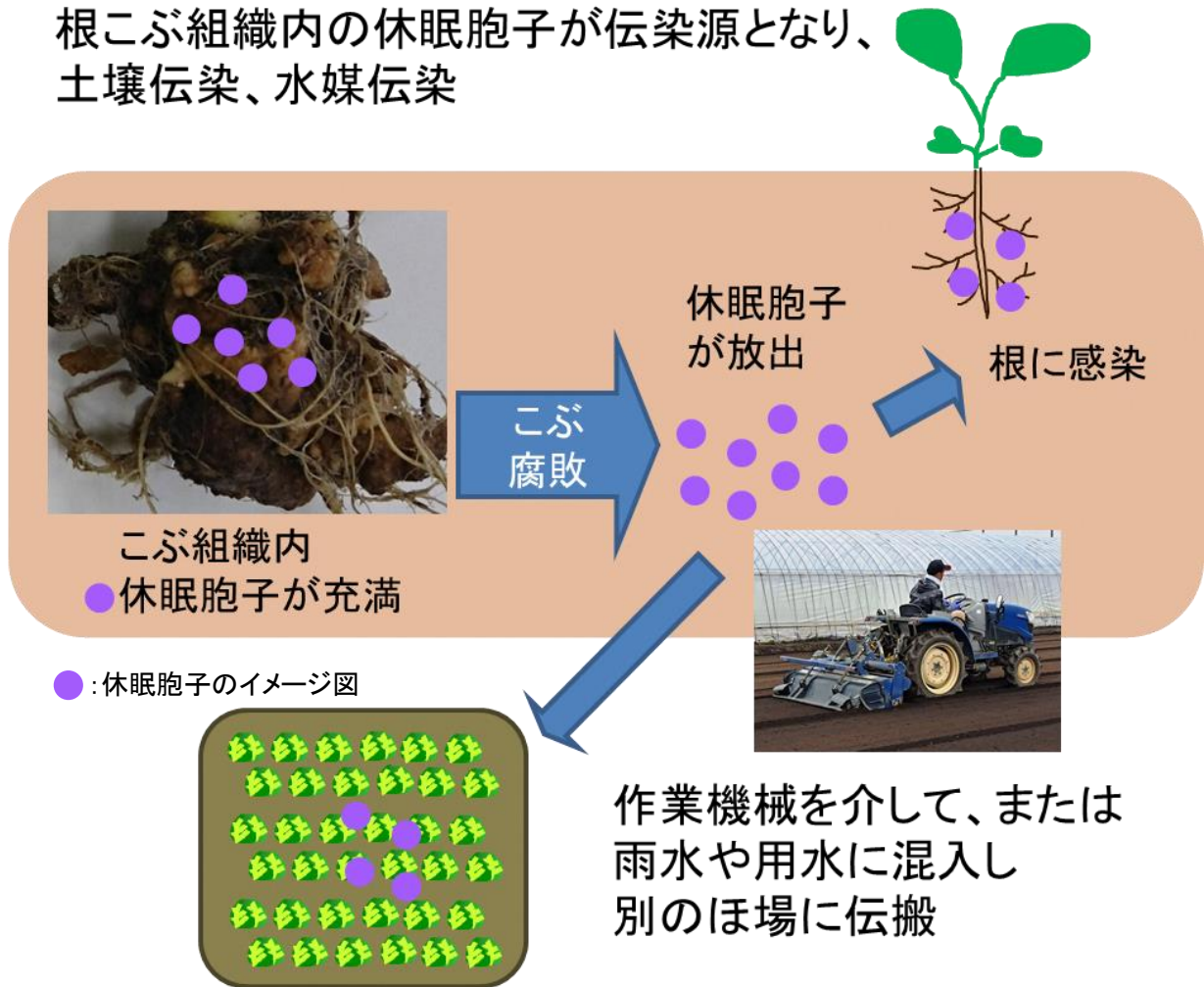


根全体がこぶ

根にこぶ組織ができることで、養水分の吸収ができなくなり、
地上部の生育に影響

【伝染方法】

根こぶ組織内の休眠孢子が伝染源となり、
土壌伝染、水媒伝染



※菌類は孢子が発芽して植物体に感染するが、根こぶ病菌の孢子は休眠孢子というもので、耐久性があり、土壌中で10年近く生存できる。

【根こぶ病の発生の特徴】

- ・キャベツの他、ハクサイ、ブロッコリーなどのアブラナ科野菜で発生
- ・排水の悪いほ場で発生が多くなる
- ・一旦発生すると、根絶は難しい
- ・発病後、その作での防除はできない
- ・アブラナ科野菜の連作で、発生が激しくなる

防除が難しい
病気

(補足2) 防除技術

①ほ場の排水対策

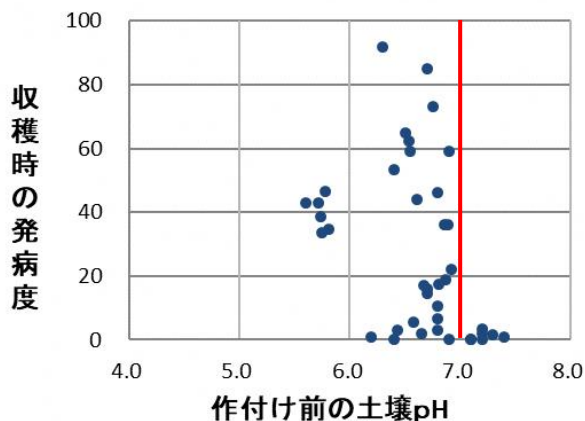
排水不良田は根こぶ病の発生が多くなりやすいため、ほ場に明渠、暗渠を設置する他、畦の高さが 30cm 以上の高畦栽培を行い、排水を良くします。



②土壌 pH の矯正

土壌 pH は根こぶ病の発生に影響します。一般的に、土壌 pH が低いと発病しやすく、高いと発病しにくくなります。作付け前の土壌 pH を測定し、収穫後の根こぶ病の発病を調査した結果、土壌 pH が 7.0 以上で発病が抑制されることがわかりました(図3)。

石灰質資材や転炉スラグを施用し、土壌 pH の矯正を行います。土壌 pH 7.0 以上はキャベツの生育に影響してくるので、土壌 pH 7.0 を目標に土壌分析に基づき資材投入量を決定します。また、輪作する作物への影響も考慮して矯正します。



pH7.0以上で
発病抑制

図3 高pH条件下での発病抑制効果
土壌中菌密度 50,000 個/g 乾土以上のほ場(全 41 地点)

収穫時の発病度～発病状況の目安～



発病程度1

発病程度2

発病程度3

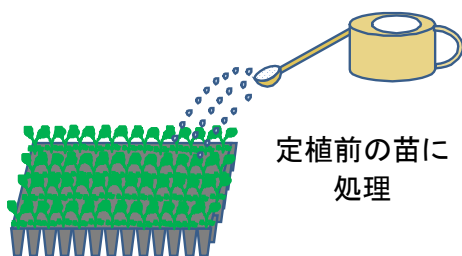
発病程度4

発病程度1: 根こぶが根系全体の25%未満、発病程度2: 根こぶが根系全体の25%以上50%未満
 発病程度3: 根こぶが根系全体の50%以上75%未満、発病程度4: 根こぶが根系全体の75%以上

収穫時発病度	根部発病(目安)	地上部発病(目安)
<5	主に発病程度1が一部の株で発生	発病なし
5～20	主に発病程度1～2が数十%の株で発生	発病なし
20～49	主に発病程度1～3が半分以上の株で発生	一部生育不良株発生
≥50	主に発病程度2～4がほとんどの株で発生	生育不良、小玉化により収量減の被害発生

③薬剤防除

セルトレイ灌注



セル部分に薬剤の効果

定植初期の感染予防

ほ場土壌混和处理



手順① 薬剤をほ場(全面・作条)に均一に散布

手順② 丁寧に混和
(混和深度 10～15cm)

生育中の感染予防

薬剤防除の効果(土壌中菌密度との関係)

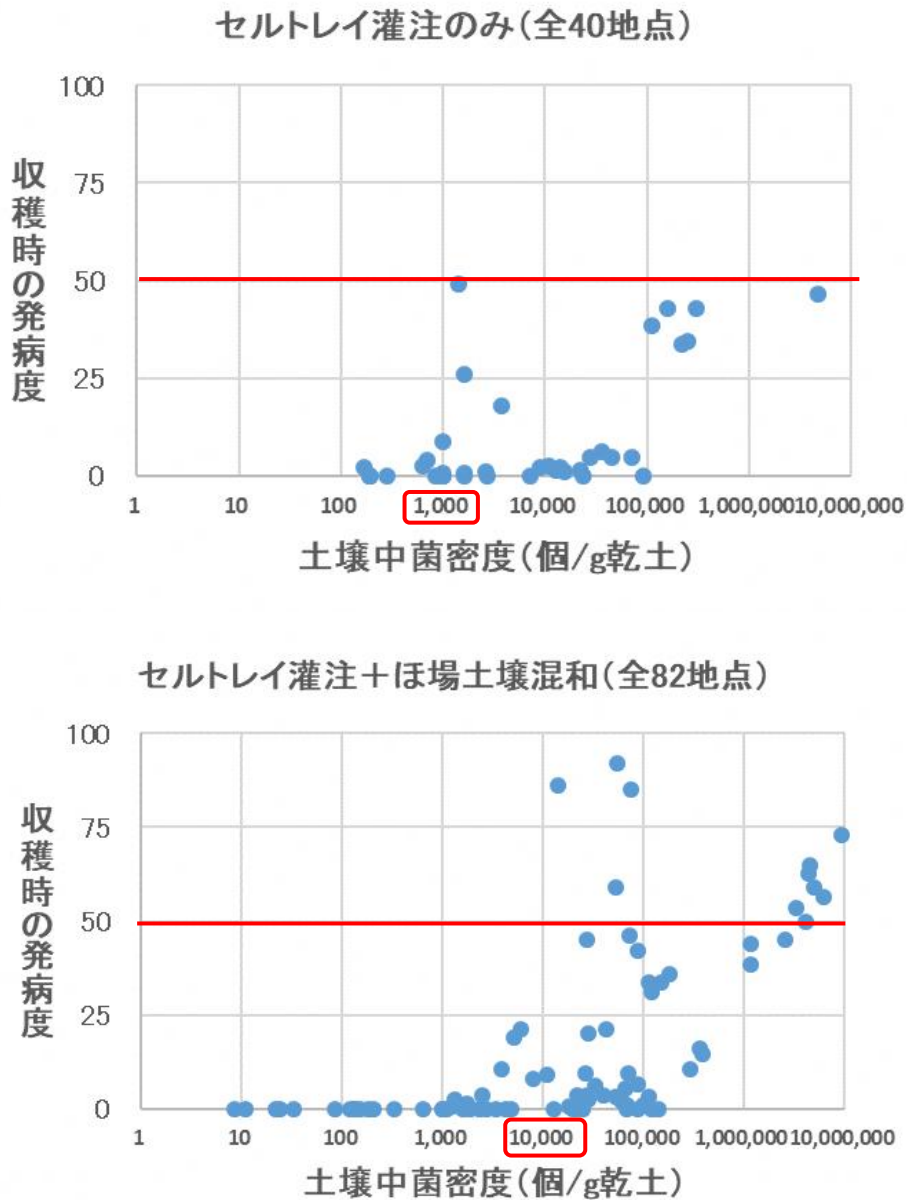


図4 薬剤防除の発病抑制効果(感受性品種・土壌 pH7.0 未満のほ場)

●収量減の被害^{*}が発生する目安

セルトレイ灌注のみ : 土壌中菌密度 1,000 個/g 乾土以上

セルトレイ灌注+ほ場土壌混和: 土壌中菌密度 10,000 個/g 乾土以上

※収穫時の発病度 50 以上

農薬登録情報

①セルトレイ灌注

農薬名	希釈倍数	使用量	使用時期	使用回数
オラクル顆粒水和剤	200～500倍	500ml/箱	定植前	1回
フィールドキーパー水和剤	200倍	2L/箱	は種直後	1回
			は種直後及び 定植前日～当日	2回
ランマンフロアブル	500倍	2L/箱	定植前日～当日	1回

②ほ場土壌混和

【粉剤】

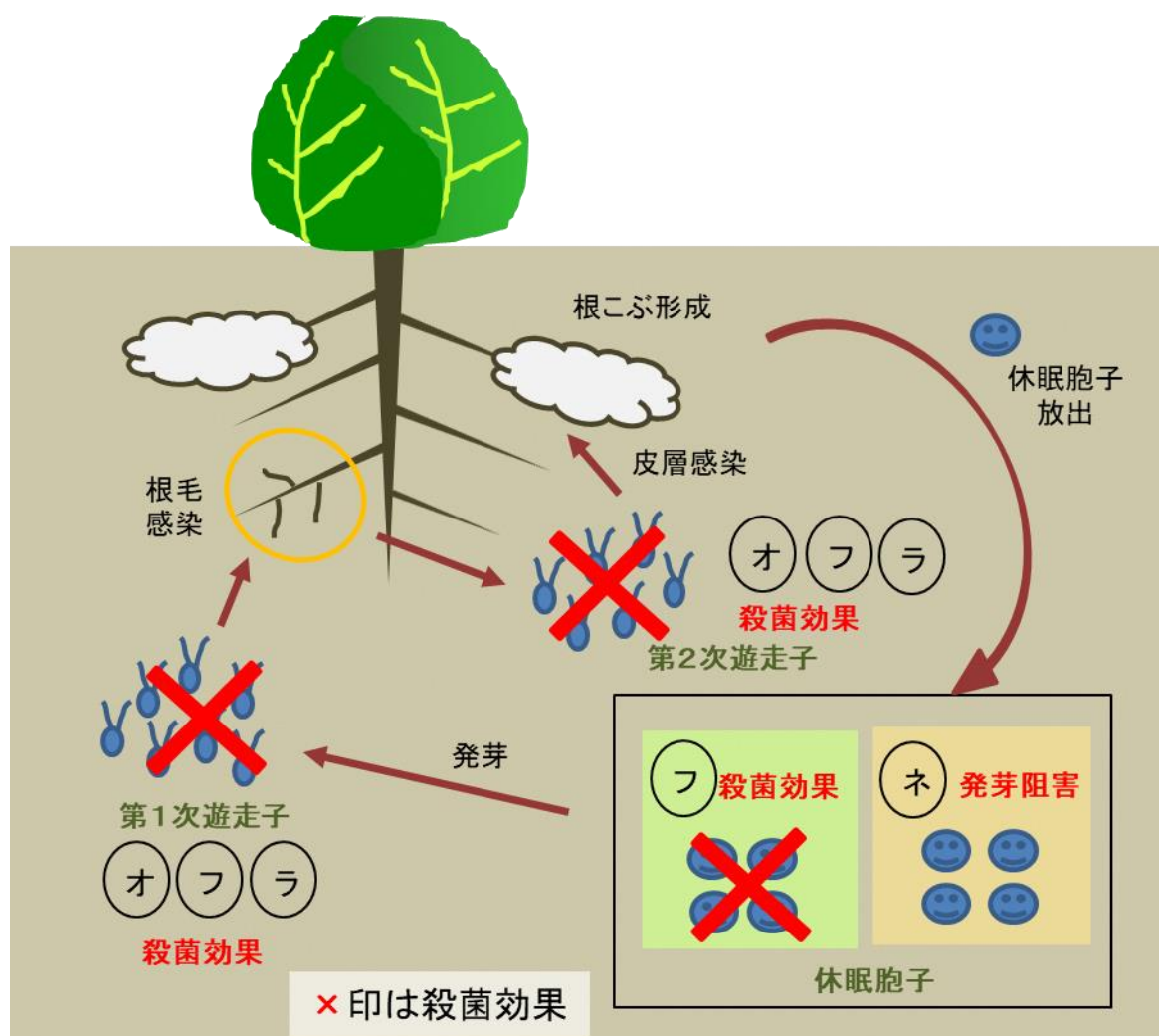
農薬名	使用量		使用時期	使用回数
	全面土壌混和	作条土壌混和		
オラクル粉剤	30kg/10a	20kg/10a	定植前	2回以内
ネビジン粉剤	20～30kg/10a	20kg/10a	は種または定植前	2回以内
フロンサイド粉剤	30～40kg/10a	15～20kg/10a	は種または定植前	2回以内 (本圃では1回以内)

【水和剤】

農薬名	全面散布土壌混和		使用時期	使用回数
	使用量	希釈水量		
オラクル顆粒水和剤	300g/10a	100L/10a	定植前	2回以内
フロンサイドSC	500ml/10a	100～200L/10a	は種または定植前	2回以内 (本圃では1回以内)

農薬登録情報は2023年6月1日現在です。使用する際は最新の登録情報を確認してください。また、農薬の成分ごとの総使用回数も遵守してください。

薬剤の作用機構



注1) 各メーカーHP 内の情報および聞き取りにより作成。

注2) (オ) : オラクル、(フ) : フロンサイド、(ネ) : ネビジン、(ラ) : ランマン

注3) ネビジンは休眠孢子の発芽阻害のほか、一次変形体の形成阻害、第2次遊走子の放出阻害効果あり。

④ 抵抗性品種の利用

抵抗性品種は菌密度が高いほ場で、高い発病抑制効果があります(表2)。

冬春キャベツでは「YCR こんごう」や「YCR げっこう」が利用可能ですが、適応する作型が限られますので、利用する際は各地域の農業普及・振興課または JA に問い合わせてください。



表2 現地ほ場における抵抗性品種の発病抑制効果

(八代市現地ほ場、2018年9月11日、2019年9月16日定植)

試験年次	品種	反復	菌密度 (個/g乾土)	土壌pH (風乾土)	発病度
2018年	YCRこんごう (抵抗性品種)	I	71,000	6.2	14.0
		II	27,000	6.2	10.5
		III	97,000	6.2	13.0
	晩生藍宝ひかり (感受性品種)	I	76,000	6.7	85.0
		II	14,000	6.4	86.0
		III	55,000	6.3	92.0
2019年	YCRこんごう (抵抗性品種)	I	46,000	7.0	0.0
		II	41,000	6.8	0.0
		III	81,000	7.0	1.0
	冬系531 (感受性品種)	I	42,000	6.9	21.0
		II	72,000	6.8	46.0
		III	53,000	6.9	59.0

⑤低温短日期の栽培

本病は長日条件に比べ、短日条件で栽培すると発病が抑制され(樋口ら、2020)、14℃以下の低温条件では発病しません(図5 および樋口ら、2020)。

12月～1月の低温短日期の栽培は、高菌密度条件下で高い発病抑制効果があります(図6)。菌密度が高い場合は12月～1月の低温短日期に定植する作型が発病を抑制するのに有効です。

低温期の定植は抽だいする危険性があるため、品種選定に注意します。

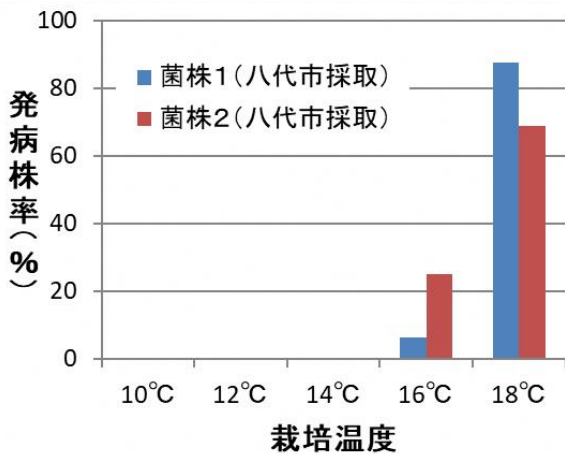


図5 低温条件による発病抑制効果
(長日条件・人工気象室栽培・
土壌中菌密度 1×10^6 個/g 乾土)

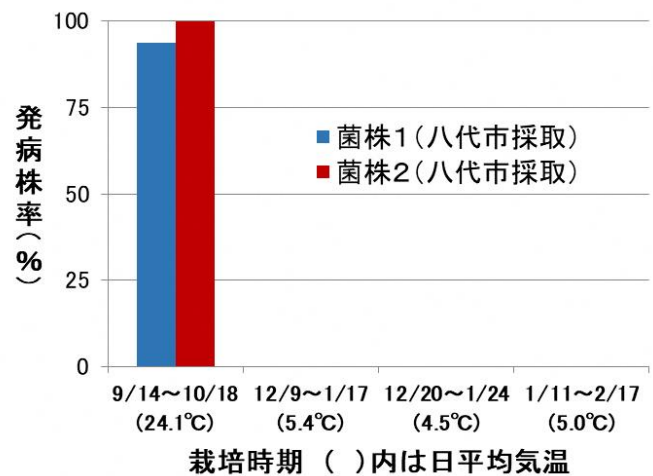


図6 低温短日期栽培の発病抑制効果
(野外ポット栽培・
土壌中菌密度 1×10^6 個/g 乾土)

⑥おとり植物の作付け

おとり植物の「葉ダイコン」や「エンバク」など作付けすると土壤中の菌密度が30～90%減少します(農環研、2013)。しかし、菌密度が高いほ場では一度おとり植物を作付けしただけでは発病抑制効果がみられないことがあります。また、おとり植物作付け後のキャベツで根こぶ病が発生し、こぶ組織がすき込まれると、再び菌密度が高まる可能性もあります。おとり植物作付け後も菌密度に応じた(後述する、発病リスクに応じた)防除対策が必要です。

⑦長靴や農業機械の洗浄、ほ場作業順番の順守

発生ほ場の土壌には多数の病原菌が存在しており、長靴や農業機械を介して、伝搬していきます。作業は未発生ほ場から行うようにし、発生ほ場で作業を行った後は長靴や農業機械を洗浄し、付着した土壌を落とします。水稻作付け中もほ場の作業順番に気を付け、農業機械等の洗浄を行います。

⑧発病株の抜き取り、速やかに片付け

発病株のこぶ組織にはおびただしい数の病原菌が存在しているので、発病株はできる限り抜き取りほ場外に処分します。また、収穫終了後に収穫残渣を長期間放置しておく、こぶ組織の肥大が進むので、収穫終了後は速やかに片付けます。

(補足3)

土壤病害診断 AI アプリ「HeSo+ (ヘソプラス)」



キャベツ根こぶ病の発病リスク診断ツールとして、AI アプリ「HeSo+ (ヘソプラス)」が開発されています。AI アプリ「HeSo+」では、診断項目のデータを入力すると、AI が発病リスクを診断、対策を提示します。

「HeSo+」はキャベツ根こぶ病の他、9つの土壤病害の発病リスク診断もできます。

問い合わせ先: HeSoDiM-AI 普及推進協議会 <https://hesodim.or.jp/hesoplus/>



本マニュアルは委託プロジェクト「AI を活用した土壤病害診断技術」を活用して作成しました。

問い合わせ先: 熊本県農業研究センター生産環境研究所病害虫研究室

(TEL: 096-248-6447)