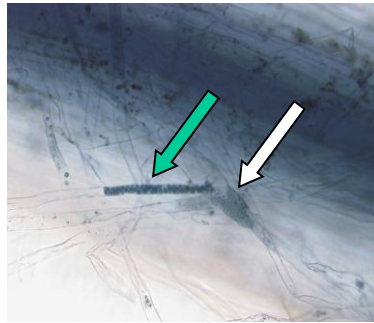
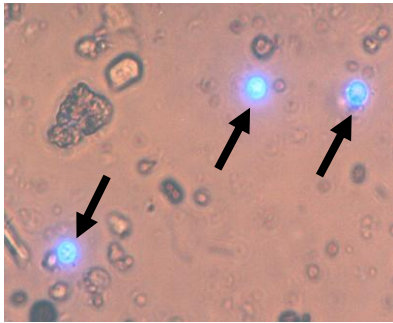


**土壌の健康診断に基づいた
アブラナ科野菜根こぶ病の
診断・対策支援マニュアル**

(独)農研機構・近中四農研編

アブラナ科野菜根こぶ病とは？

- 根こぶ病菌 (*Plasmodiophora brassicae*) によって引き起こされるハクサイ、キャベツ、ブロッコリー、カブ、ナタネ、つけ菜類などアブラナ科植物に世界各地で発生がみられる難防除土壌病害のひとつです。ナズナやタネツケバナなどの雑草も発病します。
- 根こぶ病菌は絶対寄生菌で、土壌中では主に耐久体である**休眠孢子** (写真左下) として存在し、宿主植物の根がその近傍に伸張してくると発芽して、飛び出した遊走子が根毛に感染します (写真右下)。



左: 蛍光色素による染色画像

右: 青色色素による染色画像

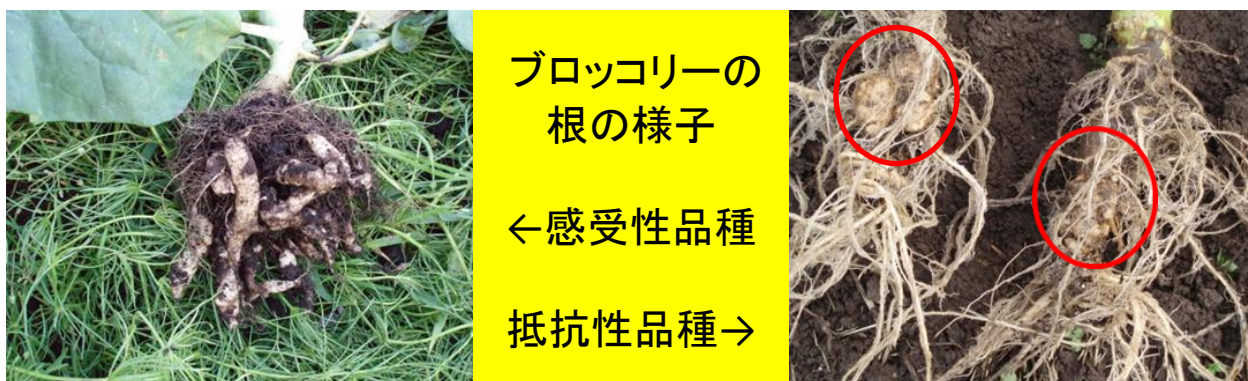
- その後、根表層で再感染が起こり、こぶが肥大して (写真左下)、地上部の萎凋や枯死に至ります (写真右下)。



防除の現状と問題点

環境にやさしい農業を進めるためには、現状を正確に把握することが必要です。根こぶ病では下記のような課題があります。

- ◆ フルスルファミド剤やフルアジナム剤、アミスルブロム剤といった化学合成薬剤の圃場への施用や移植苗への施用
→ 本来は不要な場合でも施用されている事例もある
- ◆ 石灰質資材の施用による土壤酸性の矯正
→ 微量要素欠乏、矯正不十分、効果の持続性等
- ◆ 抵抗性品種の利用
→ 罹病化の危険性(下写真)



- ◆ おとり植物などの輪作
→ 効果は病原菌汚染程度に依存して変動する

防除の考え方

土壌病害は、播種前に対策を講じる必要があります。しかし、播種前に収穫時の発病を正確に予測することはできません。そのため、これまで、発生が心配される時は一斉に防除をしていたため、畑によっては無駄な防除もありました。そこで、次のように、「健康診断」を基にした新しい防除法を開発しました。

(基本的考え方)

- 1) 生育初期といえども症状がみられてからでは手遅れの場合が多い。
→ 作付け前に防除手段を講じる必要があります。
- 2) 環境保全や食品の安全性に対する意識の向上から過度の農薬依存からの脱却が求められている。
→ 圃場状態に見合った適切な防除を目指す。
- 3) 根こぶ病菌の場合、絶対寄生菌であるため、宿主植物が存在しないと増殖することはありません。
→ 作付け前の病原菌密度に応じて、発病ポテンシャルの予測(DRC診断)が可能です。
→ 発病ポテンシャルによるレベル分けを行います。
- 4) レベル分けした発病ポテンシャルに応じた防除対策を行います。
→ 低レベルの時には、従来、活用され難かった土づくり、各種資材なども重要な対策技術になります。

診断の手順概要

診断項目は、できるだけ少なく、低コスト、簡易なものを選ぶ必要があります。ここでは、以下の項目で、診断と畑の発病ポテンシャルの評価を行います。最後に、診断結果に基づき、対策メニュー候補を提示します。メニューは一種類とは限りません。生産者はそのメニューをみて、自分の畑に適したものを選ぶことができます。

- ① 圃場履歴の調査
- ② 圃場実態調査(病原菌密度の測定)
- ③ DRC診断
- ④ 発病ポテンシャルの評価
- ⑤ 対策の立案

圃場履歴情報の収集と実態調査

—圃場カルテの作成—

- (1) **栽培植物** : 種類および品種、連作・輪作
- (2) **栽培法** : 直播・移植、育苗方法、作型
- (3) **土壌** : 種類、水はけ、pH
- (4) **肥料(有機物や石灰資材も含む)** : 種類、施用量、施用履歴
- (5) **土壌消毒** : 土壌消毒の有無、方法
- (6) **農薬** : 根こぶ病や他の病虫害、雑草に対する農薬の種類、施用方法、施用量、施用履歴
- (7) **発生状況** : 根こぶ病や他の病虫害の発生の有無、被害状況
- (8) **その他** : **根こぶ病罹病根の処理方法**

- (9) 圃場の傾斜などを考慮して、圃場から土壌試料を採取します



土壌中の根こぶ病菌休眠孢子密度を実測し、圃場状態を把握します

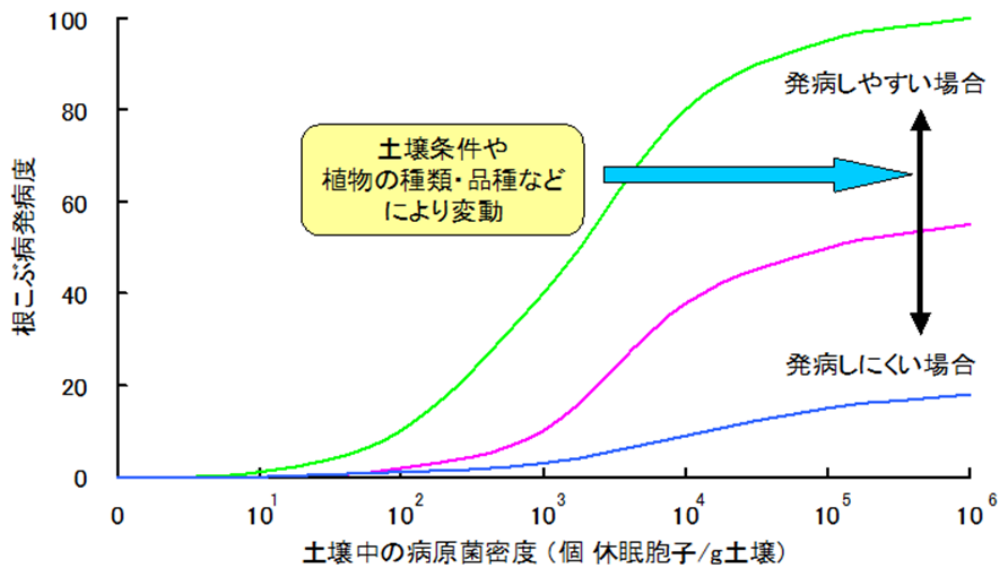
- (10) **圃場カルテ**として情報を整理します

DRC(Dose Response Curve)診断

土壌中の病原菌密度と 発病度との関係に基づく診断

根こぶ病は圃場ごとに発病の様相が異なることが想定されるため、個々の圃場について発病ポテンシャルを診断することが理想です。

発病は、土壌中の病原菌密度以外にも、**病原菌の病原性、土壌条件、栽培作物**、その他環境要因(日照、温度、水分など)に影響されるため、病原菌密度を測定しただけでは発病ポテンシャルの診断は困難です。



そのため、これらの要因を含んだ簡易なポット試験によりDRC(病原菌密度—発病度曲線)を求め、診断することが有効です。

DRC(病原菌密度－発病度曲線)の作成法(概略)

供試土壌：対象圃場より採取し、5mmに篩って使用する

供試病原菌：対象圃場より採取した根こぶ病罹病根
(根こぶ)より調製した休眠孢子懸濁液

病原菌の接種：休眠孢子懸濁液を $10^1 \sim 10^6$ 個 g^{-1} 土壌になるよう噴霧接種する

接種土壌を硬質ポリ鉢(外径:11.5cm、高さ:10.5cm、3反復)に充填する

供試植物(対象圃場で作付け予定の作物)を各ポリ鉢に13粒ずつ播種する

病原菌密度別にコンテナーに入れて管理する

5週間ガラス室内で栽培する

底面かん水・施肥(液肥:20-12-16)を適宜行います

根を水洗して、次ページの基準に従い、発病調査を行います



(注) 詳細な方法については「DRC作成マニュアル」

(農研機構・近中四農研)を参照のこと

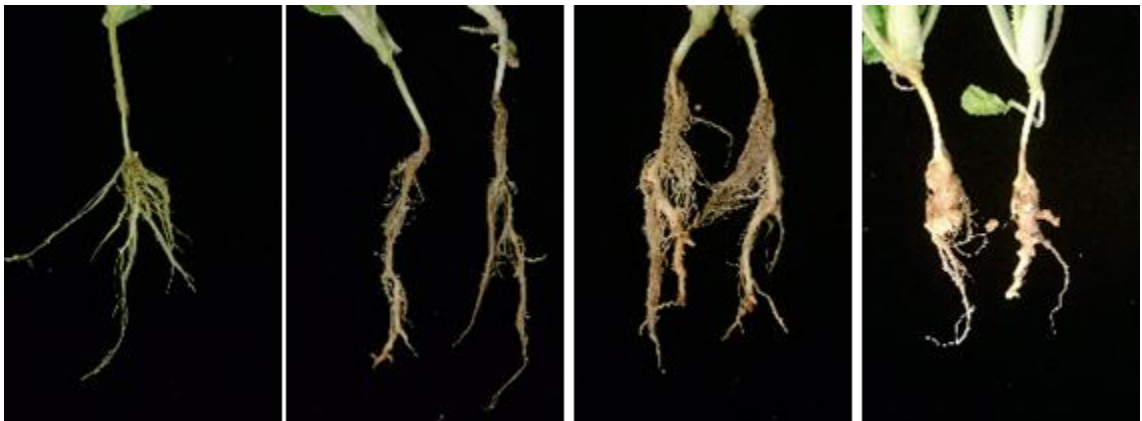
根こぶ病の発病調査基準

植物体ごとに根こぶの発生程度を調査します

- 0 : 根こぶなし
- 1 : 側根にのみ根こぶあり
- 2 : 主根の半分以下に根こぶあり
- 3 : 主根の半分以上に根こぶあり

ポリ鉢ごとに発病度を算出し、平均値を求めます

$$\text{発病度} = \frac{\text{各発病程度} \times \text{各個体数}}{3 \times \text{全個体数}} \times 100$$



1

2

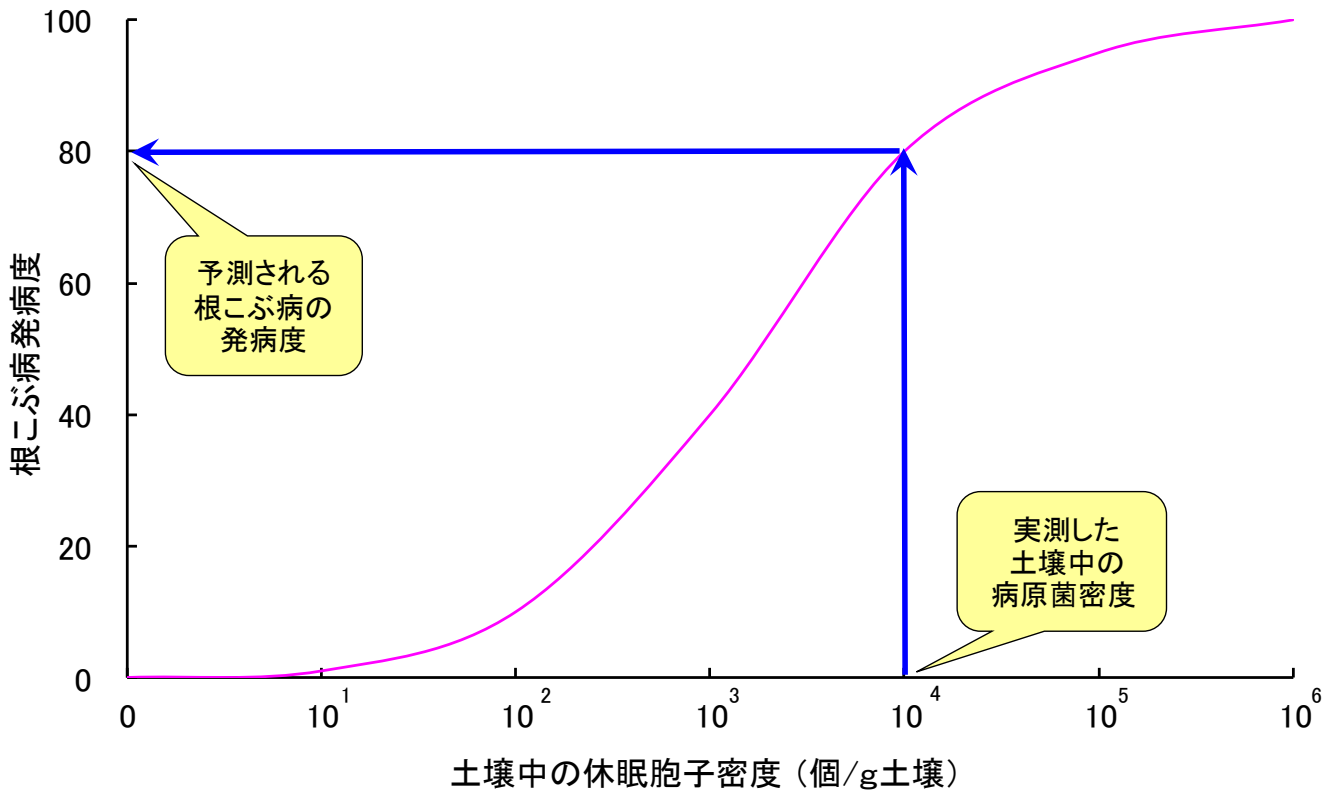
3

発病程度区分

DRC診断

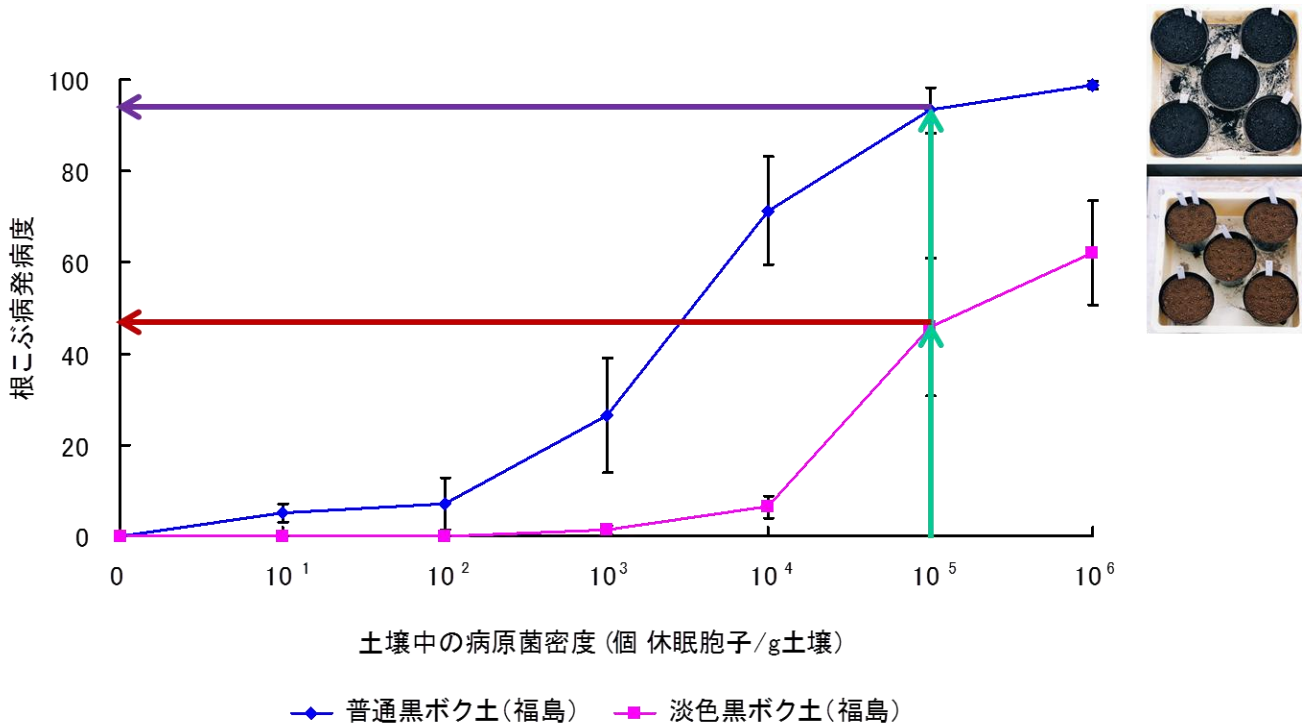
作成したDRCから、実測した土壌中の病原菌密度に応じた発病度を推定することができます。

ただし、実際の圃場での発病は、環境要因により影響を受けるため、変動する場合があります。



DRC診断

DRCは病原菌や土壌、植物の違いにより異なるため、病原菌密度が同じでも発病程度はDRCに応じて大きく異なります。



DRC診断に基づく 発病ポテンシャルの評価

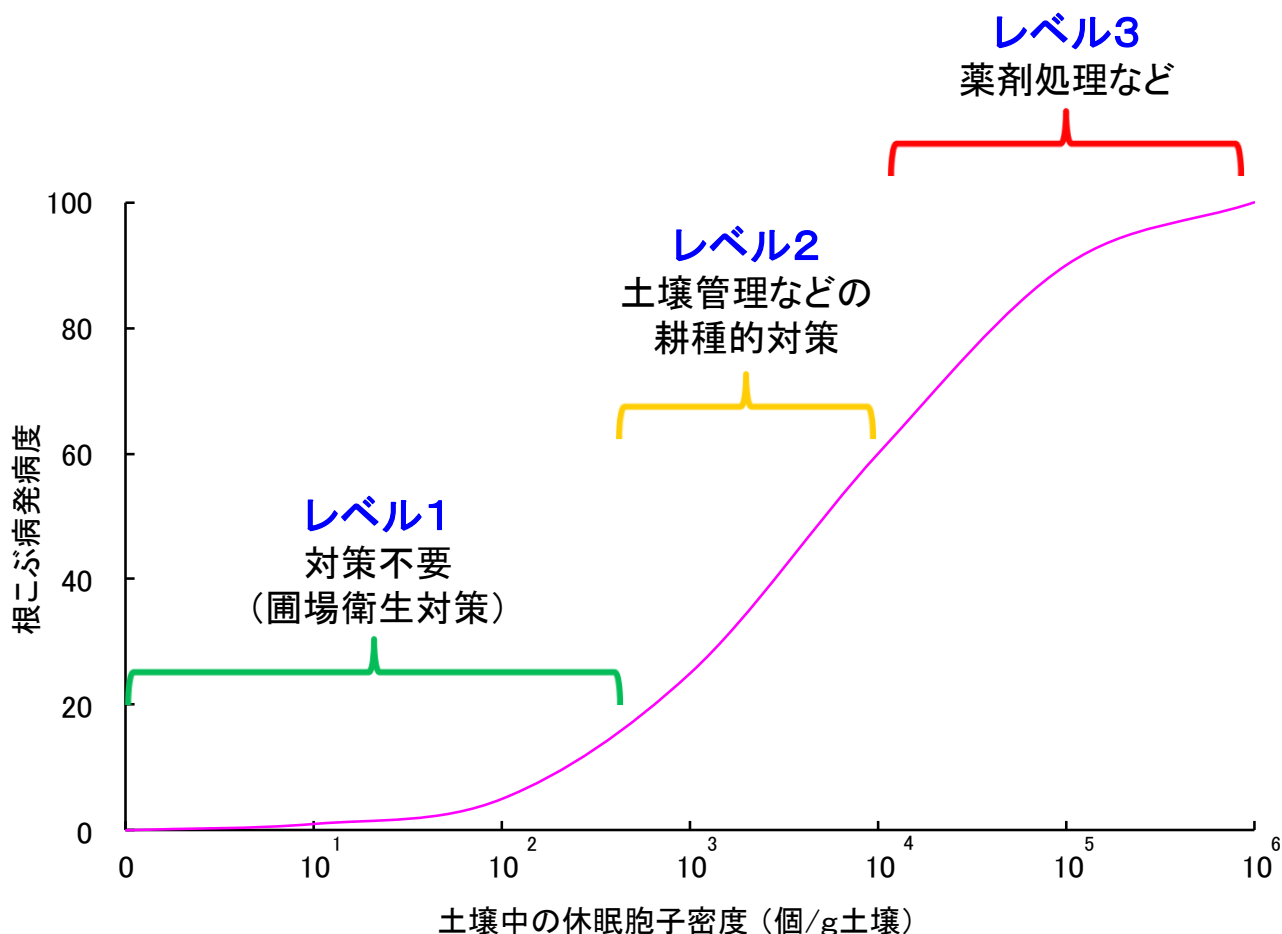
発病度に応じてレベル分けを行います。

レベル1：発病度 0－20

レベル2：発病度 20－60

レベル3：発病度 60－100

測定した病原菌密度から推定された発病度により
対象圃場のレベルを求め、適切な対策を立案します。



発病ポテンシャルの総合評価

対象圃場の病原菌、
土壌、植物を使用して、
DRC診断を実施できれば、
発病に大きな影響
を及ぼす右記の要因
は改めて評価する必要
はありません。

DRCを作成できない
場合は、これらの項目
から評価する必要があります。

さらに、前作時の発
病程度を活用します。

基準は右表に示しま
す。総合評価は専門家
の助言等を基にこれら
から判断します。

発病に対して
影響が大きい
主な要因

土壌の種類
土壌pH
病原菌密度
作物の種類・品種

	発病ポテンシャル		
	小	中	大
前作発病度	<10		30<
土壌pH	7.0<		<6.5
病原菌密度	<10 ³	10 ⁴ 程度	10 ⁵ <
作物の種類		ブロッコリー キャベツ など	ハクサイ つけ菜 など
品種	耐病性 抵抗性		罹病性

対策技術

発病レベルに応じて、防除技術メニューより、対策を選択します。

レベルによっては、単独の技術ではなく、複数の技術を体系化して用いる必要があります。

しかし、その組み合わせによっては**相乗効果**が得られないばかりでなく、**互いの効果を減退させてしまう**場合がありますので、注意が必要です。

また、コストも考慮する必要があります。

利用可能な技術の中から、上記の点を踏まえて、専門家のアドバイスを受けて対策を立てます。

防除技術メニュー

対応時期	個別技術	期待される効果			適用条件			
		病原菌密度		発病	発病レベル			
		低減	増加抑制	抑制軽減	1	2	3	
栽培前	① 土壌消毒	太陽熱消毒	●	●	●	■	■	■
		土壌還元消毒	●	●	●	■	■	■
	薬剤消毒	—	—	●?	■	■	■	
	② 土壌物理性改善 栽培作物の種類の活用	排水性・透水性改善	—	—	●	■	■	■
③ 品種の活用	抵抗性品種 耐病性品種 菌群に対する感受性の異なる品種	抵抗性品種	▲	●	●	■	■	■
		耐病性品種	▲	▲	●	■	■	■
		菌群に対する感受性の異なる品種	▲	▲	▲	■	■	■
育苗時	⑤ セル成型苗による移植栽培	—	—	●	■	■	■	
	⑥ 育苗培養土の選択	発病抑止的資材	—	—	●	■	■	
栽培時	⑦ 発病抑止的土壌の活用	—	—	●	■	■	■	
		⑧ 作型の選択	—	—	●	■	■	■
	⑨ 高畦栽培	—	—	●	■	■	■	
	⑩ pH矯正	転炉スラグ	▲	▲	●	■	■	■
		石灰質資材 (カキガラなど)	—	—	●	■	■	■
		石灰質肥料	●	●	●	■	■	■
	⑪ 薬剤の施用	フルスルファミド系	—	●	●	■	■	■
		フルアジナム系	—	●	●	■	■	■
		アミスルプロム系 その他	●	●	●	■	■	■
	⑫ 薬剤の局所施用	—	●	●	■	■	■	
⑬ 有機質資材の施用	●	●	●	■	■	■		
⑭ 宿主雑草の除草	—	●	●	■	■	■		
栽培後	⑮ 根こぶ病罹病根の持ち出し	—	●	●	■	■	■	
作付け体系	⑯ おとり植物の作付け	●	●	●	■	■	■	
	⑰ 輪作	—	—	●	■	■	■	

● 効果:あり
▲ 効果:条件次第であり
— 直接的効果:なし
なし 科学的データ不明

■ 効果:あり
■ 効果:条件次第であり
■ 効果:あまりない
■ 費用・労力面から不適
□ 未確定

対策技術による病原菌密度低減効果

対策技術			施用量	減少率
おとり植物	葉ダイコン	CR-1	6L/10a	50-90%
		FR-1	6L/10a	35%
	エンバク	ヘイオーツ	6kg/10a	60%
	ハウレンソウ	アトラス	5L/10a	40%
		バルチック	5L/10a	30%
石灰資材	石灰窒素		100-200kg/10a	15-30%
	苦土石灰		100-200kg/10a	10-30%
	炭カル		100-200kg/10a	20-40%
有機質資材	キチン		1.5-2.5%	60-70%
	カニガラ		1.5-2.5%	20-30%
	米ぬか		0.5-1.0%	30-40%
薬剤	フルスルファミド粉剤		30kg/10a	0%

(注) 普通黒ボク土(福島)病原菌密度 10^6 個/g土壌におけるポット試験のデータから算出したものです。他の土壌など条件が異なる場合は減少率も変動する可能性があります。

参考資料

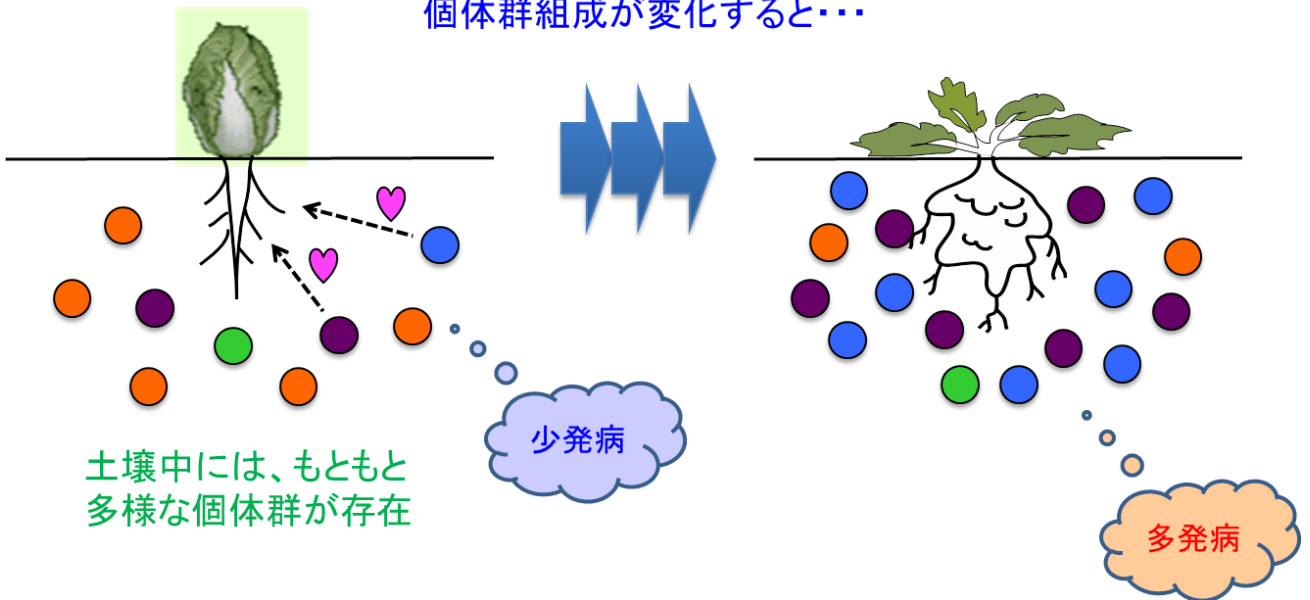
本マニュアルの記載内容に関連した具体的なデータや補足するデータ、あるいは、分子生物学的手法やシミュレーションモデルなどの利用可能な発展的手法等を記載しました。

- 圃場個体群の変化
- 病原性判別法
- PCR法による根こぶ病菌の検出
- 発病に対する土壌pHの影響
- DRC作成事例
- 土壌中の病原菌密度およびDRCが防除効果に及ぼす影響
- シミュレーションモデルによる病原菌密度と発病の推移予測
- 薬剤施用歴が土壌微生物群集に及ぼす影響

- 所要経費一例

根こぶ病菌における 圃場個体群の変化

当初は抵抗性を示していても
個体群組成が変化すると・・・



(原図 野茶研・畠山氏 改変)

病原性判別法

根こぶ病菌は圃場個体群 (Field Population) により病原性が異なります。

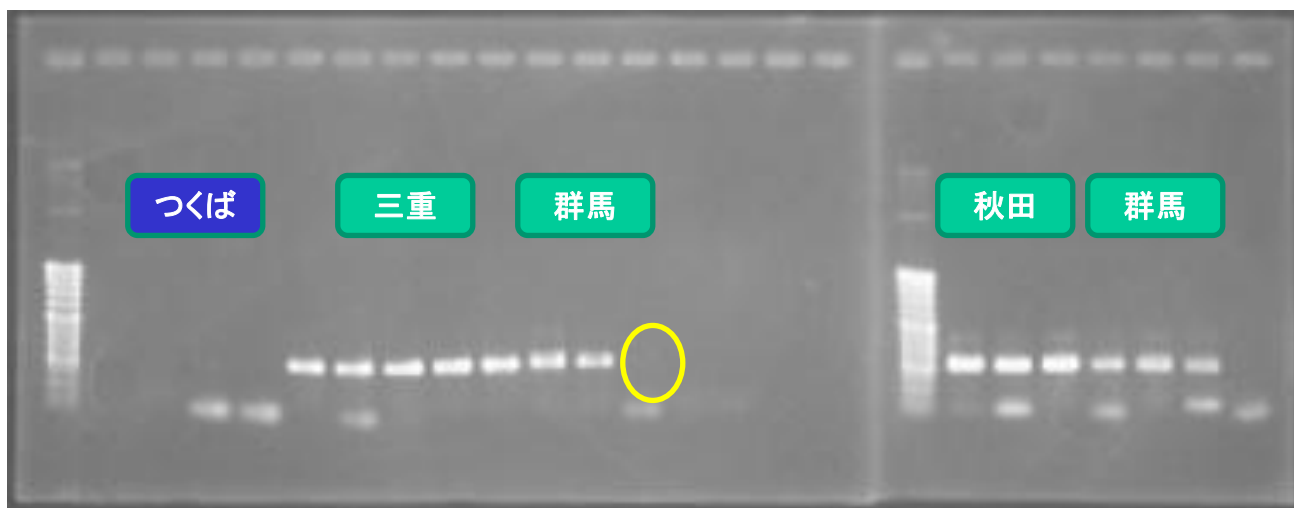
すなわち、同一圃場内でも多様な病原性を有する菌が混在しています。

以下の基準により、4グループに分けることができます。

病原性判別法 (野茶研)

ハクサイ	スーパーCRひろ黄	隆徳
グループ1	発病	発病
グループ2	抵抗性	発病
グループ3	発病	抵抗性
グループ4	抵抗性	抵抗性

PCR法による根こぶ病菌の検出



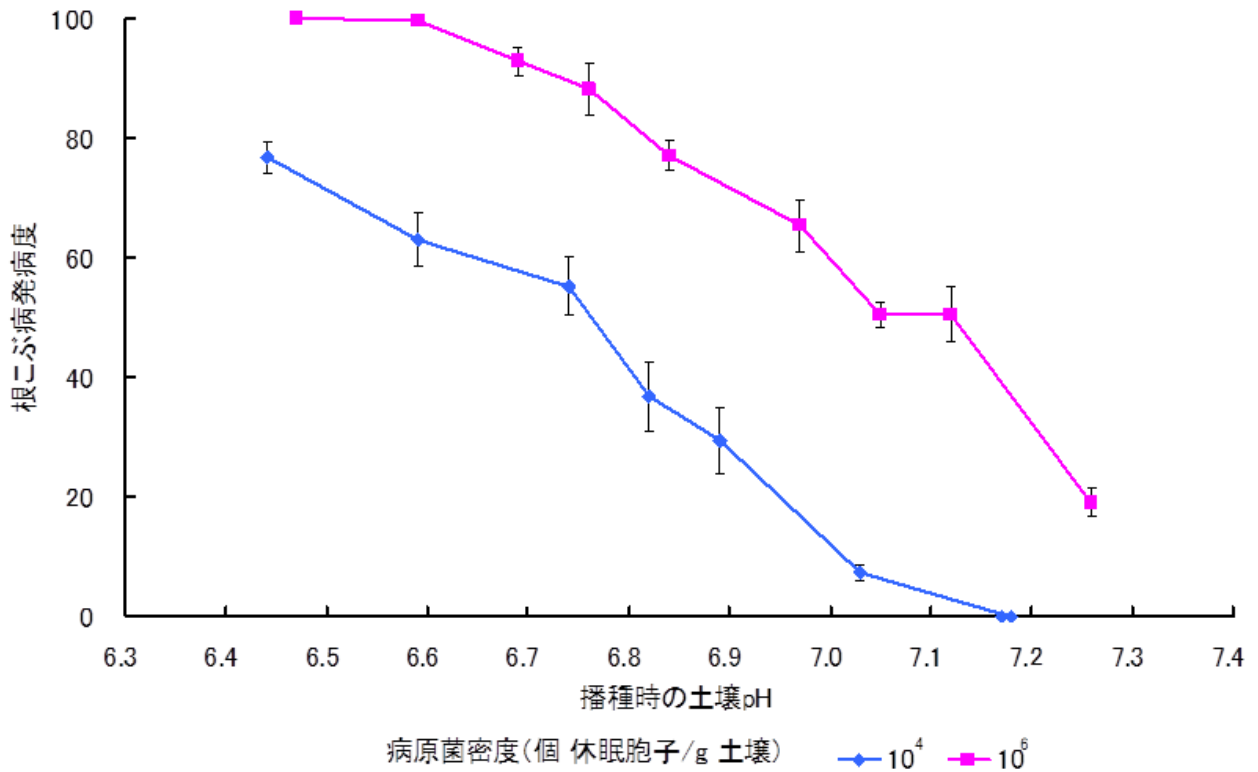
非汚染土壌

汚染土壌

根こぶ病菌特定プライマーを用いると、
土壌中の根こぶ病菌を 10^4 個/g以上であれば定
性的に検出することができます。

根こぶ病菌非汚染土壌である福島、つくばの
土壌ではPCRにより検出されません。
汚染土壌である秋田、群馬、三重の各土壌で
は検出されます。ただし、群馬土壌では一部検
出されないことがありました。

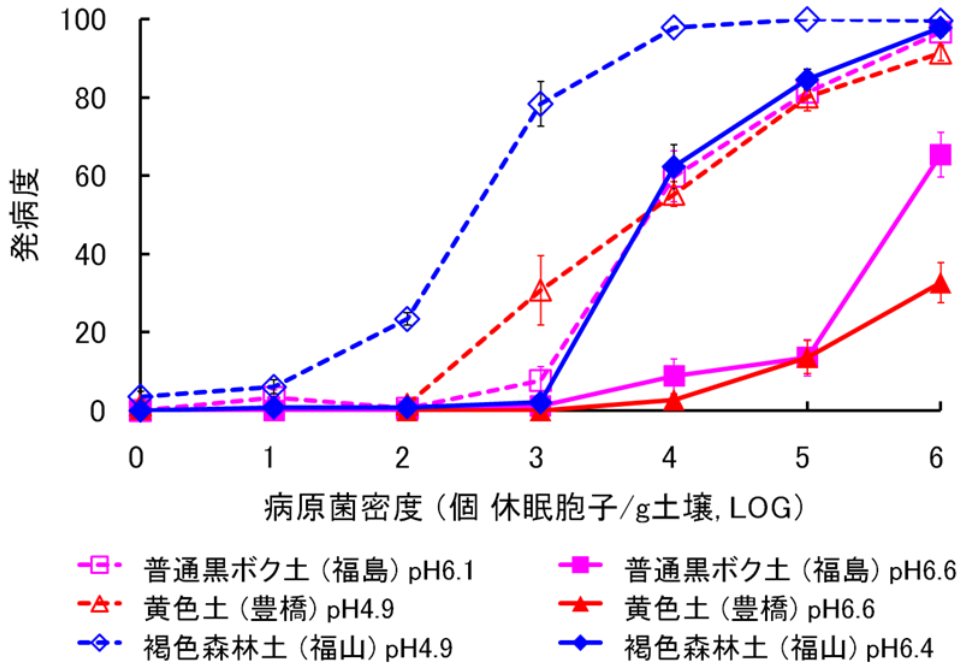
発病に対する土壌pHの影響



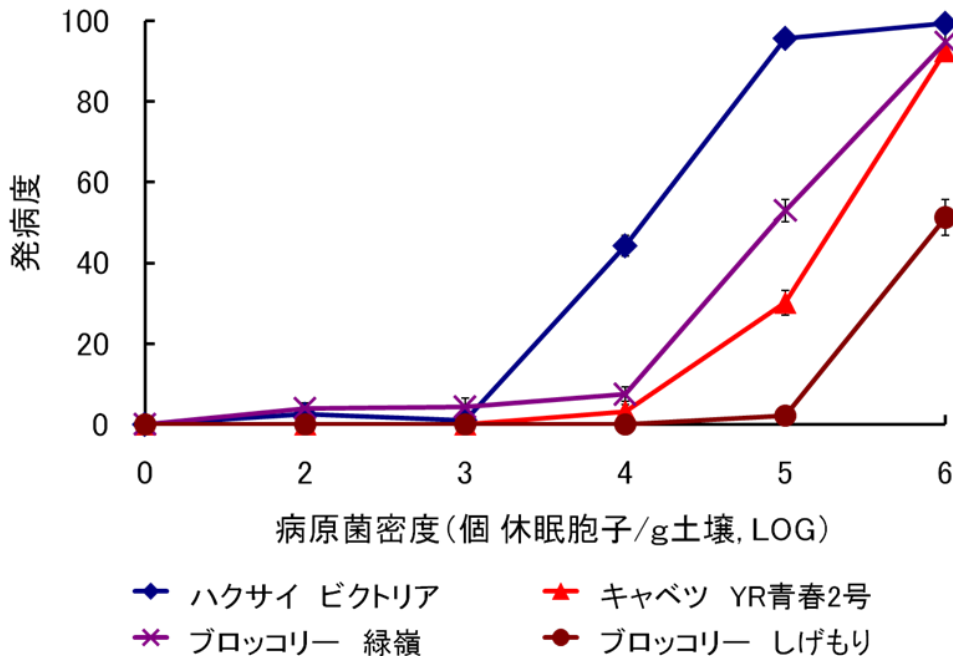
病原菌:福島菌、土壌:普通黒ボク土(福島)、植物:ハクサイ(品種:新あづま)

土壌pHが低いと発病しやすく、高いと発病しにくい傾向を示します。
ただし、その程度は、土壌中の病原菌密度により異なります。

DRC作成事例

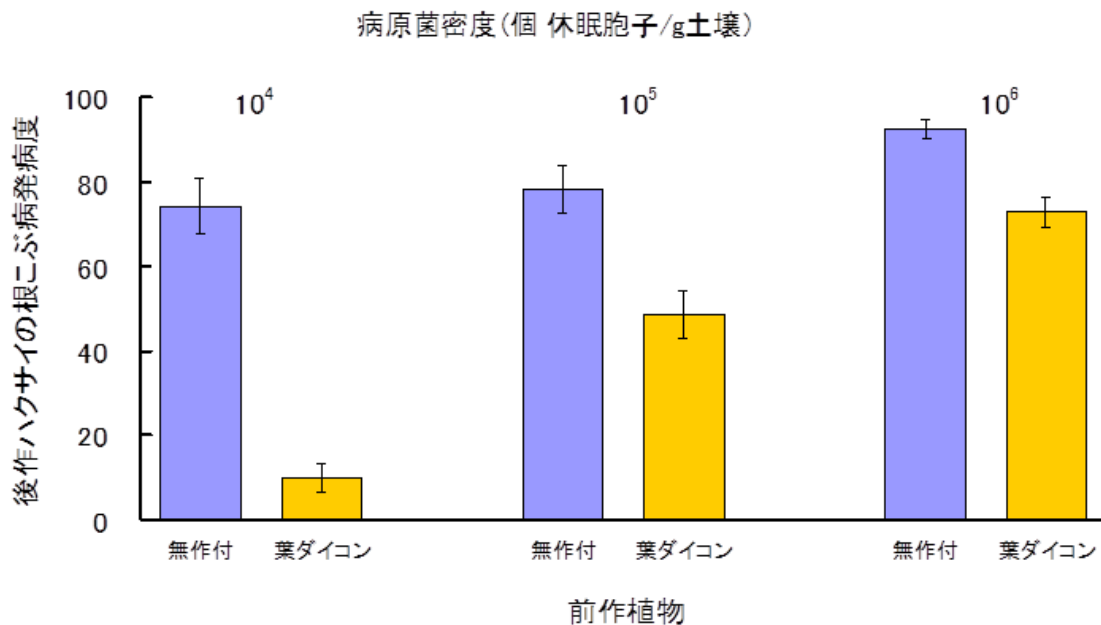
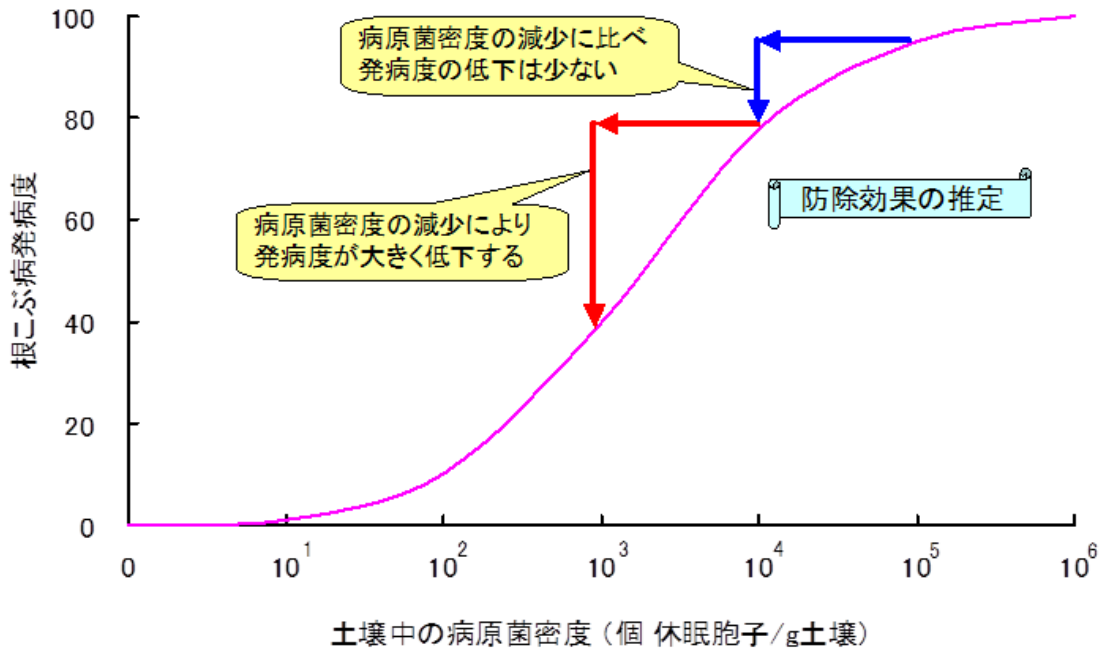


土壌の種類やpHによる影響 (福島菌、ハクサイ:新あづま)



作物の種類や品種による影響 (福島菌、普通黒ボク土:福島)

土壌中の病原菌密度およびDRCが防除効果に及ぼす影響



当初の病原菌密度により得られる効果が異なります。

シミュレーションモデルによる 病原菌密度と発病の推移予測

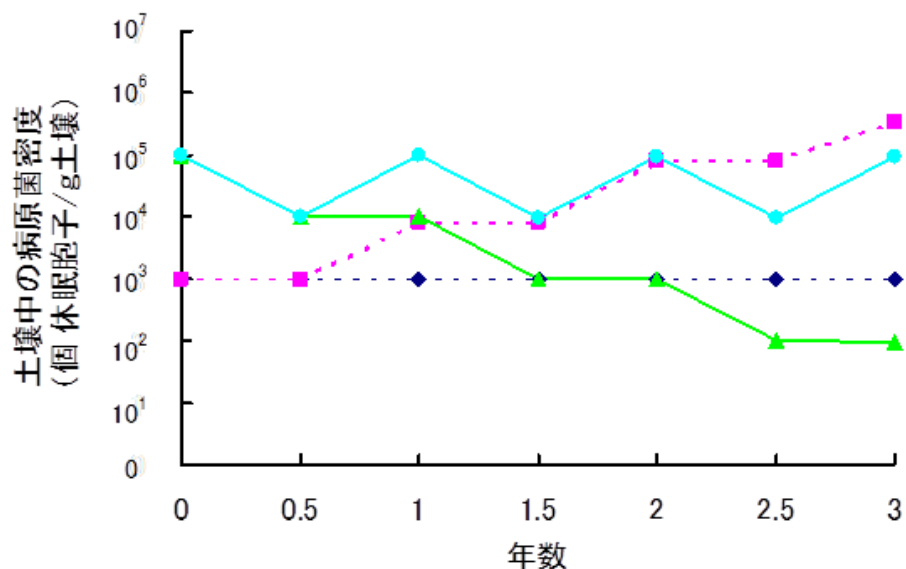
病原菌密度動態モデルの概略

本モデルは、

- ①ある時点(t時点)の圃場の病原菌密度(X_t)
 - ②おとり植物などの防除技術による病原菌密度の低減量(D)
 - ③根こぶ病罹病根(根こぶ)のすき込みによる病原菌密度の増加量(P)
- を示す各項からなります。

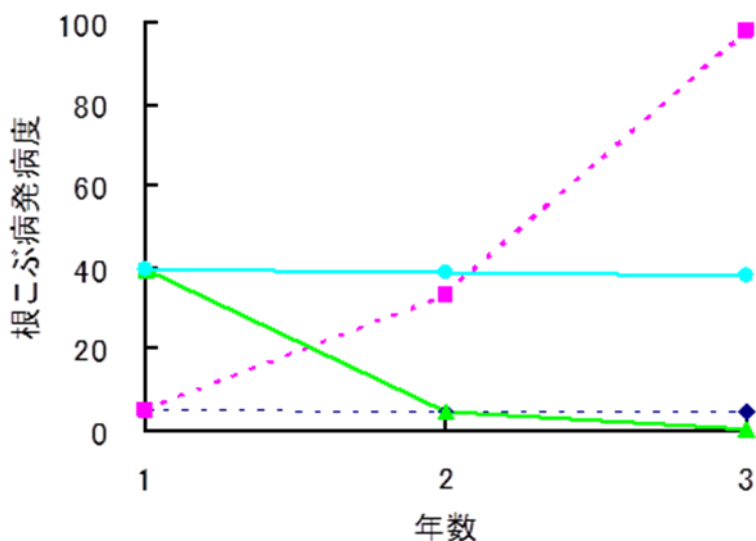
$$\text{モデル式: } X_{t+1} = A \times X_t + D + P$$

- ①の初期値 X_t は実測、病原菌密度の自然減少(A)はないと仮定します。
- ②は防除技術により固有の数値を用いて算出します。
- ③は対象とする圃場の病原菌密度からDRC診断により発病度を予測し、その予測値から推定します。



- ◆◆ ハクサイ(根こぶ抜き取り)連作
 - ■ ハクサイ(根こぶすき込み)連作
 - ▲ ▲ ハクサイ(根こぶ抜き取り)とおとり植物(葉ダイコンCR-1)輪作
 - ● ハクサイ(根こぶすき込み)とおとり植物(葉ダイコンCR-1)輪作
- 横軸の0.5、1.5、2.5はおとり植物栽培後、1、2、3はハクサイ栽培後を示す。

モデルによる病原菌密度の動態の推定



- ◆◆ ハクサイ(根こぶ抜き取り)連作
- ■ ハクサイ(根こぶすき込み)連作
- ▲ ▲ ハクサイ(根こぶ抜き取り)とおとり植物(葉ダイコンCR-1)輪作
- ● ハクサイ(根こぶすき込み)とおとり植物(葉ダイコンCR-1)輪作

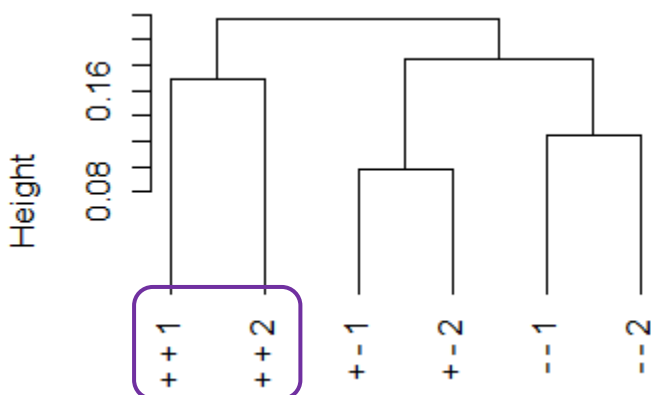
病原菌密度動態モデルに基づく発病の推移予測

薬剤施用歴が 土壌微生物群集に及ぼす影響

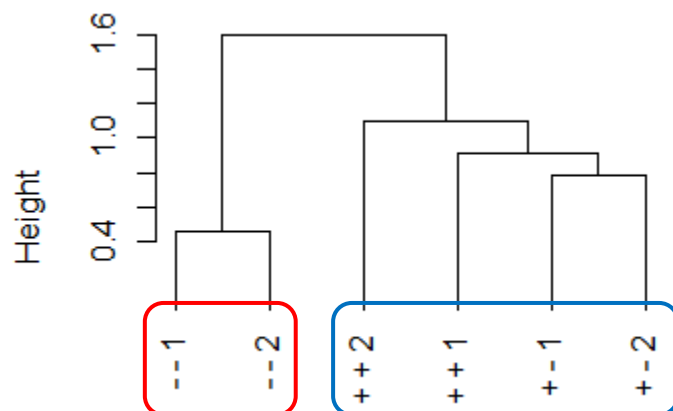
土壌微生物群集に対する薬剤施用歴の影響は、細菌では薬剤施用区(++)のクラスターが他区と分かれる傾向がみられたものの、類似性が高い。

一方、糸状菌では薬剤無施用区(--)が施用歴のある区と大きく分かれて、薬剤施用歴の有無による影響が明確に認められます。

細菌 16S



糸状菌 18S



略号あとの数字は採土時期を示す。1: 薬剤施用前、2: 薬剤施用後

所要経費一例

おとり植物

葉ダイコン CR-1 6L/10a = 10,000円

エンバク ヘイオーツ 6kg/10a = 7,200円

石灰資材

転炉スラグ 5t/10a = 90,000円 (ただし、10年分)

石灰窒素 100kg/10a = 15,000円

苦土石灰 100kg/10a = 2,500円

薬剤

フルスルフアミド粉剤 30kg/10a = 15,000円

フルアジナム粉剤 30kg/10a = 8,000円

同 液剤 500ml/10a = 5,400円

オラクル粉剤 30kg/10a = 15,000円

同 顆粒水和剤 300g/10a = 10,000円

上記の資材代の他に、栽培や施用に関わるコストも必要となります。