

開催日 令和 8年 5月22日

土壌診断を活用した 環境負荷低減に繋がる土づくり

(関東農政局みどりの食料システム戦略勉強会)

一般財団法人 日本土壌協会

三浦 憲蔵



「環境負荷低減」を目指した土壌・施肥管理



ヘアリーベッチ



堆肥

★局所施肥法の導入

全量基肥による省力化、減肥

★緩効性肥料の活用

肥効調節による省力化、減肥

★稲わら・緑肥の利用

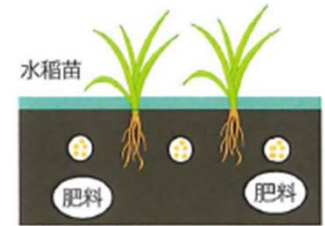
化学肥料代替量を減肥

★堆肥・有機質肥料の利用

化学肥料代替量を減肥

★土壌診断に基づく適正施肥

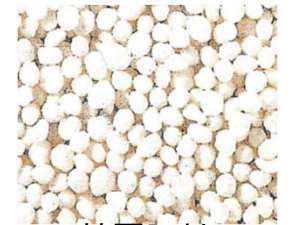
過剰施肥の防止



側条施肥



うね内部分施肥



被覆肥料



土壌診断の実施

本日の内容

1. 土壌診断の内容と進め方

- (1) 土壌診断の目標
- (2) 土壌診断の種類と内容
- (3) 土壌診断の進め方
 - ①土壌サンプル採取、②診断項目、③診断結果の見方、④水稲作での診断のポイント
- (4) 堆肥施用における土壌診断の活用
 - ①堆肥施用の効果、②堆肥の特性を考慮した適切な利用、③堆肥の不適切な利用による生育障害

2. 質疑応答

事前質問の回答ほか

1. 土壌診断の内容と進め方

(1) 土壌診断の目標

①生育等への障害発生の未然防止

- ◆ 現在の施肥管理を続けると、養分の過不足や土壌病害虫の発生などで生育等の低下や障害が起こるリスクの未然防止を図る(予防診断)。

②作物の安定生産とともに収量・品質の改善

- ◆ 圃場間の作物生育等の格差要因や生育障害の発生要因を明らかにし、改善を図る(対策診断)。

③肥料費等のコスト低減

- ◆ 近年、リン酸等の過剰蓄積の圃場が多く見られる中で、施肥の適正化によるコスト低減を図る。

(2) 土壌診断の種類と内容

◇化学性診断

- pH、養分の過不足、バランス等
- 予防診断(生育障害のリスク回避)
- 対策診断(生育障害要因の特定、施肥時期・量適正化)

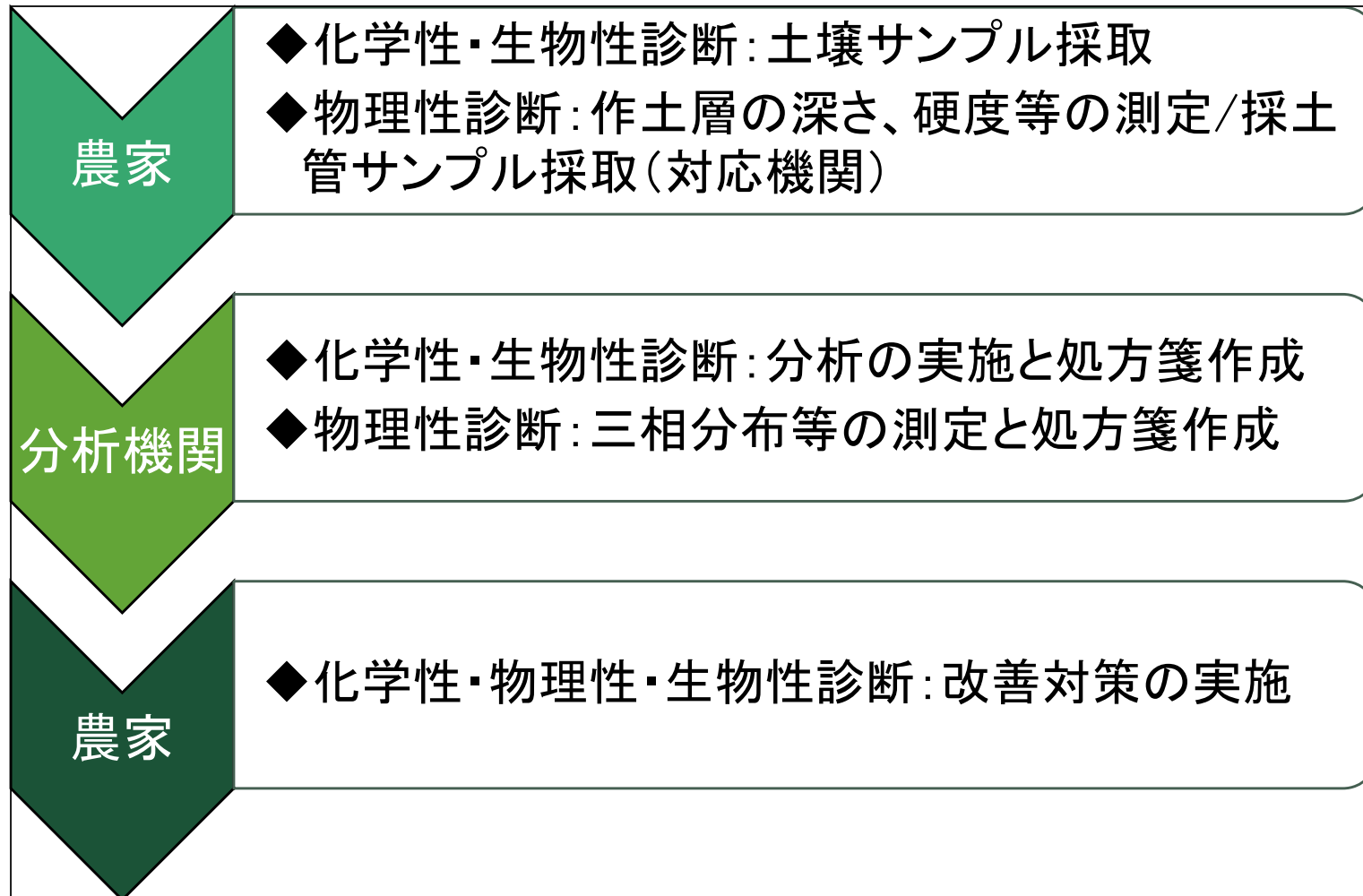
◇物理性診断

- 土壌の硬さ、耕盤層の位置等
- 多くは対策診断(生育障害要因の特定、物理性の改善)
- ※現地での調査・測定が中心

◇生物性診断

- B/F値等、病原菌等の種類
- 予防診断(微生物相のバランス等)
- 対策診断(土壌病害、センチュウ害の種類と密度)

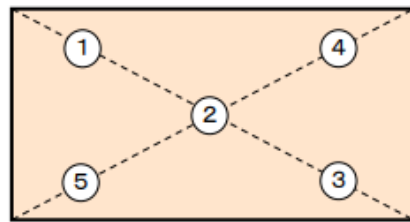
(3) 土壌診断の進め方



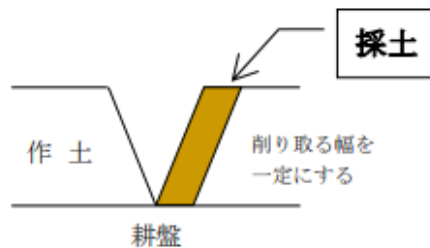
① 土壌サンプル採取：圃場内・圃場間の生育格差なしの場合

◆ 土壌の化学性診断（生物性診断）

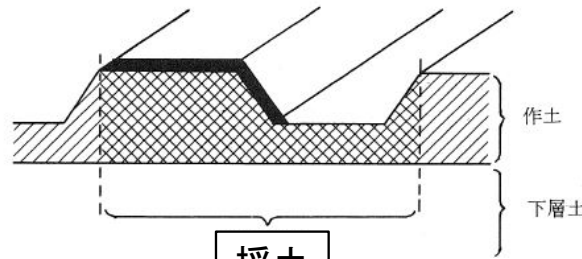
- サンプルングは、収穫直前または収穫後に行う。
- 水田・畑では圃場全体の作土層5か所から、樹園地では樹冠から30cm内側で深さ20～40cmの範囲から採取する。



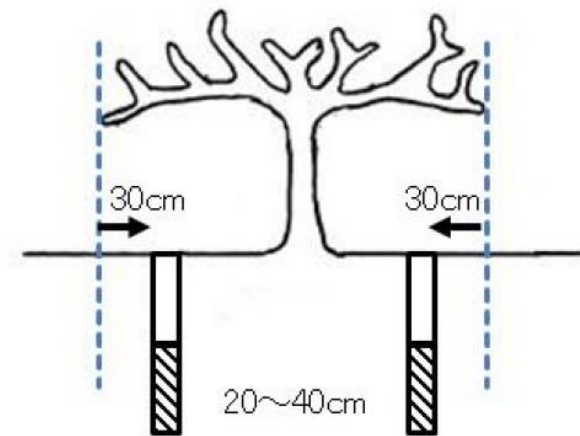
採取地点(5点法)



作土の採取方法



畝が残っている場合の作土の採取方法



樹園地での土壌採取方法

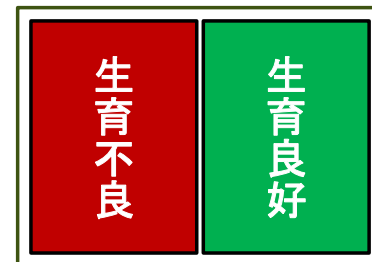
① 土壌サンプル採取：圃場内・圃場間の生育格差ありの場合

◆ 土壌の化学性診断（生物性診断）

- 土壌サンプルの採取は、作物の生育等との関係を重視し、収穫直前または収穫後に行う。
- 同一圃場で生育に格差がある場合、劣る区画と良好な区画から別々に作土層5か所から土壌を採取すると生育の劣る要因が明確になる。



生育の格差があれば、区画ごとにサンプル採取



タマネギの生育の劣る区画（左）と良好な区画（右）の事例（日本土壌協会）
借地を含めた合筆圃場で区画により栽培履歴が異なる（劣る区画はリン酸欠乏）

● キャベツ産地での土壌化学性診断と改善対策の事例

キャベツの生育不良圃場における改善対策前後の土壌化学性

圃場	pH	腐植含量 (%)	有効態リン酸 (mg/100g)	交換性加里 (mg/100g)	交換性苦土 (mg/100g)	交換性石灰 (mg/100g)
当初	5.2	1.4	57	25	23	111
対策実施後	6.2	2.5	74	150	69	232
(目標*)	5.5~6.0	2.5	20~60	20~35	30~50	200~230

* 当該地区のキャベツの生育・収量が平均的な圃場の土壌化学性を参考に設定



当初の生育状況

3年後
→



対策実施後の生育状況

土壌診断に基づく改善対策によるキャベツの生育改善

生育・収量が劣る要因	主な対策内容
pHが低い(キャベツは石灰を好む)、交換性苦土が低い	苦土石灰を多めに施用(年2回)
腐植含量が低い(地力窒素発現に影響、キャベツ生育に窒素が最も影響)	牛ふん堆肥を年間5t/10a施用

②診断項目

◆ 土壌の化学性診断

- 全ての診断項目を分析する場合は少ない。
- 陽イオン交換容量(CEC)、リン酸吸収係数、腐植含量、全窒素は施肥管理によって大きく変化しない。⇒分析頻度は少なくて良い
- pH、EC、無機態窒素、有効態リン酸、塩基類は施肥により変化しやすい。⇒分析頻度は多い方が良い(pHやECは小型簡易測定計の利用可)
- 微量元素はpHの変化や、生育障害が疑われる場合に分析を行う。
- アブラナ科はホウ素の要求量が多く欠乏しやすいので、留意する。

土壌化学性 診断項目

- 陽イオン交換容量(CEC)、リン酸吸収係数、腐植含量、全窒素
- pH、EC、無機態窒素、有効態リン酸、塩基類(交換性カリウム等)
- 微量元素(マンガン、ホウ素等8元素)
- 塩基飽和度、石灰・苦土・加里飽和度、苦土/加里比、石灰/苦土比
- 有効態ケイ酸(水田)、遊離酸化鉄(水田)

②診断項目

◆ 土壌の物理性診断

- 土層の深さ、土壌の硬さ、排水性、保水性は作物生育に影響しやすい。
- 土壌の硬さや土層の深さは、水田、畑地、樹園地に共通して根張り、排水性や通気性に影響する。⇒現地では土壌硬度測定が最も多く実施
- 山中式土壌硬度計や貫入式土壌硬度計が利用される。

土壌物理性 診断項目	<ul style="list-style-type: none">●有効土層の深さ、作土層の深さ●土壌の種類や土性、土壌硬度(ち密度)●仮比重、三相分布・孔隙率●pF値(畑地)、日減水深(水田)
---------------	---

➤ 山中式土壤硬度計と貫入式土壤硬度計

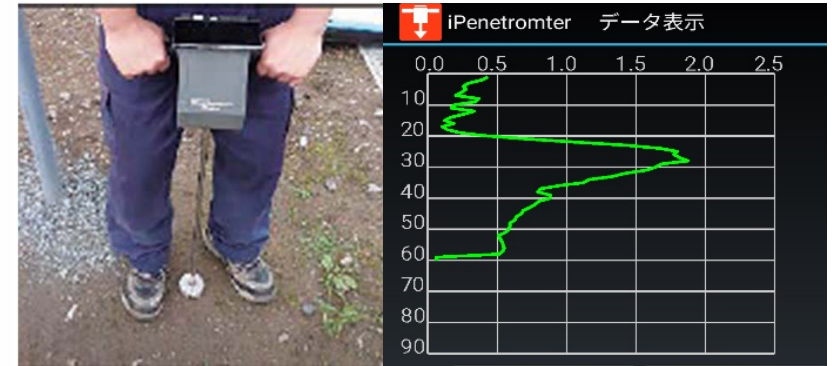
山中式土壤硬度計

- 坑を掘る労力を要し、多圃場の測定が困難
- 深さ30cm程度まで5cmごとに3回測定し、平均
- 測定値20mmを超えると耕盤層、根量が急激に減少

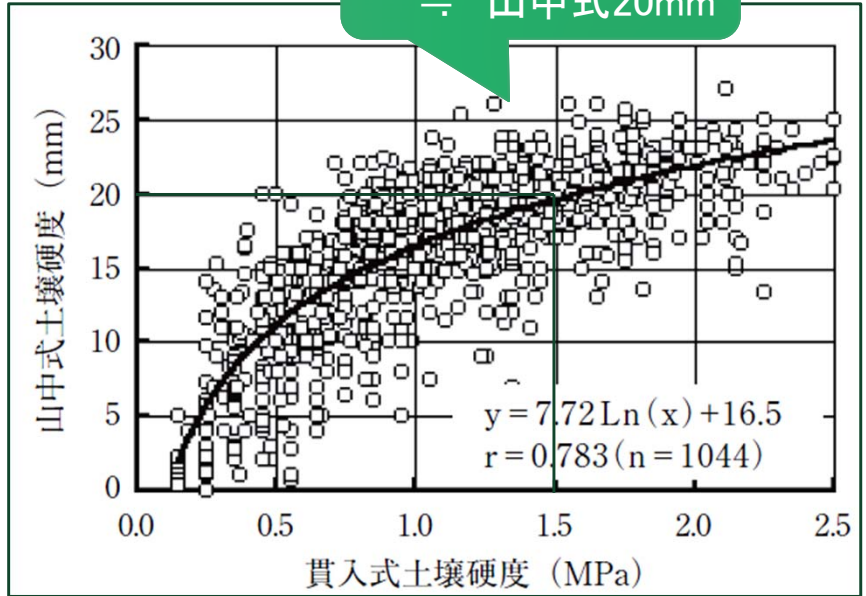


貫入式土壤硬度計

- 土壤表面に垂直にコーンを押し込んで測定
- 深さ60cm(最大90cm)まで1cmごとの測定結果が画面に表示
- 測定値1.5MPaが山中式土壤硬度計測定値20mmに相当



貫入式1.5MPa
≒ 山中式20mm

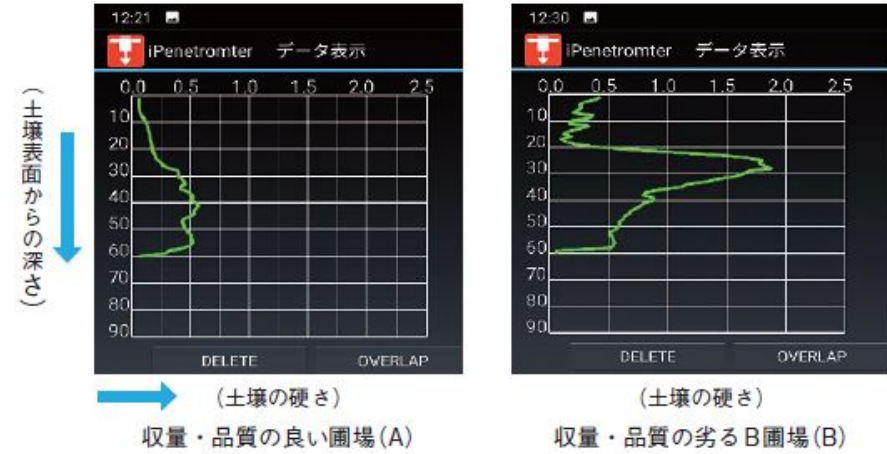


貫入式土壌硬度計と山中式土壌硬度計 の測定値の関係(北海道)

3つの土壌タイプ(黒ボク土、灰色低地土、
多湿黒ボク土)について表示

山中式土壌硬度計測定結果

深 さ	収量・品質の良い 圃場 (A)	収量・品質の劣る 圃場 (B)
5cm	3mm	3mm
10	4	6
15	5	12
20	6	24
25	11	24
30	15	24



貫入式土壌硬度計測定結果

サツマイモ圃場の土壌硬度測定
の事例(日本土壌協会)

②診断項目

◆ 土壌の生物性診断

- 予防診断(土壌微生物相の健全性)と対策診断(土壌病原菌等の特定)では土壌の採取方法や、診断項目が異なる。
- 予防診断では「圃場全体」から土壌サンプルを採取するが、対策診断では「被害ありの区画」と「被害なしの区画」から採取する。
- 採取した土壌サンプルは生土のまま分析に出す。対策診断では被害株も土つきのまま分析機関に送付すると、病原菌の特定に役立つ。

土壌微生物相の健全性	<ul style="list-style-type: none">●細菌数/糸状菌数(B/F)値、放線菌数/糸状菌数(A/F)値●病原抑止力測定、微生物多様性分析など
土壌病原菌等の特定	<ul style="list-style-type: none">●土壌微生物分析(青枯病等の土壌病原菌の同定、糸状菌、放線菌、細菌の密度の測定など)●土壌有害センチュウ分析(センチュウの種類と密度の測定)

③診断結果の見方

◆ 都道府県の土壌診断基準

- 「地力増進基本指針」の改善目標(水田、普通畑、樹園地)を基本に、都道府県の主な作物の種類や土壌条件を考慮し、診断基準を作成
- 都道府県の化学性の診断基準では水稲、野菜・畑作物、果樹等の分類で主な診断項目の平均的な適正範囲を策定(作物生育に異常を起こす範囲ではなく、予防的な意味で改善を行うべき目安)
- 都道府県の物理性の診断基準では水稲以外は個々の作物別ではなく、平均的な数値で指針を策定(水稲では作土の厚さ、主要根群域のち密度など)

地力増進基本指針「水田」の基本的な改善目標

		土壌の種類	
土 壌 の 性 質	灰色低地土、グライ土、黄色土、褐色低地土、灰色台地土、グライ台地土、褐色森林土	多湿黒ボク土、泥炭土、黒泥土、黒ボクグライ土、黒ボク土	
作 土 の 厚 さ	15cm 以上		
すき床層のち密度	山中式硬度で 14mm 以上 24mm 以下		
主要根群域の最大ち密度	山中式硬度で 24mm 以下		
湛水透水性	日減水深で 20mm 以上 30mm 以下程度		
pH	6.0 以上 6.5 以下 (石灰質土壌では 6.0 以上 8.0 以下)		
陽イオン交換容量 (CEC)	乾土 100g 当たり 12meq (ミリグラム当量) 以上 (ただし、中粗粒質の土壌では 8 meq 以上)	乾土 100g 当たり 15meq 以上	
塩基状態	塩基飽和度	カルシウム (石灰)、マグネシウム (苦土) 及びカリウム (加里) イオンが陽イオン交換容量の 70 ~ 90 % を飽和すること。	同左イオンが陽イオン交換容量の 60 ~ 90 % を飽和すること。
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比が (65 ~ 75) : (20 ~ 25) : (2 ~ 10) であること。	
有効態りん酸含有量	乾土 100g 当たり P ₂ O ₅ として 10mg 以上		
有効態けい酸含有量	乾土 100g 当たり SiO ₂ として 15mg 以上		
可給態窒素含有量	乾土 100g 当たり Nとして 8 mg 以上 20mg 以下		
土壌有機物含有量	乾土 100g 当たり 2 g 以上	-	
遊離酸化鉄含有量	乾土 100g 当たり 0.8g 以上		

H県の土壌診断基準(水田、畑、樹園地)

項目	区分	水田 (水稲)	畑(転換畑を含む)		樹園地
			露地	施設	
作土の厚さ(耕起深)	(cm)	15~18	20以上	25以上	—
主要根群域のち密度	(mm)	—	10以下	10以下	15~20
有効土層	(cm)	50以上	40以上	40以上	60以上
地下水位	(cm)	—	60以下	60以下	80以下
pH	(H ₂ O)	6.0~6.5	6.0~7.0	6.0~7.0	6.0~6.5
陽イオン交換容量	(me/100g)	12以上	12以上	15以上	12以上
塩基飽和度	(%)	70~90	70~90	70~100	70~90
交換性塩基(mg/100g)	石灰	200~250	200~250	250~300	200~250
	苦土	25~35	25~35	35~50	25~35
	カリ	20~30	20~30	30~50	20~30
石灰/苦土	(当量比)	3~6	3~6	3~6	3~6
可給態リン酸【Truog法】	(mg/100g)	10~30 ^{注1}	30~50	50~100	30~50
可給態ケイ酸 (mg/100g)	【pH4酢酸緩衝液抽出法】	25	—	—	—
	【湛水保温静置法】	16(目安)	—	—	—
	【pH6.9リン酸緩衝液抽出法(中性PB法)】	12(目安)	—	—	—
遊離酸化鉄	(%)	0.8以上	—	—	—
腐植(土壌有機物) ^{注2}	(%)	3~5	3~5	3~5	3~5

注1: グライ土では10mg 注2: 腐植含量(%)は全炭素(%)×1.72により概算可能

◆ 診断結果と対応

- 基準(維持すべき目標値)をもとに化学性や物理性の診断
- 土壌の化学性や物理性の課題について実施可能な改善対策の選択と実施

- 基準と比べて多少の高低は、作物の生育・収量に影響しない
- 明らかに高いか低い場合に、改善対策を検討

◆ 土壌化学性の改善対策

➤ 化学性の課題について実施可能な改善対策の選択と実施

水稲の土壌化学性の診断基準(H県)と基本的な改善方策

項目	診断基準	基本的な改善方策(地力増進基本指針)
pH	6.0～6.5	●酸性矯正に必要な量の石灰質肥料を施用
陽イオン効果容量 (me/100g)	12以上	●たい肥、腐植酸質資材等の土壌改良資材、ゼオライト等を施用
塩基飽和度 (%)	70～90	●不足分に相当する石灰質肥料、苦土肥料または加里肥料を施用
可給態リン酸 (mg/100g)	10～30	●不足分に相当するりん酸質肥料を施用(効果の持続するく溶性りん酸を主体とするものを選ぶ)
可給態ケイ酸 (mg/100g)	25	●不足分に相当するけい酸質肥料を施用
遊離酸化鉄 (%)	0.8以上	●不足分に相当する含鉄資材を施用または混層耕等により遊離酸化鉄含量の高い下層土と混合
腐植 (%)	3～5	●たい肥等を施用またはレンゲ等の緑肥作物を作付体系に導入

◆ 土壌物理性の改善対策

➤ 物理性の課題について実施可能な改善対策の選択と実施

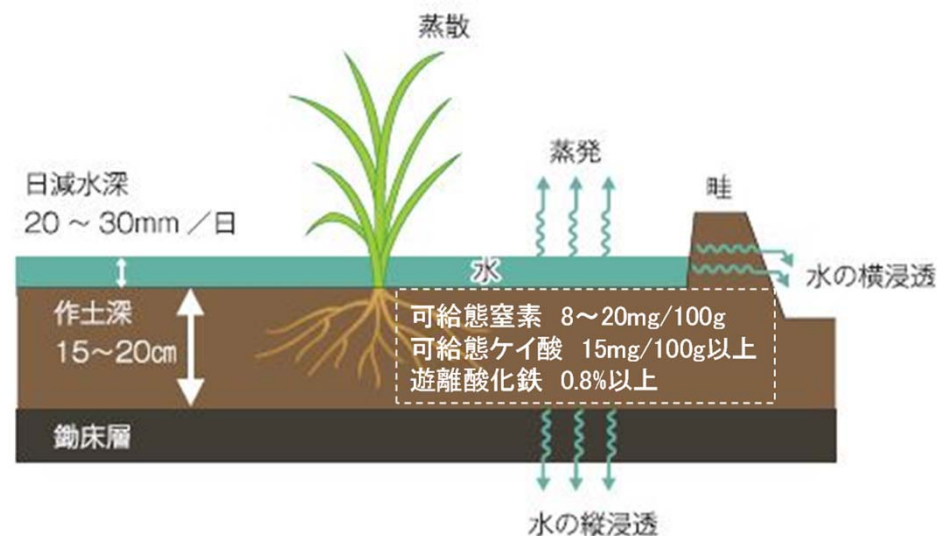
水稲の土壌物理性の診断基準(H県)と基本的な改善方策

項目	診断基準	基本的な改善方策(地力増進基本指針)
作土の厚さ(cm)	15~18	●ロータリーで減速して耕うんし深耕または深耕用のロータリーやプラウを用いて耕うん
すき床のち密度(mm)	14~20	●すき床層のち密度が過大な場合、心土破碎耕等によりすき床層を破碎 ●排水不良のため地耐力の面でち密度が不足する場合、ほ場内小排水溝、弾丸暗きょ等を設けて作土層を乾燥
有効土層(cm)	50以上	●すき床層のち密度が過大な場合、心土破碎耕等によりすき床層を破碎
減水深(mm)	15~20	●不透水層の存在で透水性が過小の場合、心土破碎耕 ●土壌が細粒質で透水性が過小な場合、ほ場内小排水溝、弾丸暗きょ等を設けるとともに、たい肥等を施用し、土壌の団粒化を促進 ●透水性が過大の場合、代かきを入念に行うまたはベントナイト等の土壌改良資材を施用し、粗孔隙を充てん

④水稲作での診断のポイント

◆ 水稲の栽培特性

- 水稲は地力窒素の吸収(6~7割)を考慮した窒素施肥が必要
- 水稲の健全な生育には、ケイ酸や遊離酸化鉄が重要
- 水稲の収量、品質には、作土深や日減水深、水管理が影響

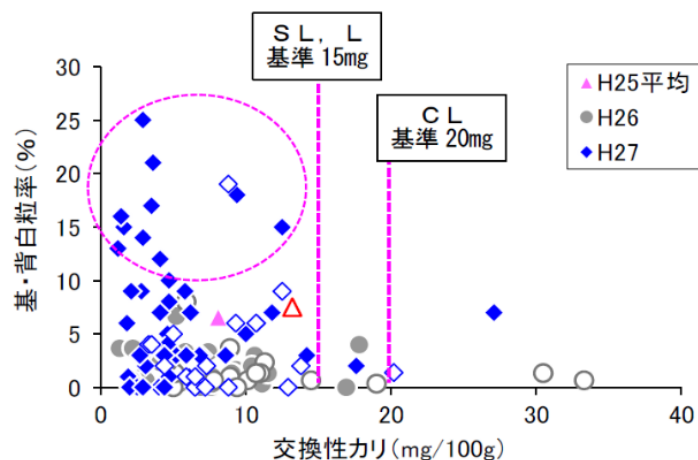


水稲の生育に望ましい土壌環境
(日本土壌協会)

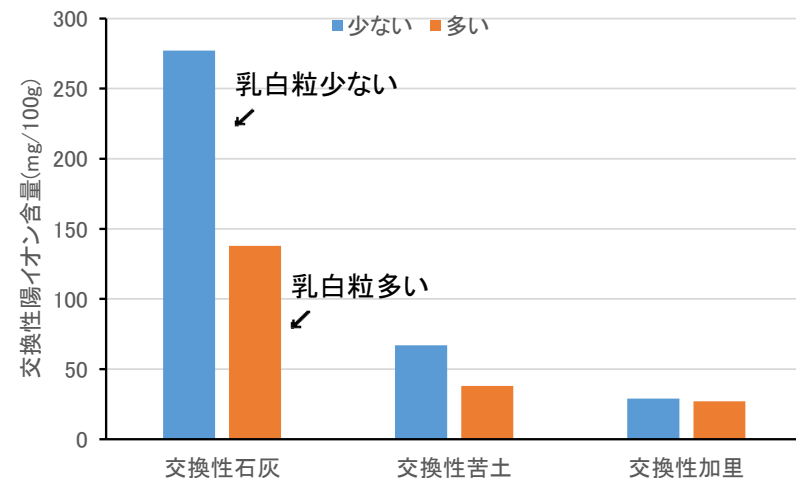
土壌の化学性と水稻の生育等

化学性項目	水稻の生育、収量等への影響
pH	● pHが低すぎると有機物の分解が遅れ、肥効に影響することから、pH5.5～6.5(落水後)が望ましい。
陽イオン交換容量 (CEC)	● CECが20me/100g以上では生育後半まで窒素供給が持続し、窒素施肥量が多いと玄米タンパク質含量が高まりやすい。
腐植含量	● 腐植含量は可給態窒素含量と相関関係があり、腐植含量8%以上では可給態窒素含量が20mg/100g以上となり、特に玄米タンパク質含量が高まる傾向が見られる。
可給態窒素	● 可給態窒素含量の望ましい範囲は、8～20mg/100gである。
有効態リン酸	● リン酸は分けつの促進に効果がある。 ● 湛水すると鉄と結合したリン酸(鉄型リン酸)が有効化する。 ● 有効態リン酸含量が20mg/100g以上では、リン酸施肥による増収効果が得られにくい。10mg/100g未満では、低温時に生育に影響が出る。

化学性項目	水稻の生育、収量等
交換性加里	<ul style="list-style-type: none"> ●カリウムはデンプン合成に必要で登熟期に不足すると収量が低下する。 ●交換性カリウム含量が15mg/100g以下では収量に影響し、整粒歩合の低下や基白・背白粒の発生が多い。 ●30mg/100g以上では加里施肥による収量増加が見込まれにくい。
交換性石灰	<ul style="list-style-type: none"> ●カルシウムは光合成同化産物の増加や穂への転流を促進するとともに、乳白粒の発生やくず米の発生を抑制する働きがある。 ●交換性石灰含量は180～270mg/100g(暫定)が望ましい。

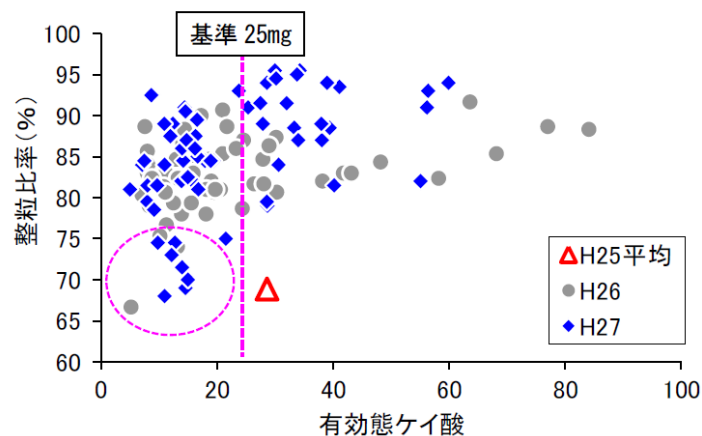


交換性加里含量と背・基白粒の関係(富山県)

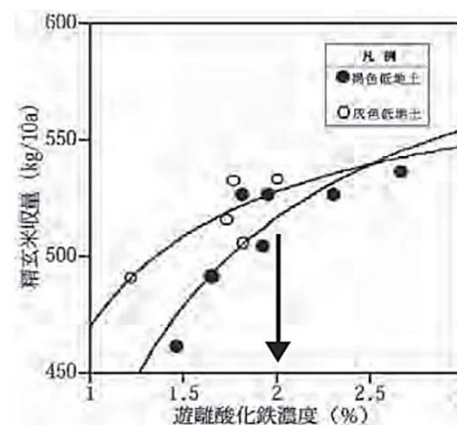


交換性陽イオン含量と乳白粒の関係(島根県)

化学性項目	水稻の生育、収量等
有効態ケイ酸	<ul style="list-style-type: none"> ●地力増進基本指針の有効態ケイ酸含量の改善目標(15mg/100g以上)を下回る水田では、ケイ酸質資材施用で収量、品質の向上事例が多い。 ●湿田や黒ボク土水田では吸収されにくいので、25mg/100g以上が望ましい。
遊離酸化鉄	<ul style="list-style-type: none"> ●地力増進基本指針の遊離酸化鉄含量の改善目標(0.8%以上)は、硫化水素の発生による水稻の生育阻害を防止する観点で設定された。 ●寒冷地では、すき込んだ稲わらの分解が遅く、有機酸等の発生が初期生育に影響する。有機酸等による生育への影響軽減や収量向上の観点から、新潟県で1.5%以上、北海道で2.0%以上と定めている。

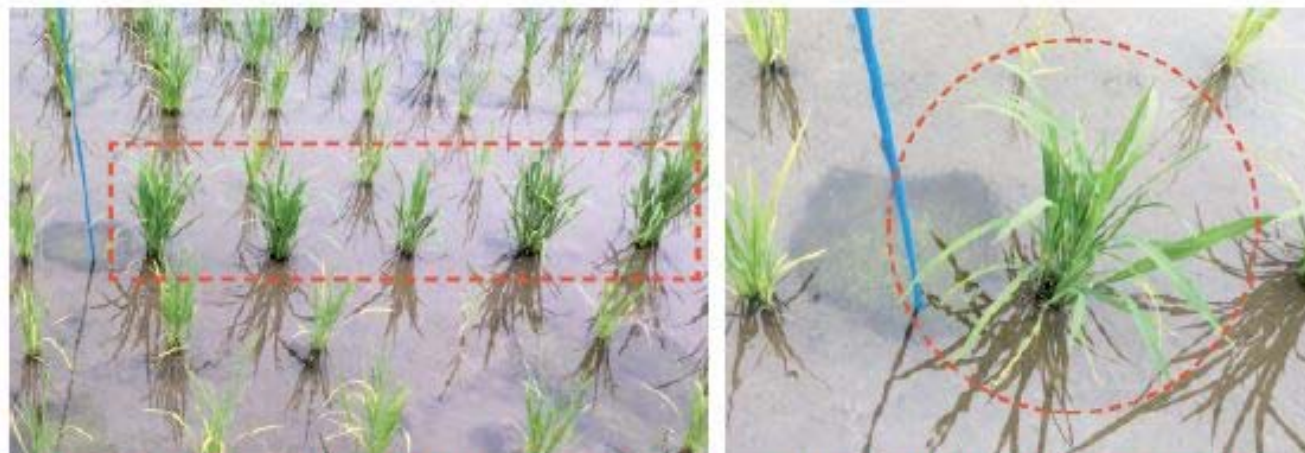


ケイ酸含量と整粒歩合の関係(富山県)



水稻収量と遊離酸化鉄との関係(北海道)

化学性項目	水稻の生育、収量等
可給態硫黄	<ul style="list-style-type: none"> ● 無硫酸根肥料施用的一般化や常時湛水による土壤還元で、硫黄が吸収されにくくなることから、近年、硫黄欠乏症の発生が見られる。 ● 可給態硫黄含量は2.0mg/100g以上が望ましい。特に可給態硫黄含量が0.9mg/100g未満では欠乏症(葉の黄化や茎数の減少)が発生しやすい。また、可溶性金属の多い土壤や強還元土壤では、可給態硫黄含量が2.0mg/100g以上でも欠乏症を起こすことがある。

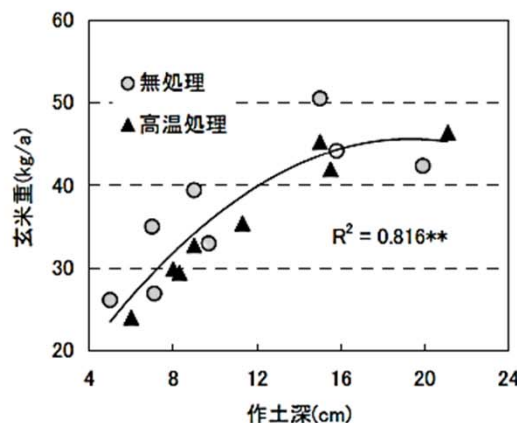
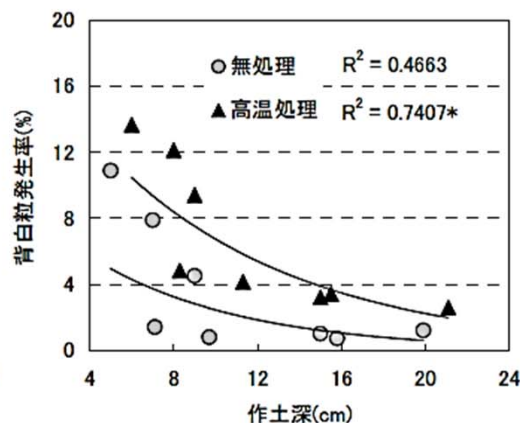
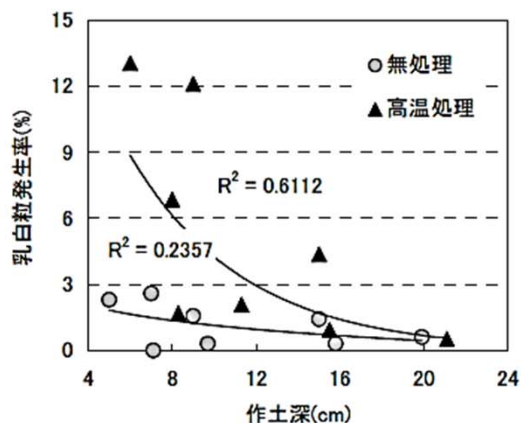


水稻の硫黄欠乏対策(JA全農)

硫黄欠乏の発生圃場(左)で点線で囲んだ5株の株元に硫マグ施用で生育が改善(右)

土壌の物理性と水稻の生育等

物理性項目	水稻の生育、収量等
作土の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> ●近年、作土が浅くなっていることから、水稻の根群域が浅く、高温障害や土壌還元に伴う有害物質の影響を受けやすい。 ●高収量水田の作土深は、粘土質で10～14cm、壤土質で14～16cm、砂土では16cm以上が多い。 ●深耕によって増収しやすい圃場は排水良好で肥沃度がやや低いが、増収しにくい圃場は排水不良で泥炭土、黒泥土、強グライ土など肥沃度が高い。 ●乳白・背白粒の発生は、作土深5～21cmの範囲で作土が深くなるほど減少することから、適正な作土深は15cm以上と考えられる。

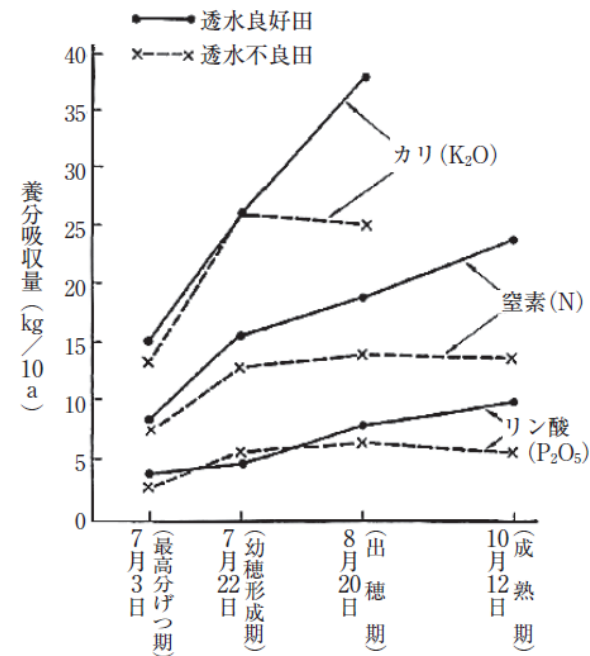


高温条件下での作土深と水稻コシヒカリの品質・収量との関係(茨城県)

物理性項目	水稻の生育、収量等
排水性	<ul style="list-style-type: none"> ●泥炭土等有機物の多い湿田では、酸素不足や有機酸等の発生から根腐れを起こしやすく、秋落ち症となりやすい。 ●透水不良水田では幼穂形成期以降、各養分の吸収がほとんど抑えられるのが、透水良好水田では各養分が成熟期まで持続して吸収される。 ●湛水の常態化や稲わらの鋤き込みが一般化し、還元状態になりがちであることから、寒冷地を中心に春先に有機酸等の発生により生育阻害が見られる。

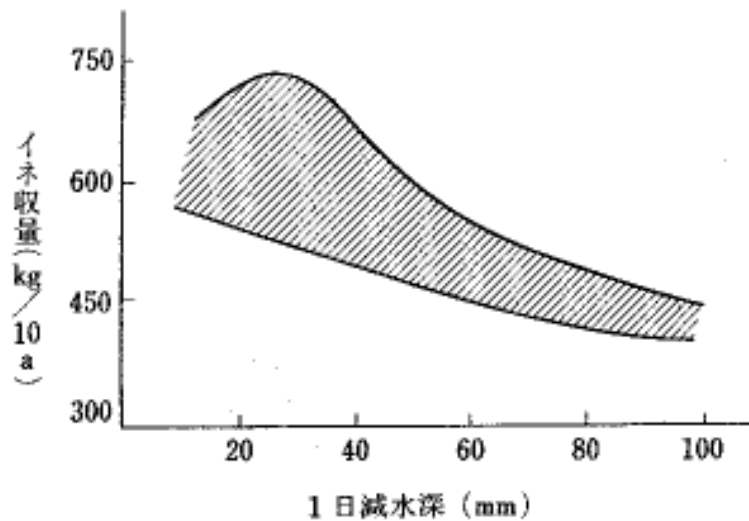


異常還元による初期生育不良水田(新潟県)

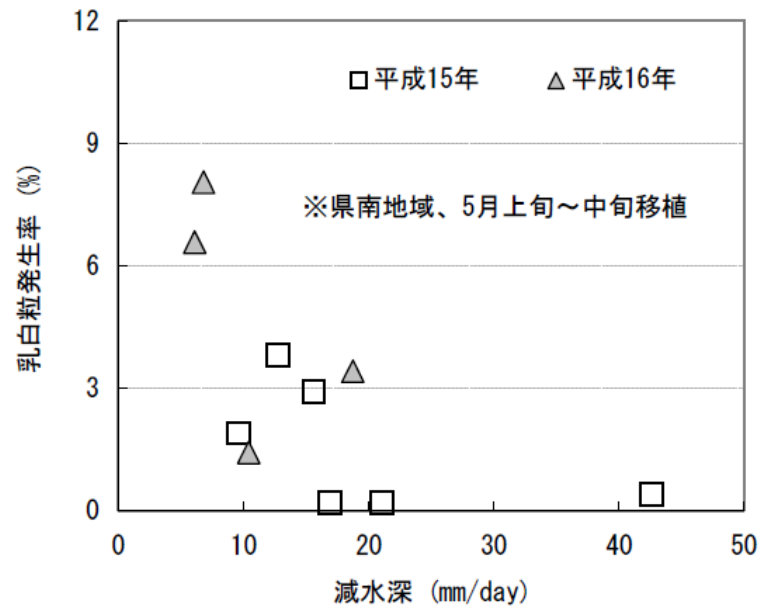


透水良好田と不良田の水稻の時期別養分吸収量

物理性項目	水稻の生育、収量等
日減水深	<ul style="list-style-type: none"> ●日減水深は一般に20～30mmが望ましいが、地域によってやや異なる。 ●10mm以下では強い還元状態となり根腐れが発生、50～70mm以上では漏水過多で肥料切れを起こし、秋落ち症状発生の原因となる。 ●乳白粒の発生は日減水深が大きいと減少する傾向があり、乳白粒が少ない年次では登熟期の日減水深が20mm以上になると発生しにくい。



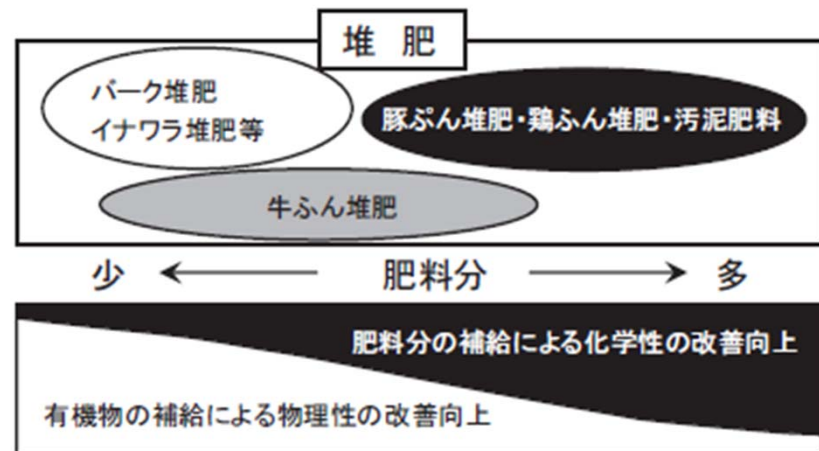
日減水深と水稻収量



日減水深と乳白粒発生率の関係(茨城県)

(4) 堆肥施用における土壌診断の活用

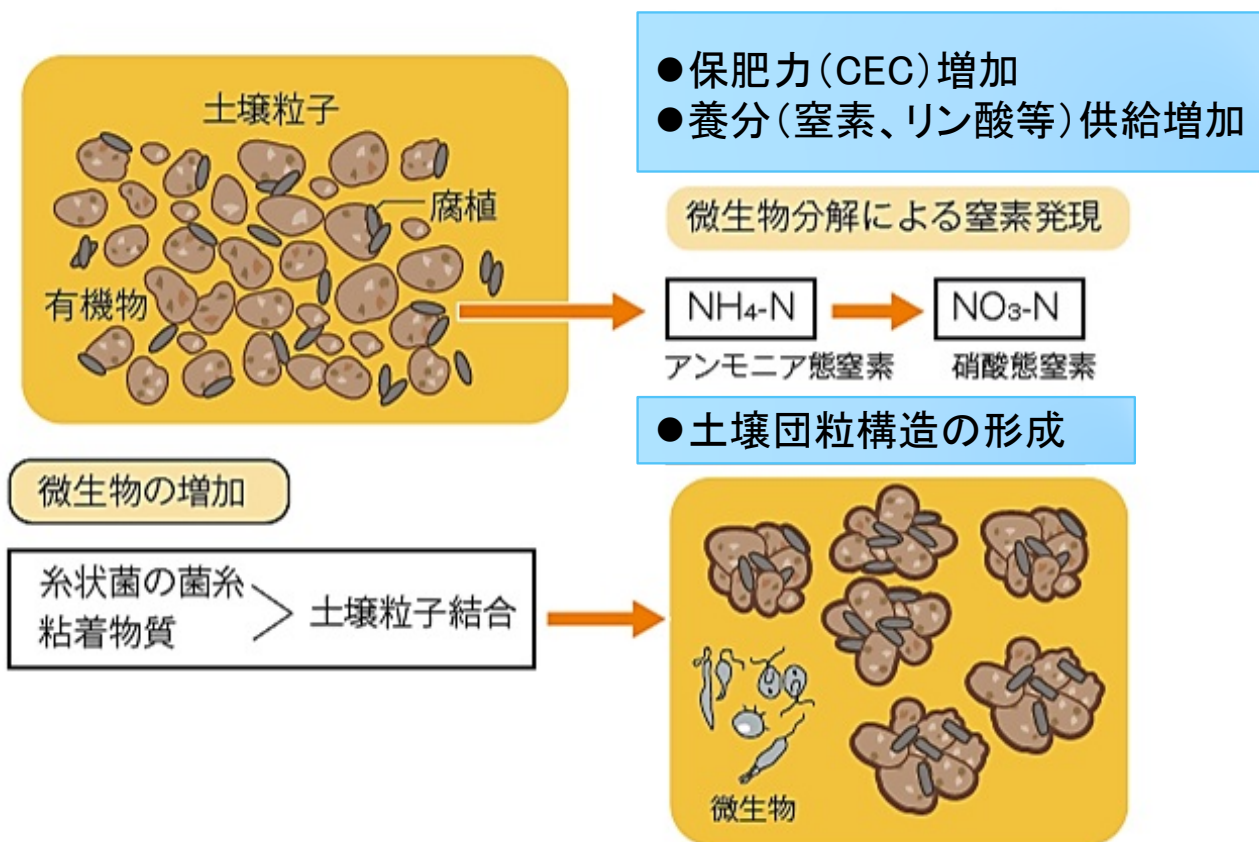
- ①堆肥施用の効果
- ②堆肥の特性を考慮した適切な利用
- ③堆肥の不適切な利用による生育障害



堆肥の化学性改善効果と物理性改善効果

①堆肥施用の効果

◆ 堆肥施用による土壌化学性、物理性、生物性的変化



◆ 養分供給効果(地力窒素等)

- 有機物の形態で蓄えられた窒素やリンが、微生物の働きによって無機化されて作物に吸収・利用されるようになる。
- 地力窒素は、土壌中の有機物が微生物の働きによって分解され、発現する無機態窒素である。
- 高温期に生育する作物や作型では、地力窒素の吸収割合が高く、水稲で地力窒素の吸収割合が70%程度となる。

水稲「コシヒカリ」幼穂形成期の土壌および基肥由来窒素吸収量(茨城県)

	基肥窒素量 (kg/10a)	窒素吸収量(kg/10a)			土壌由来 吸収量(%)
		土壌由来	基肥由来	全吸収量	
砂 土	6	3.6	1.8	5.4	67
壤 土	6	3.5	1.6	5.0	70
埴 土	6	4.8	2.0	6.8	71

◆ 土壌物理性改善効果(団粒構造形成)

- 堆肥等の連用で、粘土粒子同士が腐植物質の働きで結びついて小さな団粒(ミクロ団粒)ができる。次に小さな団粒が土壌微生物の生産する多糖類や糸状菌の菌糸で結合して大きな団粒(マクロ団粒)ができる。
- 団粒構造形成の主役は有機物分解に関わる土壌微生物であることから、団粒の維持には有機物の継続的な施用が必要である。



団粒構造

堆肥を10年程度連用の有機農業圃場の土壌表面



単粒構造

有機農業開始前の隣接区画の土壌表面

● 土壌団粒の形成

粘土粒子

↓ 腐植

ミクロ団粒

↓ 粘着物質、糸状菌の菌糸

マクロ団粒

◆ 土壌微生物相の多様化による土壌の健全化

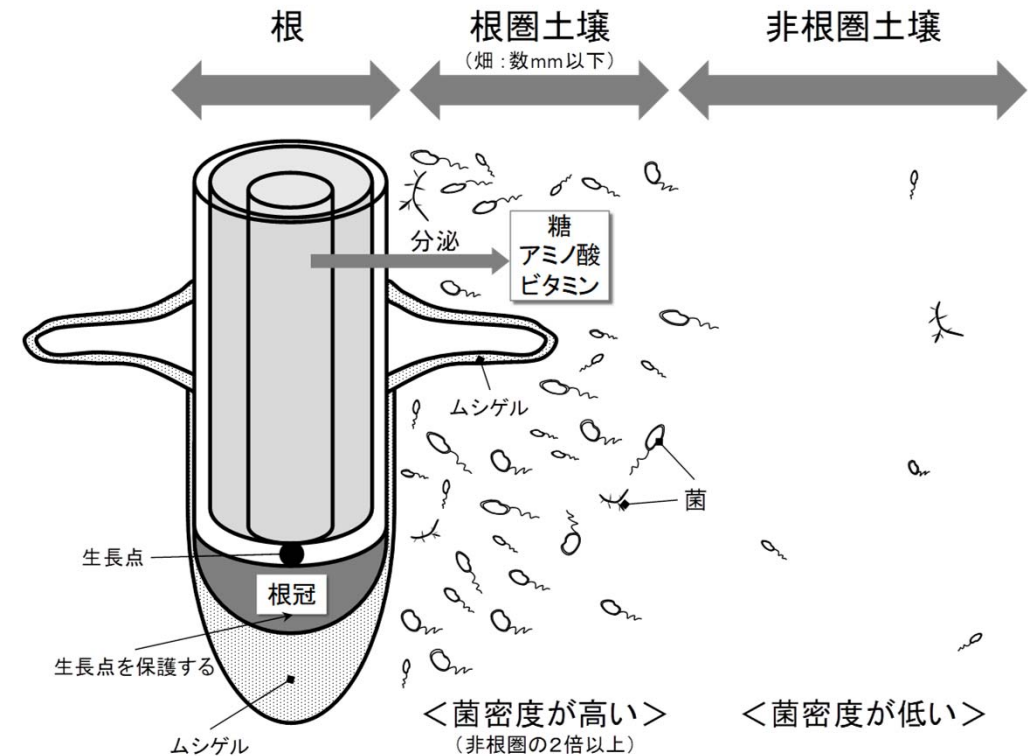
- 連作障害の要因の大部分は土壌病原菌やセンチュウの被害である。連作で病原菌(多くはフザリウム菌等糸状菌)等の密度が高まると発病する。
- 堆肥を熟成させると細菌や放線菌の割合が高くなり、畑地に堆肥を施用すると、糸状菌に対して細菌や放線菌の割合が高くなり、微生物多様性が高まる(病原菌密度が高まりにくくなり、発病が抑制される)。



連作障害 発生圃場(ハクサイ根こぶ病による被害)

◆ 根圏土壤と土壤微生物の密度

- 作物の根はアミノ酸、有機酸、糖等を分泌し、これが土壤微生物の餌となるので、根の周囲では菌密度が高い。
- 土壤微生物が多様であると、餌と住み場所を巡っての競合や拮抗微生物による抑制により病原菌の増殖が抑えられることが知られている。



根圏・非根圏土壤の土壤微生物の菌密度(日本土壌協会)

◆ 土壌病害抑制と堆肥の品質

- 土壌の微生物多様性を高めて土壌病害の発生を抑制する目的で堆肥を利用する農家が多い。
- 未熟堆肥では土壌病害を助長するが多いが、熟成堆肥の施用では土壌病害軽減の効果がある。

有機物施用と土壌病害発生との関係(日本土壌協会)

種類	軽減された病害	助長された病害
おがくず家畜ふん (畜産廃棄物)	ユウガオつる割病	トマト根腐萎凋症 ダイコン萎黄病 ダイコン横縞症状、亀裂褐変症状 ジャガイモそうか病、粉状そうか病
堆 肥	キュウリつる割病 トマト萎凋病、根腐萎凋症 テンサイ苗立枯病、根腐病 アスパラガス紫紋羽病 コンニャク根腐病 キャベツ根こぶ病	コンニャク根腐病、乾腐病 ダイコン萎黄病

◆ 熟成の進んだ堆肥中の腐植物質による作物生育促進効果

- 堆肥中の水溶性の腐植物質には、植物ホルモンに似た働きがあり、発根、根や茎の生育などを促進することが知られている。
- 堆肥の施用により水稻根の発達が進められる。



堆肥区と無堆肥区の水稲の根量(栃木県T町水田)

◆ 作物の収量・品質の向上効果

- 多くの作物で堆肥施用により、生育等の向上効果が見られる。
- 作物の種類や土壌の種類によって堆肥の連用効果に相違があり、根の繊細なレタスでは堆肥の施用効果が出やすい。
- 作物の品質向上の事例は少ないが、ハクサイでは黄芯割合向上（甘味が強く、柔らかい）、日持ち性向上などの効果も見られる。



レタス化学肥料区(左) 堆肥単年区(中) 堆肥8年区(右)

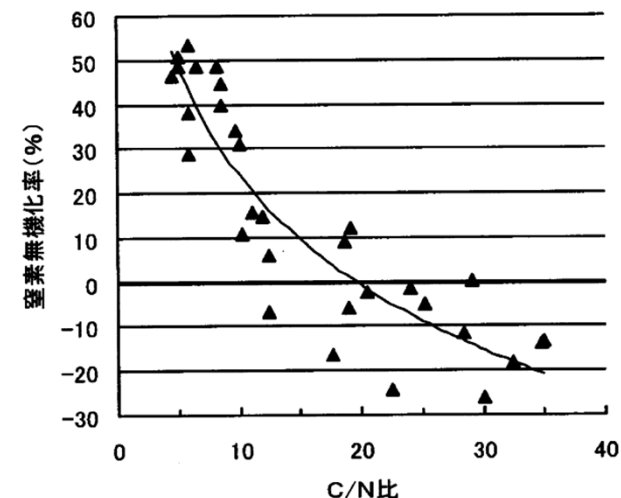


ハクサイの黄芯割合

②堆肥の特性を考慮した適切な利用

◆ 堆肥の養分供給効果等の評価

- 堆肥からの窒素発現の速さ等はC/N比で判断できる。
- C/N比が4～5の油粕などを土壤に施用後、通常約2～3週間後に無機態窒素が60%程度発現する。
- C/N比が20を超えると、微生物が窒素を取り込み、窒素飢餓になりやすいため、窒素肥料を補う必要がある。



炭素率(C/N比)と窒素無機化率(山田)

堆肥等の炭素率(C/N比)

	資材名	C/N比		資材名	C/N比
有機質肥料	魚粕	3.6	堆肥	乳用牛	17.6
	大豆油粕	4.3		バーク	22.3
堆肥	鶏ふん	9.5	粗大有機物	稲わら	66
	豚ふん	11.4		麦わら	123

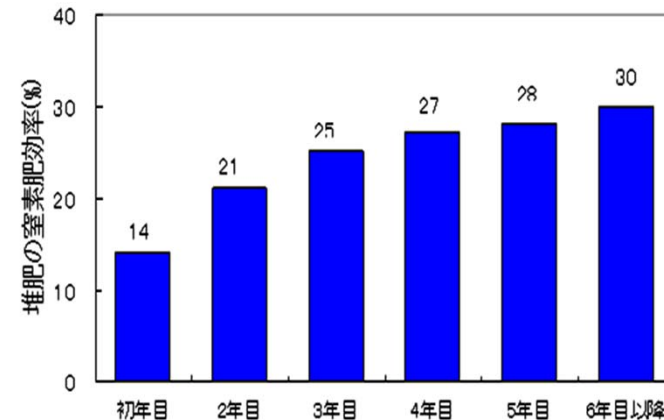
◆ 炭素率(C/N比)と窒素発現や腐植の蓄積

- C/N比が概ね10以上のものでは、施用年のみでなく翌年以降も窒素が発現するとともに、土壤有機物(腐植)が蓄積する。
- 堆肥は連用すると窒素肥効率※が高まるため、堆肥から供給される窒素成分の増加を考慮して減肥することが必要である。

※化学肥料の窒素肥効を100とした時の堆肥の窒素肥効

炭素率(C/N比)による窒素発現と有機物集積

C/N比	窒素の発現	土壤有機物の蓄積
10以下	施用年の窒素の発現量多い	有機物含量は高まらない
10~20	施用年にある程度の窒素発現、翌年以降も窒素発現	連用により有機物含量が高まる
20以上	施用年の窒素発現量少ない、C/N比25以上では窒素飢餓	施用年から有機物含量が高まる



牛ふん堆肥の連用年数と窒素肥効率
(茨城県O地域水田での調査事例)

◆ 作物の種類などによる堆肥連用効果の相違

- 堆肥連用による収量向上効果は、秋まきハクサイが春植えバレイショより高い。
- 春植えバレイショでは、定植期から開花期までは窒素供給量が少なく、収穫期で多いため、生育初中期の生育増進効果は小さい。
- 秋まきハクサイでは、堆肥由来の窒素供給量が定植期まで多いので、活着と初期生育が増進される。

堆肥連用によるハクサイとバレイショの収量向上効果

	堆肥3t区	堆肥1.5t区	化学肥料区
ハクサイ	156%	127%	100%
バレイショ	120%	120%	100%

堆肥区



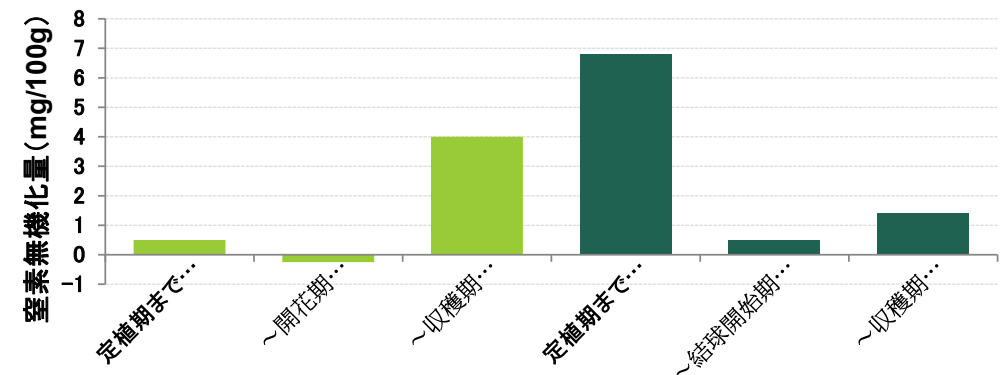
化学肥料区



ハクサイの堆肥区と化学肥料区の比較

■ バレイショ

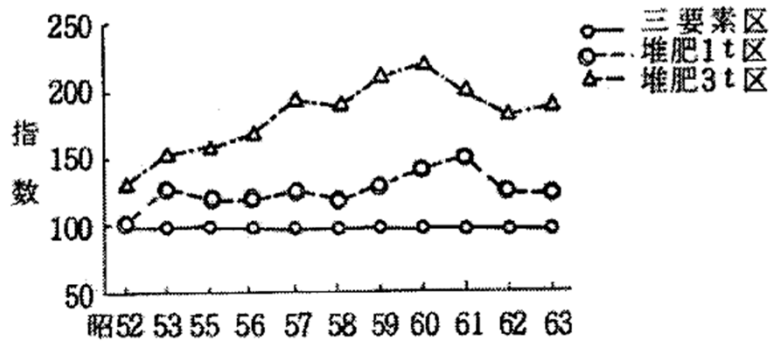
■ ハクサイ



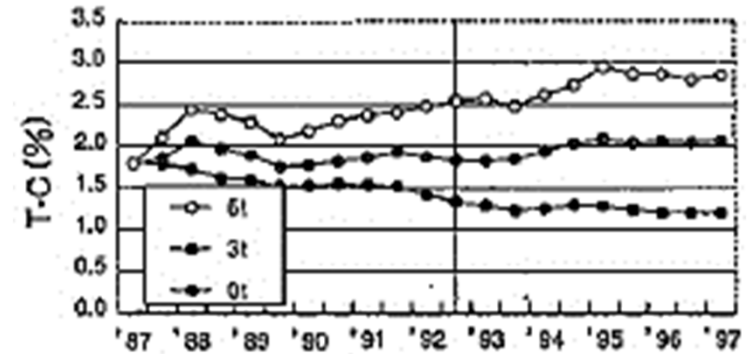
バレイショとハクサイ栽培中の土壌と堆肥からの推定窒素無機化量(岡山県農林水産総合センター)

◆ 堆肥の適正施用量

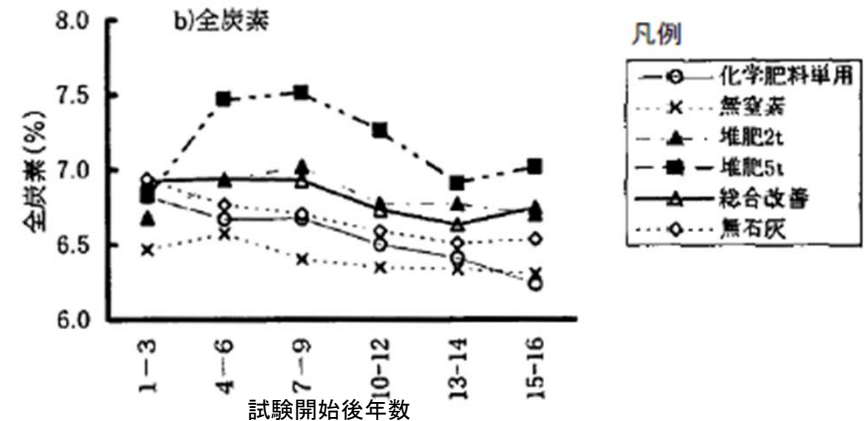
- 地力窒素を維持するには、堆肥等を連用して腐植含量が低下しないようにする。
- 牛ふん堆肥連用による腐植含量維持には、灰色低地土水田で概ね1t/10a程度、畑作では黄色土で3t/10a、黒ボク土で2t/10aの連用が必要とされる。



水田(灰色低地土・水稲-タマネギ体系)の全炭素含量(三要素区100)の推移(香川農試)



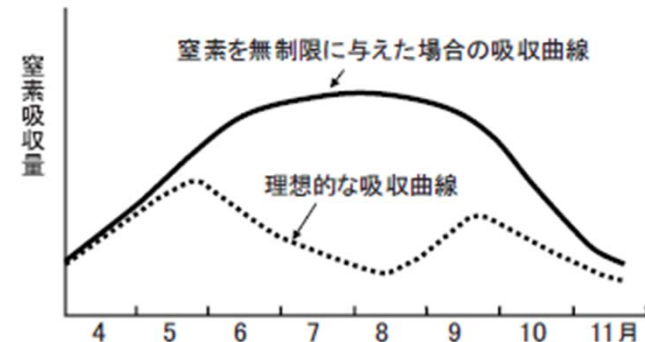
畑地(黄色土・サツマイモ/キャベツ-タマネギ体系)の全炭素含量の推移(兵庫農試)



畑地(黒ボク土・ニンジン-ホウレンソウ体系)の全炭素含量の推移(千葉農試)

◆ 果樹作での適正施用量

- 秋に収穫を迎えるリンゴ等は夏の窒素吸収量が多過ぎると、果実の品質が低下する(果実の着色遅延や糖度低下)。春～夏に地力窒素が必要以上に発現しない堆肥施用(低肥沃園で1～2 t/10a)が必要である。
- ブドウ品種ピオーネでは、果房重、果粒重、糖度、着色を総合すると、牛ふん堆肥で年間1 t/10a施用が最も良好である。



リンゴ栽培期間の理想的な窒素吸収(横田)

ブドウ(ピオーネ)の牛ふん堆肥施用量(山梨果樹試)

堆肥	果房重 (g)	果粒重 (g)	糖度 (Brix値)	着色 (cc値)
0t 区	345	10.9	20.2	10.4
1t 区	408	11.9	20.2	10.1
2t 区	418	12.1	19.1	9.6
3t 区	410	11.9	18.9	9.4

◆ 堆肥の肥料成分を考慮した作物への施肥

- 家畜ふん堆肥は窒素等肥料成分を含むため、作物栽培では堆肥から供給される肥料成分を差し引いて基肥施用することが重要である。
- ハクサイの場合、標準的な牛ふん堆肥施用量2t/10aを施用すると、一般に窒素は不足するが、加里は施肥基準より多く供給される。

ハクサイの施肥基準量と堆肥からの養分供給量の関係(例)

	窒素	リン酸	加里
ハクサイ施肥基準(茨城県秋まき栽培)	25 kg/10a	20 kg/10a	25 kg/10a
牛ふん堆肥(窒素1%, リン酸1%, 加里2%) 2t/10a施用での養分供給量	2 kg/10a	20 kg/10a	40 kg/10a

〈牛ふん堆肥からのN-P-K養分供給量の算出根拠〉 (肥効率:Nは10%、PとKは100%)

窒素 $2000\text{kg}/10\text{a} \times 0.01(\text{成分}\%) \times 0.1(\text{窒素肥効率}) = 2\text{kg}/10\text{a}$

リン酸 $2000\text{kg}/10\text{a} \times 0.01(\text{成分}\%) \times 1 = 20\text{kg}/10\text{a}$

加里 $2000\text{kg}/10\text{a} \times 0.02(\text{成分}\%) \times 1 = 40\text{kg}/10\text{a}$

③堆肥の不適切な利用による生育障害

◆ 堆肥連用による養分バランスの崩れ

- 牛ふん堆肥では加里過剰、豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥ではリン酸過剰になりやすい。
- 土壌中の養分バランスを把握し、改善を行うには、土壌診断の実施が必要である。

畜種別の全国の堆肥の主要成分（平均）

	試料数	水分	pH	EC	C/N	全窒素	全リン酸	全加里	石灰	苦土
乳用牛	318	52.3	8.6	5.6	17.6	2.2	1.8	2.8	4.4	1.5
肉用牛	304	52.2	8.2	5.9	19.0	2.2	2.6	2.8	3.0	1.3
豚	144	36.6	8.3	6.7	11.4	3.5	5.6	2.7	8.3	2.4
採卵鶏	127	22.4	9.0	7.9	9.5	2.9	6.2	3.6	25.7	2.2
ブロイラー	27	33.0	7.9	8.5	10.6	3.8	4.2	3.6	8.9	1.9

注：水分は現物中でそれ以外は乾物中の%、ECはS/cm

資料：平成17年「堆肥の品質実態調査報告書」（一財）畜産環境整備機構

家畜ふん堆肥の成分特性と分解速度

種類	肥料成分	堆肥の分解
牛ふん堆肥	加里が高い	やや遅い
豚ふん堆肥	リン酸が高い	やや速い
鶏ふん堆肥	リン酸が高い 採卵鶏ふん堆肥は石灰が高い	やや速い

◆ ホウレンソウの生理障害発生事例

- 有機栽培のホウレンソウ産地で、葉に黄色斑の発生が見られた。黄色斑の発生圃場ではpHが高く、マンガン欠乏症であることがわかった。
- 採卵鶏の堆肥を長年用いてきたことが発生要因であったことから、採卵鶏堆肥の施用を中止するとともに、応急的に硫酸マンガン資材を施用して解決した。



黄色の斑の発生したホウレンソウの葉

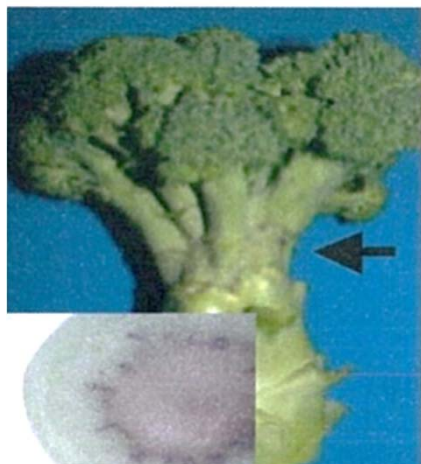
ホウレンソウ黄色斑発生圃場の土壌分析結果

pH	有効態リン酸 (mg/100g)	易還元性マンガン (mg/kg)
7.3	309	9.8

易還元性マンガンが30ppm以下でマンガン欠乏症が発生しやすい

◆ ブロッコリーの生理障害発生事例

- 埼玉県のブロッコリー産地で、花蕾内部の黒変症状が見られ、その多発圃場では、土壌中の加里、石灰、苦土含量が少発圃場に比べて約2倍と高い傾向にあった。
- 再現試験を行った結果、この発病は加里過剰によるもので、牛ふん堆肥の過剰施用に起因することがわかった。



ブロッコリー花蕾黒変症

花蕾黒変症発生と土壌中交換性塩基含量

試験区	交換性塩基(mg/100g)		
	加里	石灰	苦土
発病少	54	151	26
発病多	113	350	61

2. 質疑応答