第73回北海道総合 農学研究会 夏季農業実験実習

土壌診断と作物生育の改善

佐久間 太 雪印種苗株式会社

自己紹介

佐久間 太

雪印種苗株式会社 研究開発本部 園芸作物・花卉研究 I グループ 兼 植物機能性研究 I グループ 課長 • 2001年 雪印種苗株式会社入社、北海道研究農場 作物研究室に配属

北海道向け緑肥作物の開発と普及に従事

- 2018年 千葉研究農場に異動、植物機能性研究グループ立ち上げ
- 2019年 北海道研究農場に異動、研究企画室と植物機能性研究 I グループを兼任
- 2022年から現職
- Biofumigation Cropカラシナ「辛神」、キタネグサレセンチュウ増殖率の低いライムギ「R-007」、ジャガイモシストセンチュウ対抗植物トマト野生種「ポテモン」を開発
- 主要な研究テーマ: **緑肥作物を利用した土壌病害虫対策(専門:植物病理学)**

本日のアジェンダ

- 1. 土壌と施肥管理について
- 2. 根と土壌環境
- 3. 化学性診断とその対策
- 4. 物理性診断とその対策
- 5. 生物性診断とその対策
- 6. 土壌診断と処方箋の作成(演習)
- 7. 土壌改良と施肥設計 (演習)
- 8. 補講: 緑肥作物の利用(土壌病害、有害線虫対策)

本講義資料は(一般財団法人 日本土壌協会 2023) (https://www.doiken.or.jp/textbook.html)、農林水産省参考資料を参考にして作成しています。

土壌と施肥管理について

農地の土壌管理と養分の変化

農地土壌の現状と課題(平成20年3月)

地力增進基本方針(平成20年)

土壌分析結果を評価するための目安

適正な施肥を行うためには、都道府県の「施肥基準」に則した施肥を行うほか、定期的に土壌分析を行い、 その結果を「土壌診断基準値」と照らし合わせてほ場 の状態を把握し、ほ場に肥料成分が過剰に蓄積してい る場合には、「減肥基準」を参考に肥料の種類や施肥 量を見直すことが重要です。<農林水産省HPより>

土壌分析結果については各都道府県の土壌診断基準、適正施肥については都道府県の施肥基準がある(農林水産省)。

土壌分析結果に基づく処方箋作成が できる人材の育成

国、県、JA全農などによる営農指導員向け研修が進んでおり(肥料高騰に対応した施肥改善等に関する検討会中間取りまとめ報告書関係資料)、今後も指導アドバイザーの重要性が高まっている。

農林水産省もみどりの食料システム戦略で、化学肥料の使用量低減に向けた技術開発と普及を行い、2050年までに化学肥料30%削減を目標に掲げている。

化学肥料の使用量低減に向けた 技術革新

化学肥料30%低減

- > 土壌微生物機能の完全 解明とフル活用による 無肥料栽培の拡大
- ▶ 画期的に肥料利用効率の 良いスーパー品種の育種 と普及による減肥栽培の 拡大

- 未利用資源からの高度肥 料成分回収技術の確立
- > 土壌・作物データを活用 したスマート施肥システ ムの実現
- ▶ 未利用資源からの高度肥 料成分回収技術の確立
- ▶ 土壌・作物データを活用 したスマート施肥システ

- AI等を活用した土壌診断
- 安価で流通に適した有機質取 資材(ペレット等)の開 発・普及
- ▶ J-クレジット制度を活用し た堆肥施用の促進
- 質資材(ペレット等)の 開発・普及
- J-クレジット制度を活用 した堆肥施用の促進
- ▶ J-クレジット制度を活用

- > ドローンによる ピンポイント施肥
 - ▶ 作物の生育タイミング に合わせた肥効調整型 肥料の高度化
- 耕畜連携による環境負 荷軽減技術の導入
- > 有機農業の拡大

- ▶ ドローンによる ピンポイント施肥
 - 作物の生育タイミング に合わせた肥効調整型 肥料の高度化
- 耕畜連携による環境負 荷軽減技術の導入
- ▶ 有機農業の拡大

- ドローンによる ピンポイント施肥
- 作物の生育タイミング に合わせた肥効調整型 肥料の高度化
- ▶ 耕畜連携による環境負 荷軽減技術の導入
- 有機農業の拡大

- ▶ 安価で流通に適した有機
 - 質資材(ペレット等)の 開発・普及

 - ドローンによる ピンポイント施肥
 - ▶ 作物の生育タイミング に合わせた肥効調整型 肥料の高度化
 - ▶ 耕畜連携による環境負 荷軽減技術の導入
 - ▶ 有機農業の拡大

2020年

27

2030年

技

2040年

2050年

みどりの食料システム戦略から抜粋

また、世界的には以下の4つの活動が最優先だと言われている世界土壌資源報告:要約報告書。(2016)

- 持続可能な土壌管理により、我々の中で最も食料不足の人々に健全な食料の供給を増加することが出来る。特に、人々の生活が最も脆弱な地域において、それ以上の土壌劣化を最小限に止めるとともに、すでに劣化してしまった土壌の生産性を回復するべきである。
- 地球規模での土壌有機物(土壌有機炭素および土壌生物)蓄積を安定化または増大させるべきである。各国は自国に適切な土壌有機炭素の改善管理方策を特定し、その実行を図るべきである。また、各国は、安定した、またはより蓄積側に向いた土壌有機炭素の収支を国レベルの目標値として挙げ、その達成に努めるべきである。

教育および啓発活動

土壌および土地資源に関する知識は持続可能な土壌管 理を実現する基礎である。土壌に関する知識は正規教 育に取り入れるべきであり、学校教育の全てのレベル で行うことが望ましい。いくつかの国では土壌に関す る理解を基準に、それを利用した文化、社会、科学そ して経済など幅広い教科を教える総合的で創意工夫に 富んだカリキュラムを展開している。より高度になる と、生態学、森林学、農学、地理学、水文学や他の環 境科学のような関連する分野との関係だけでなく、十 壌科学のさまざま な分野 (たとえば、土壌物理、土壌 化学、十壌生物学およびペドロジー)を網羅すべきで ある。

正規教育システムにはまた、アウトリーチ活動、職業 訓練および公開講座に対する什組みも必要である。一 部の地域では、十地に対する知識は十着文化と伝統に 深く組み込まれており、この知識を育み、支援するこ とが求められる。この政策方針には、国家が持続可能 な十壌管理を達成するための十分な理解と教育を、正 規教育および課外教 育のシステムが協調して提供して いるかどうかを評価することが最低限必要である。十 壌管理に直接的に関わる 政策方針には、その活動の有 益性、持続性を保証するための十分な教育が求められ る。-世界世界土壌資源報告:要約報告書

近年では、土壌医検定を受験する方も増えている。

根と土壌環境

! Important

土壌環境の変化の影響を受けるのは根となるため、健全な働きができるようにすることが重要。

土壌の役割

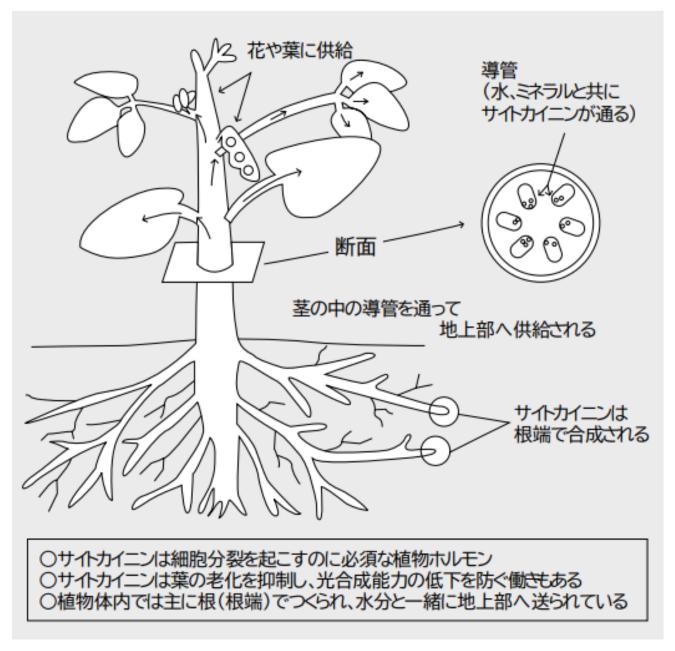
- 作物体を支え、受光態勢をつくる
- 作物が必要とする水および酸素を根から供給
- 作物へN、P、Kなどの養分を根から供給
- 養水分や土壌微生物相の変化などを和らげる(土壌の緩 衝能)

土壌の緩衝能

- 土壌の地温温度の変化幅を小さくする
- 養分やpHなどが急激に変化しないよう調整する
- 多様な土壌微生物により、作物に害を与える植物病原菌の急激な増加を抑える

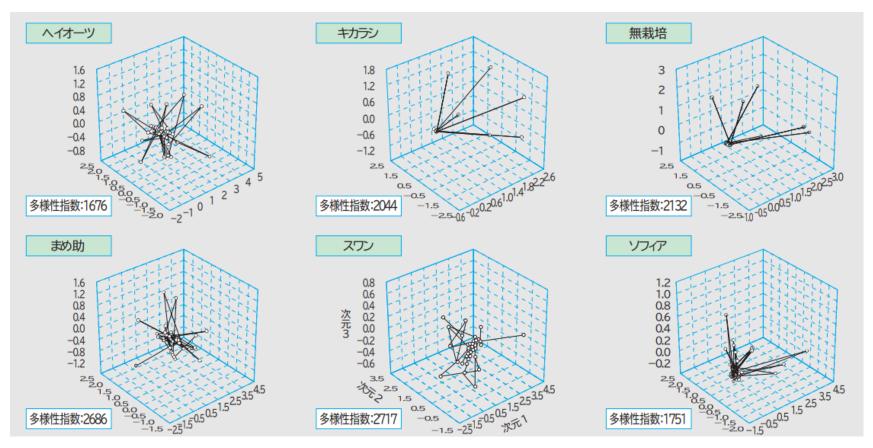
根部の働き

- 養分の吸収
- 生育調整物質(植物ホルモン)を合成する



サイトカイニンの植物体内での移動(牧草と園芸、2001)

• 根圏の微生物相を豊かにする

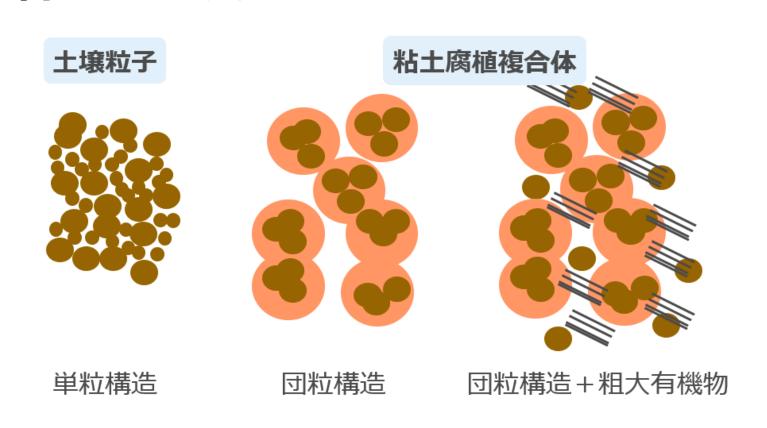


異なる緑肥作物栽培後の土壌細菌群集の構造(牧草と園芸、2002)

• 養分の貯蔵

土壌構造

土壌の団粒はおもに有機物の施用によって増殖する土壌の 生物によって形成される。団粒構造の発達により、水はけ が良く水持ちもよくなる。



土壌の構造

近年の土壌環境における問題

- 過剰な施肥と同一資材を連用することに起因する塩類集 積、養分バランスの崩れ
- 堆肥投入量の低下による地力低下
- 連作による土壌病害虫の発生
- 土壌排水性の問題(大型機械による硬盤層の形成、ゲリラ豪雨など)

! Important

分析機関が対応でき、養分バランスの崩れなどから化学性診断が最も重視されているが、今後は物理性・生物性診断も取り組む必要があるだろう。

化学性診断とその対策

作物に必須な元素

以下の17種類となっている。

• 必須多量要素

炭素、水素、酸素、窒素、カリウム、カルシウム、マグネ シウム、リン、硫黄

特に窒素、リン、カリウムは肥料3要素と呼ばれている。

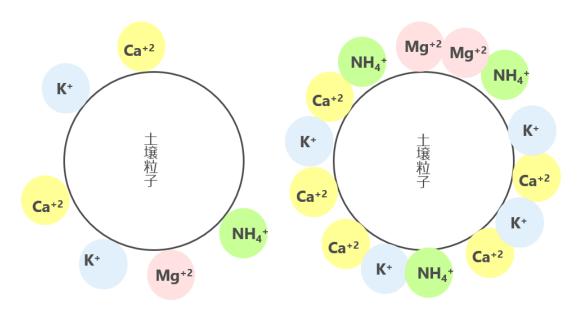
• 必須微量要素

マンガン、ホウ素、鉄、銅、亜鉛、モリブデン、塩素、ニッケル

主要な土壌診断項目について

土壌の特性を把握するための診断

• 陽イオン交換容量(CEC)・・・土壌の保肥力の目安。 CECが低い土壌では、養分過剰の場合に根が濃度障害を 受けやすくなる。この場合は、施肥する場合に一回あた りの施肥量を少なくして追肥で対応が必要。



陽イオン交換容量の模式図

- リン酸吸収係数・・・リン酸が固定される割合を把握する。施肥したリン酸の大部分は、土壌中でカルシウム、鉄、アルミニウムなどのイオンと結びつく。鉄やアルミニウムと結びつくと、水に溶けにくい難溶性のリン酸となり作物に吸収されにくくなる。pHが低下すると、活性アルミニウムの溶出が増えてリン酸が固定される。特に黒ボク土では、リン酸の固定割合が高くなる。
- 腐植含量・・・土壌中の有機物の蓄積量。土壌有機物量とほぼ比例するため、炭素含量に係数1.72を乗じて算出される。完熟堆肥等の施用に高めることができるが、高めすぎると(地力窒素が発現するため)収量や品質が低下したり悪影響もある。

土壌の酸性・アルカリ性

• pH・・・各種養分の溶解性に影響するため、肥効に関係 する。作物の種類によって生育に好適なpHがあるなど、 土壌診断の基本となる項目である。一般的にはpH7を中 性、7未満を酸性、7より高ければアルカリ性というが、 土壌学ではpH6.5付近を中性と呼ぶこともある(2003)。特 殊な作物を除いて、pH6.0~6.5で最も生育が良く、6.5~ 7.0以上ではホウ素やマンガンなどの微量要素欠乏が起こ りやすい。

	酸性					アルカリ性	
рН	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	
作物の適正	茶 ブルーベリー			ホウレンシ レタス	ウ		
生育障害と養分 の溶解性	Al. Fe Mn. B						
土壌病害の発生	根こぶ病					モリブデンは逆	
				ジャガ	イモそう	か病 	

pHと作物、養分の溶解性、土壌病害との関係

土壌の塩類濃度

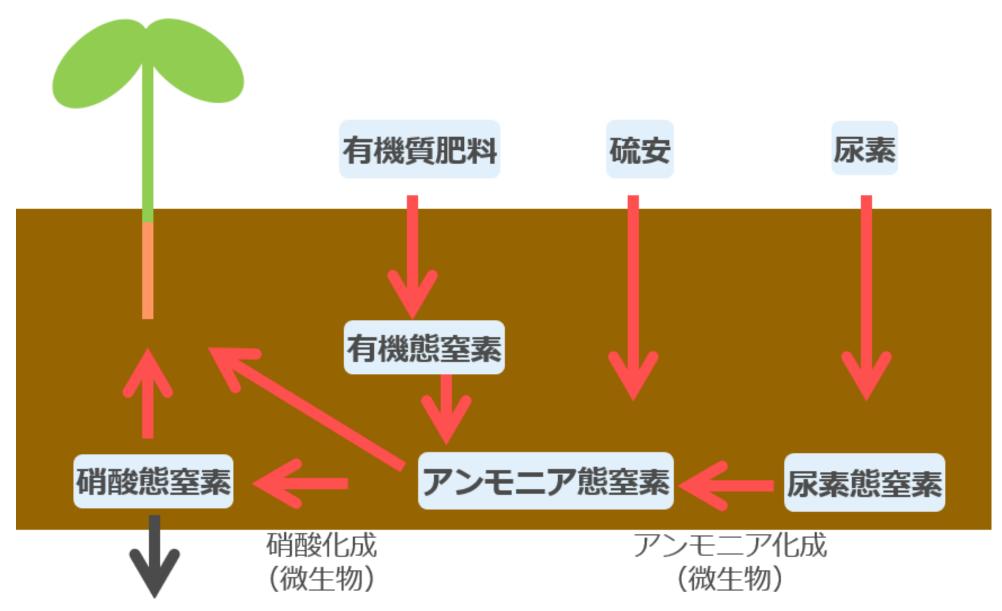
• EC・・・電気伝導度。塩類濃度や根の濃度障害の目安。 塩類濃度が高いと根からの水分吸収が妨げられたり、硝 酸化成菌の活性が下がってアンモニアが蓄積し、障害を 起こすこともある。濃度障害が引き起こされる要因とし て、①過剰な肥料や堆肥の施用による硝酸イオンやカリ 等の蓄積、②化学肥料の副成分(硫酸イオン、塩素イオ ン)の残留がある。特に施設栽培は降雨による地下浸透 が少ないため、化学肥料の副成分がとどまりやすい。

1以上だと濃度障害を受ける可能性があり、保肥力(CEC)が低い圃場でECが高まりやすい。無機質肥料では硫酸塩よりも塩化物がECを高めやすく(イオン化されやすい)、リン酸質肥料は硫酸・塩酸化合物と比較してECを高めにくい。もちろん、有機質肥料でもたくさん施用すれば塩類濃度は高まる。

土壌養分

• 窒素・・・作物の生育に大きく影響する。全窒素と無機 熊窒素(アンモニア熊窒素、硝酸熊窒素)がある。大部 分は有機態窒素で存在し、(作物残渣や堆肥など)、十壌 微生物によって少しずつ分解される。この窒素を地力窒 素というが、一部の機関で可給態窒素として分析されて いる。施設栽培では窒素肥料の大量施用、土壌pHの変化 や温度の上昇でアンモニアガスや亜硝酸ガスが発生する ことがある。アンモニア熊宰素が多くなった場合、アブ ラナ科作物、ナス科、ヒユ科の順で影響を受けやすい。

アンモニア態窒素(プラスの電荷)が土壌中に多くなると、拮抗作用でカルシウムとマグネシウムの吸収が低下、畑作物ではアンモニア態窒素分析値が25mg/100g以上で生育障害を起こす可能性が高くなる。



畑土壌中における窒素の動態

• 有効態リン酸・・・一般的に作物の生育初期に特に必要 とされるが、作物によるリン酸の吸収量は施肥量の10% 程度と言われている(窒素:30~40%やカリ:40~50% よりも少ない)。土壌中でアルミニウム、鉄などと結合 しやすい(特に土壌pHが低い場合)。土壌pHが5.5~6.5 でリン酸の溶出が多いと言われている。低温で吸収され にくいため、温度の低い地域や温度の低い時期の作型で リン酸を多めに施用することがある。

一般的に過剰障害が出にくいとされているが、リン酸が過剰の場合に①カリウム、カルシウム、マグネシウムの含量低下、②亜鉛や鉄の吸収抑制などの被害が出ることがある。一般に可給態リン酸の適正下限値は10mg/100gで、100mg/100gを超えると収量があまり変わらなくなる(作物による)。300mg/100gを超過すると、過剰症状が発生しやすくなる。

塩基類(交換性カリウム、交換性マ グネシウム、交換性カルシウム)

カリウム・・・同化産物の転流を促進する働きがあり、 果実類やサツマイモなどのイモ類の肥大に影響する。よ って、果菜類、いも類、まめ類は比較的要求度が高い。 作物体内部で移動しやすいため、欠乏症状は古葉より現 れ窒素施用量が多いと出やすい。カリウムは贅沢吸収さ れ、特にマグネシウムとの拮抗作用でマグネシウム欠乏 症状を誘発する可能性がある。交換性カリウムは50~ 60mg/100g程度で十分とする作物が多い。

マグネシウム・・・葉緑素の構成要素であるため、不足 すると葉の葉脈間の退色(クロロシス)を発生させる。 作物体内を移動しやすいため、欠乏は下位葉、果実では 着果付近の葉から症状が現れる。一般に大豆などの油脂 作物と果実がつく果菜類、ブドウなどの果実類で要求度 が高い。土壌中の交換性マグネシウム含量が10mg/100g 以下となると、多くの作物で欠乏症状が発生する。塩基 間のバランスを考慮して、Mg/Kのミリグラム当量比で2 ~6程度が望ましいとされている。

• カルシウム・・・細胞内の各種膜構造体や核形成の構成 材料とされており、頂芽や根の生育促進、土壌pHを調節 する働きがある(土壌への吸着親和性が高いため、土壌 溶液濃度には反映されにくい)。作物体内では移動しづ らいため、生育の盛んな部位で欠乏症状が出やすい。① 土壌塩類濃度(EC)の高まり、②他の塩基が過剰、③土 壌消毒後(微生物による硝酸化成が進みにくい)、④土 壌水分不足で欠乏症状を引き起こすことがある。特に八 ウスなどの施設ハウスでは事例が多い。

微量要素(マンガンやホウ素など)

(i) Note

pHや土壌水分、養分間の拮抗作用により問題となる場合がある。

• マンガン・・・葉緑体の形成に関与するため、欠乏すると葉脈間の黄化を生じる。作物体内で再移動しにくく、上位葉に欠乏症状が出やすい。石灰施用によりpHが6.5以上で、特に土壌が乾燥している場合は欠乏症状が出やすい。また、鉄、銅、亜鉛の過剰はマンガンの吸収を抑制する。逆にpHが5.0以下、または透水性不良で過湿になりやすい土壌では過剰症が発生しやすい。

ホウ素・・・作物体内で細胞壁の構造維持に必要であるが、再移動しにくいため生長部位に欠乏症状が出やすい。欠乏症状例では保水力が弱く腐植の少ない土壌、降雨が少なく高温・乾燥状態、石灰施用でpHが7.0以上の場合が多い。特にアブラナ科野菜のホウ素要求性が高いので注意が必要。

塩基飽和度と塩基バランス

• 塩基飽和度・・・土壌の陽イオン交換容量がカリウム、 マグネシウム、カルシウムでどのぐらい満たされている かの指標。塩基類の蓄積に起因する生育障害診断の指標 として重要とされている。塩基類の蓄積による生育障害 は、pHの上昇あるいは土壌養液濃度の高まりにより養分 が吸収しにくくなることが要因としてあげられる。この 養分濃度の高まりは、陽イオン交換容量(CEC)によっ て大きく左右される。

塩基飽和度(%) =
$$\frac{$$
交換性塩基総量 $(meq)(CaO + MgO + K_2O)}{$ 陽イオン交換容量 (meq)

塩基飽和度が100%を超える場合、土壌養液に溶けだしている塩基が多くなるので、ECが高まり塩類濃度障害が出やすくなる。通常、酸性矯正をする場合にpHを測定して石灰量を計算して施用することが多いが、塩類集積したハウスなどではカルシウム含量などの塩基類の含量は高いが、pHは低いという場合もある(硝酸イオン、硫酸イオンが流亡していない)。

i Note

各塩基1ミリグラム当量(meq)と土壌分析結果で表されるmg/100gとの関係は、 カルシウム28mg、マグネシウム20mg、カリウム47mgとなっている。 塩基バランス(Mg/K、Ca/Mg)・・・カリウム、マグネシウム、カルシウム間にはそれぞれ拮抗作用がある。一般的にMg/K(当量比)やCa/Mg(当量比)が診断項目として利用される。目安はMg/Kで2~6、Ca/Mgで4~8と言われている。

化学性診断結果への 対策

pН

- pHが低い・・・石灰資材を投入する。アレニウス表が簡易法として使われるが、腐植含量の多い土壌で緩衝能が高いので対象圃場の土壌に石灰資材を加えてpHを測定し、対象土壌の緩衝曲線を作成することが望ましい。
- pHが高い・・・石灰資材の投入をやめることに加えて、酸性肥料(硫安などの生理的酸性肥料)を利用する。積極的にpHを低下させる資材として、ピートモス、硫黄華、硫酸第一鉄などがある。

EC

- 作物の生育特性によって適正ECがある。
- 作付け前の土壌でECが適正範囲を超える恐れがある場合には、減肥や塩類濃度を高めにくい肥料を利用する。可能であればクリーニングクロップを導入して除塩、周辺環境への影響が少ない場合は湛水除塩も検討する。
- ECが高い・・・窒素肥料や加里肥料を減らす、塩類濃度 を高めない肥料の利用(塩化系は避ける)、クリーニン グクロップの利用、湛水除塩、深耕

土壌分析値(mg/100g)をkg/10aの養分量に換算する 圃場の土壌重量(10aあたり)は以下で算出される。

仮比重 × 作土深
$$(m)$$
 × 面積 $(1,000m^2)$

(例) 仮比重1.0で作土深10cmの場合、

$$1.0 \times 0.1(m) \times 1,000(m^2) = 100t/10a$$

となる。

- (例)無機態窒素土壌分析値5mg/100g、仮比重1.0、作土深10cmの場合は、圃場の土壌重量(10aあたり)が100t/10aとなるため、5kg/10aの作土中無機態窒素含量になる。
- (Q) 無機態窒素土壌分析値11mg/100g、仮比重0.9、作土深15cmの場合は、●●kg/10aの作土中無機態窒素含量となる。

- クリーニングクロップ・・・一般的に長大作物(ソルガム、トウモロコシなど)が用いられ、窒素とカリ成分はよく吸収する。一方、カルシウムやマグネシウム、リン酸はあまり吸収しない(経験上、カルシウムとマグネシウムは8~9%ぐらい吸収する)。十分に生育させたあとに、刈り取って圃場外へ持ち出す必要がある。
- 湛水除塩・・・ハウスに水をためて湛水処理を行い、除塩する方法。長期湛水(20日程度)と組み合わせると、土壌病害虫への対応も可能である。ただし、リン酸はほとんど除去されないこと、地下水などへの影響が懸念される場所では注意が必要。一般的にクリーニングクロップより効果が高い。

深耕・・・作士の下層まで養分蓄積がしていない圃場では、プラウやトレンチャーで深耕することによりECを低下させることが可能。ただし、深耕により各種養分が低下するので、極端な対応でないかぎり少しずつ深く耕すほうが良い。

腐植含量

• 腐植含量が低い・・・堆肥をやや多めに施用する。

窒素

• 作付け前の無機態窒素含量が多い場合は窒素施肥を減肥する。例えば、作付け跡の無機態窒素含量が10mg/100gあった場合には、10aあたり10kgの窒素施肥量(仮比重1.0で作土10cmのケース)に相当する。残存窒素含量を見やすにしながら、施肥設計を行う。

リン酸

• 作付けする作物に合った水準にする。

(例1) 土壌中有効態リン酸含量3mg/100g(ただしリン酸吸収係数が低い場合)で、熔成リン肥(ようりん)施用により10mg/10aにあげたい。

①不足リン酸量

$$10mg - 3mg = 7mg/100g$$

②作土10cm、仮比重0.7の10aあたりに必要なリン酸量

$$7mg/100g \times 1000m^2 \times 0.1m \times 0.7 = 4.9kg$$
(成分量

③熔成リン肥はリン酸含量20%なので、熔成リン肥の必要量

$$4.9 \times 100/20\% = 24.5 kg/10a$$

(例2) 土壌中有効態リン酸含量3mg/100g(ただしリン酸吸収係数が1,500~2,000の火山灰土壌)で、熔成リン肥(ようりん)施用により10mg/10aにあげたい(リン酸吸収係数に応じた施肥倍率(2023))。

リン酸吸収係数	不足リン酸1mg当たり リン酸施用量 (P ₂ O ₅ mg/100g)	作物のリン酸 利用率の目安	備考
2,000以上	12	6~10	腐植質火山灰土壌
2,000~1,500	8	$10 \sim 15$	火山灰土壌など
1,500~700	6	$15 \sim 20$	洪積土壌
700以下	4	$20 \sim 30$	沖積土壌

リン酸吸収係数とリン酸必要量との関係(2023)より抜粋

上記例1で算出した24.5k/10aの8倍となる196kg/10aが計算上必要となる。ようりん以外のリン酸資材を用いる場合は、リン酸含有量を考慮して換算する。

• リン酸は土壌中で固定されやすく過剰害が出にくいた め、過去から多く投入されており蓄積している圃場が多 い。硝酸態窒素やカリウムに比べて流亡しにくいので、 施肥量を減らすことが基本。有効態リン酸含量が 300mg/100g以上と過剰な場合は、畑作で鉄などの欠乏症 が発生しやすくなる。この場合はリン酸を無施肥とし、 深耕して下層土(リン酸含量が低い場合)が混ざるよう にする。

塩基類

塩基飽和度や塩基バランスをみながら、カリウム、マグネシウム、カルシウムの施用を実施する。カリ過剰の場合は減肥が基本であるが、クリーニングクロップや湛水除塩の利用も検討する。マグネシウムは土壌中の交換性マグネシウム含量が10mg/100g以下になると欠乏症状が発生しやすいため、低い場合には硫酸マグネシウムなどを施用する。

肥料の分類

2通りの分類方法があるが(化学的、生理的)、施用された肥料の有効成分が植物に吸収されたあとに残留した成分が土壌にもたらす化学的な変化着目した生理的な分類方法が重要とされている。

肥料名称	化学的 pH による分類	生理的 pH による分類
硫安	酸性肥料	酸性肥料
塩安	酸性肥料	酸性肥料
硝安	酸性肥料	中性肥料
尿素	中性肥料	中性肥料
石灰窒素	アルカリ性肥料	アルカリ性肥料
硝酸石灰	中性肥料	アルカリ性肥料
りん酸一安(MAP)	酸性肥料	中性肥料
りん酸二安(DAP)	アルカリ性肥料	中性肥料
過りん酸石灰	酸性肥料	中性肥料
重過りん酸石灰	酸性肥料	中性肥料
ようりん	アルカリ性肥料	アルカリ性肥料
硝酸加里	中性肥料	中性肥料
塩化加里	中性肥料	酸性肥料
硫酸加里	中性肥料	酸性肥料
	-	

化学肥料の分類 (BSI生物化学研究所HPより)

物理性診断とその対策

分析できる機関が少ないため、自前で調査することが多い。大型農業機械の普及、堆肥施用量が減少していることもあり、土壌自体の硬さ、そして耕盤が形成されている圃場も見られている。



大雨による影響を受けたタマネギ(2016年北見市)

土層の深さ

- 有効土層・・・作物の根が十分に伸長する可能性のある 全土層であり、作土層とは区別される。概ね土壌硬度で 29mm以上までと言われている。
- 作土層・・・作物の根が水分や養分吸収のため伸長できる土層。農具、農業機械で耕起する深さが目安。処理層の下に硬盤相ができることがある。一般の野菜、畑作物であれば、25cm以上あれば十分。ダイコンなどの根菜類では30cm以上、ゴボウでは60cm以上あることが望ましい。

土壌のかたさ

- 土壌硬度・・・根の伸長に大きく影響する。山中式土壌 硬度計がよく利用される。穴を掘らないタイプの貫入式 土壌硬度計もある。多くの作物では山中式で20mm前後 から根量が減少する。貫入式土壌硬度計の場合、山中式 20mm前後は1.5MPaとなる(https://jsoil.net/driven/pdf/tkaigi02_5.pdf)。
- 仮比重・・・下記の通気性にも関与するが、単位容積 (100ml) あたりの土壌固相重量の値。膨軟であるほど 値は小さく、圧密状態だと高くなる。黒ぼく土では0.8、 非火山灰土で1.3~1.4を超えると注意。

(例) 土壌100mlの重さが100gで、20gの水分が含まれている場合の仮比重

$$(100g - 20g) \div 100g = 0.8$$

土壌の通気性

- 三相分布・・・固相(土壌粒子や腐植など)、液相(土壌水)、気相(空気)があり、各容積の割合。望ましい気相率は20~30%、10%以下で生育に障害が生じる可能性がある。
- 孔隙率・・・液相率と気相率との和。土壌粒子間のすき間で水と空気で満たされる部分の割合。

(例) 簡易的だが、仮比重がわかれば土壌三相計がなくて も大まかに把握することができる。

https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyu

土壌三相計が無くとも、100mL の円筒で採取した土壌の全重量(W g)と、これを 105 ℃で乾燥した乾土重(S g)と、土壌の真比重(d)から、次の式により固相率、孔隙率を求めることが出来る。真比重はピクノメーターを用いて測定しなくてはならないが、有機質土壌や腐植に富む土壌以外は、便宜的に表-1 の値を用いてよい。

 固相率
 S v (%) = S / d

 孔隙率
 P (%) = 100 - S v

表-1 土壌の真比重

土壌の母体	最小値	最大値	代表値
花こう岩、安山岩等	2. 53	2. 72	2. 60
輝緑岩、蛇紋岩等	2. 72	3. 06	2. 80
緑泥片岩等	2. 69	2. 93	2. 80
砂岩、頁岩、泥岩等	2. 49	2. 68	2. 60
洪積土壌	2. 60	2. 71	2. 60
沖積土壌	2. 55	2. 62	2. 60
火山灰土壌	2. 35	2. 65	2. 50

簡易測定法

(例) 仮比重0.8、真比重2.5とすると、孔隙率(%) は

(1 - 仮比重 ÷ 真比重) × 100 = 68

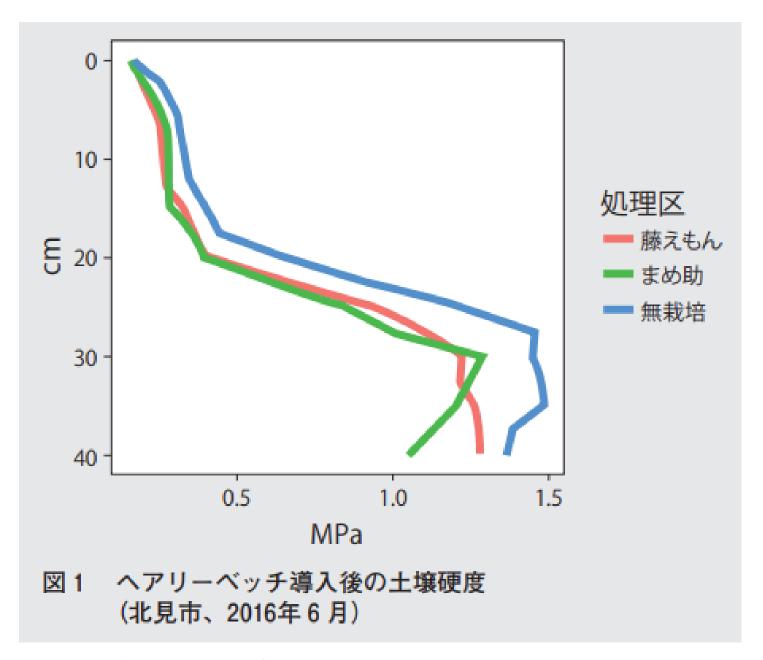
物理性診断結果への対策

有効土層、作土層

深耕・・・プラウ耕(表層土と下層土を反転)などが用いられ、硬盤層破壊にサブソイラーなどが有効。深耕した場合は、土壌中の肥料成分が薄まるため、増肥する必要あり。

土壌硬度、仮比重

- 堆肥等の有機物の施用・・・ある程度経年で利用する必要がある。牛ふん堆肥など比較的C/N比の高い資材が有効。
- 緑肥作物のすき込み・・・一般的に長大作物(ソルガム類)が利用される。



ヘアリーベッチ導入後の土壌硬度(2019)

三相分布、孔隙率

- 堆肥等の有機物の施用
- 緑肥作物のすき込み
- 土壌改良資材の施用・・・透水性改良効果の資材としてパバーミキュライトなど、保水性改善効果の資材としてパーライトなどがある。バーミキュライトの土壌施用により(固相容積が小さく、気相率を高める作用により)、通気性や水分保持力が高まる。パーライトは土壌混合により、粗孔隙と有効水分保持力があがる。

生物性診断とその対策

専門性が高いため、特定の機関(公的試験場、大学など)に依頼する必要あり。道内では十勝農業協同連合組合などで可能。

土壌病害

対象病害により、選択培地などを利用した定量法が報告されている。



GPA培地表面

アズキ落葉病菌の特定培地 上での菌叢



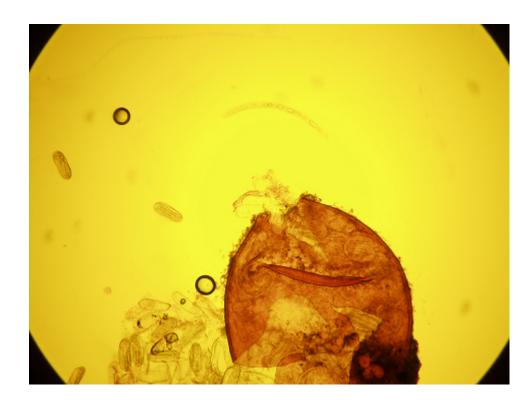
GPA培地裏面

植物寄生性線虫

主として、ネコブセンチュウ、ネグサレセンチュウ、シストセンチュウがあげられる。ベルマン法により土壌から分離して光学顕微鏡あるいは実体顕微鏡で観察しながら計数する。シストセンチュウの場合は、乾燥土壌からフェンウィック法などを用いてシストを分離、シストを破砕して卵数をカウントする。



キタネグサレセンチュウ



ダイズシストセンチュウ

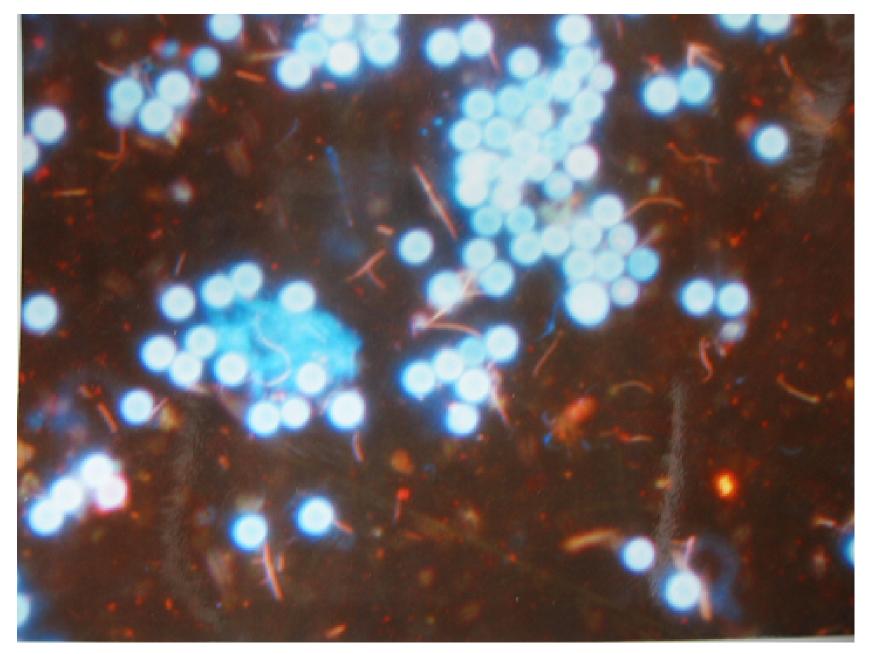
生物性診断結果への対策

要防除水準

日本植物防疫協会が提供する都道府県が設定している要防 除水準を参考にする。

作付け体系の改善

• 輪作・・・連作による微生物相の単純化、特定病原菌の増加などを抑制する。基本は異なった科と組み合わせが良い。土壌病原菌は土壌中で休眠胞子や厚膜胞子などの耐久器官で数年以上生存する。病原菌密度が高い場合には、効果が発現するまで時間がかかるため、病原菌密度が高まる前に(病気の汚染が進む前に)輪作をしなければならない(病原菌密度を低いレベルで維持する)。



アブラナ科野菜根こぶ病菌の休眠胞子

・対抗植物・・・植物寄生性線虫に対しては土壌中の密度 を顕著に減少させる対抗植物が報告されている。草種とし て線虫密度低減効果を持つことが多いが、品種間差もある のでメーカーのカタログ等で確認をすることが重要であ る。

土壌管理と施肥設計

• アブラナ科根こぶ病は土壌pHを7.0程度まで矯正することでリスクは小さくなる(病原菌密度にもよるが)。ジャガイモそうか病はアルカリ性土壌で発病がひどくなるので、pHを5.0前後で管理している(北海道など)。

- 窒素・・・過剰になると作物体が軟弱になり、被害を受けやすくなる。
- リン酸・・・過剰は発病を助長する傾向があると報告されている。アブラナ科根こぶ病はリン酸過剰だと遊離したアルミニウムとリン酸が結合するため、根こぶ病菌が土壌に吸着されにくくなり、発病リスクが高まる。ジャガイモそうか病もリン酸過剰で土壌中のアルミニウムとリン酸が結合してリン酸アルミニウムとなり、発病程度が高まる。
- カルシウム・・・作物体中のカルシウム含量が低下すると、病原菌に侵入されやすくなる。

熱による土壌消毒

太陽熱土壌消毒、土壌還元消毒、蒸気土壌消毒、熱水土壌消毒などがあり、残留性や耐性菌が発生しないなどのメリットがある。コストや処理期間などを考慮しながら実施する。熱水あるいは蒸気消毒処理の場合、マンガンが交換性に変化して過剰症状が出やすくなる。

化学合成農薬による土壌消毒

病原が高密度になった場合は、化学合成農薬の使用が効果的である。D-D、ダゾメットなどがある。

その他

- 土壌消毒剤低減のためのヘソディムマニュアル
- 土壌病害診断AIアプリ「HeSo+(ヘソプラス)」

参考文献

- 一般財団法人 日本土壌協会, ed. 2023. 新版 土壌診断と作物生育改善 改訂版. 一般財団法人 日本土壌協会.
- 宮本拓磨. 2019. "北海道におけるマメ科緑肥作物の利用方法について." 牧草と園芸 67:8-11.
- 後藤 逸男, ed. 2003. 農家のための土壌学【四訂版】. 東京農業大学土壌学研究室. 高田裕介、和頴朗太、赤羽幾子、板橋 直、レオン愛、米村正一郎、白戸康人、 岸本(莫)文紅、長谷川広美、八木一行. 2016. "世界土壌資源報告:要約報告書." 農環研報 35: 119-53.