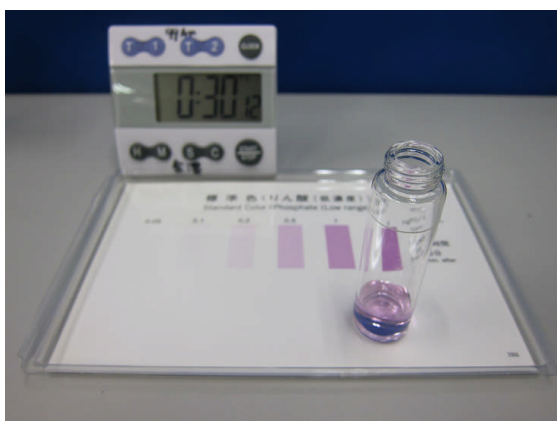


簡易測定用試薬と簡易吸光度計を用いた 畑土壌分析マニュアル (Ver. 1.2)



2013年10月

(独) 農研機構・中央農業総合研究センター

土壤肥料研究領域

はじめに

施肥の基本は、作物にとって不足する養分を適時・適量を適切な方法で土壌へ補給することです。したがって、土壌診断をおこなって土壌の養分状態を知ることが、適正施肥の第一歩となります。

2008年の肥料価格の高騰は記憶に新しく、適正施肥があらためて重要となっています。なかでも土壌中に蓄積しやすいリン酸は、これまでの施肥来歴次第では、さらなる施肥による養分補給の必要性が乏しいほどに蓄積している場合もあります。また、今まではリン酸過剰による作物の生理障害は起こりにくいとされてきましたが、近年そのような事例が報告されるようになってきました。施肥に先立って土壌中の可給態リン酸レベルを把握することは肥料コストを低減させるためだけでなく、土壌の健全性を保つためにも不可欠となっています。

しかし、現在汎用されている畑土壌中の可給態リン酸測定法は、強酸を含む抽出液を用い振とう機を使って土壌からリン酸を抽出し、強酸や重金属を含む試薬を用いた化学反応を行ってから機器分析を行うもので、実験室でこそ可能ですが、設備のない農業現場では実施不可能です。現場で簡単に評価する方法も提案されてきましたが、色見本と見比べた大まかな判定によることが多いため、せつかく測っても数値化することが難しく、記録に残して経年的な変化をみたり、異なる場所から採った土壌について比較するには不便でした。また、数値化したい場合には安いものでも数万円の吸光度計を用いる必要がありました。

そこで、こうした問題がなく、実験設備のない農業現場でも実施可能な新手法の確立をめざし、農林水産省委託プロジェクト「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト」の一部において試験を実施しています。このたび、土壌からリン酸を抽出してからそれを分析するまでの全行程にわたって、安全・簡単・低コストに定量できる土壌中水溶性リン酸の測定法を開発しましたので、本マニュアルでご紹介します。また、土壌から供給される養分を勘案した施肥の重要性は、リン酸に限らずその他の養分でも同様です。本マニュアルでは、近年開発された畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法や、土壌・作物体に含まれる硝酸態窒素の簡易測定法を応用しつつ、目視によらず簡単に詳しく数値化できる測定法も紹介します。

目次

第1章	不振とう水抽出リン酸	1
1.	開発した手法の概要、特徴、注意点	1
2.	簡易吸光度計を使用する際の注意点	1
3.	抽出法	2
4.	分析法	3
5.	Q & A	4
第2章	畑土壌可給態窒素（分析法）	10
1.	開発した分析法の概要、特徴、注意点	10
2.	簡易吸光度計を使用する際の注意点	10
3.	分析法	11
第3章	硝酸態窒素（分析法）	12
1.	開発した分析法の概要、特徴、注意点	12
2.	簡易吸光度計を使用する際の注意点	12
3.	分析法	13
追補	COD 測定のための簡易吸光度計の補正について	14

第1章 不振とう水抽出リン酸

1. 開発した手法の概要、特徴、注意点

- ① 土壤に精製水を加え、6～18時間静置してリン酸を抽出し、簡易測定キットの試薬と簡易吸光度計を用いて定量する方法です。
- ② 理化学機器を使わずに身近な道具のみで行うことができます。簡易測定キットや簡易吸光度計はインターネット販売などで入手可能です。
- ③ 毒・劇物薬品を使用しないので、廃液処理の必要はありません。
- ④ 簡易吸光度計の取扱説明書の注意書きは熟読してください。使い方は、取扱説明書とは若干異なる点がありますが、基本的には同様です。
- ⑤ この方法は、畑土壤を対象としています。
- ⑥ 抽出時には土壤と水の層の両方とも薄くする必要があります。
- ⑦ 本マニュアルの方法は、温度・時間の影響が比較的少ないものですが、抽出では25℃・6時間、分析では25℃前後・30分の条件で行った試験結果に基づいており、高温や低温での操作はなるべく避けてください。
- ⑧ 抽出や希釈には、精製水を使用して下さい。

2. 簡易吸光度計を使用する際の注意点

- ① 測定に使用するセルの表面に指紋や汚れがつかないように、注意して下さい。
- ② 抽出液が着色していたり、細かな土壤粒子が懸濁している場合、測定値が大きくなります。そこで、発色する前に吸光度を測定しておき(ここで得られる値をブランク値と呼びます)、発色後の測定値からこれを差し引く必要があります。[取扱説明書\(取説\)](#)と[ここでお示しする方法\(本法\)](#)では、この処理法が異なります。

具体的には、

- ◆ 始めにボタンを押して電源を入れる(取説・本法共通)。
- ◆ 発色前の検液(抽出液など)を入れたセルを装置へセットしてボタンを押し、ゼロ点調整する(取説)。
⇒ 精製水を入れたセルを装置へセットしてボタンを押し、ゼロ点調整(本法)。
- ◆ 検液に試薬を添加しボタンを長押しする。3分タイマーが表示され、3分後に自動的に測定値が表示される(取説)。
⇒ 測定したい試料(発色前の抽出液や発色後の検液)を入れたセルに差し替え、ボタンを短く押す。直ちに測定値が表示されるのでその値を書き取り、もう一度ボタンを押して電源を切る(本法)。

- ③ 測定は平らな机の上などで行い、測定中は装置に手を添えて揺れないようにして下さい。ゼロ点調整や試料の測定中に振動すると測定に時間がかかり、誤った値が表示されることがあります。万全を期すためには数回測定を繰り返し、異常値があればそれを除いた平均値を採用するとよいでしょう。

3. 抽出法

【器具など】

- 試料(風乾細土4g)
- はかり(最小表示0.1gのキッチンスケールなど)
- 時計
- 抽出容器(200mLビーカーなど、平底で土層厚を1～3mmにできるもの)
- 精製水(検体数 × 10mL)
- サランラップなど(抽出中の乾燥防止のふた)
- ろ紙(検体数 × 1枚、No.5C推奨)
- ろ液を受けるための容器(100mLビーカー、紙コップなど)
- スポイトなど(精製水を添加するためのもの)

【手順】

- ① 抽出容器に測定する試料の名前を書いたラベルを貼る。
- ② 風乾細土4.0gをはかり、抽出容器へ入れる。
- ③ カップやスポイトを用いて精製水10mL(または10g)を加える。
- ④ 水と土を緩やかに混ぜ*、ラップなどでふたをする。
* 長時間混合する必要はありませんが、土壌試料が水をはじくことがあり、その場合は水と試料が馴染むまでは混合して下さい。
- ⑤ 25℃前後の部屋に、6～18時間静置する。
- ⑥ ろ過を行い、ろ液を分析する。 ⇒ 4. 分析法へ

4. 分析法

【器具など】

- 抽出・ろ過したろ液
- 目盛付き 15mL プラスチック遠心管 (試料の希釈や反応のためのもの)
- タイマー(キッチンタイマー、ストップウォッチなど)
- 精製水(検体数 × 20mL + 10mL)
- 目盛付きスポイトなど数本(精製水や検液の出し入れや計量のためのもの)
- 低濃度リン酸用簡易測定キット
(パックテストりん酸(低濃度)、型式 WAK-PO₄(D)、(株)共立理化学研究所)
- 簡易吸光度計
(Checker HCシリーズ/吸光光度計/リン酸塩/HI 713、ハンナインストルメンツ・ジャパン(株))

【手順】

- ① 分析装置用セルに精製水を標線までいれておく(対照用)*。
* 精製水を入れたセルは、測定毎に繰り返し使用するため、専用とするとよいでしょう。
- ② ろ液0.5mL(または0.5g)を目盛付き 15mL プラスチック遠心管の中へはかりこみ、精製水を10mLの線まで添加し、キャップを閉めて混合する(20倍希釈)。
- ③ ステップ②で用いたものとは別の目盛付き 15mL プラスチック遠心管の中へステップ②で20倍希釈したろ液のうちの1.5mL(または1.5g)を移す*。
* 20倍希釈したろ液に明らかな着色やにごりがある場合、反応に用いない残り(8.5mL)を廃棄しないでください。ステップ⑦でブランク値の測定に使用します。また、1点のみ測定したい場合、ステップ③～⑥の操作を目盛付き15mLプラスチック遠心管ではなく、精製水を入れていないほうの分析装置用セルの中で直接行うこともできます。
- ④ リン酸簡易測定キット試薬1本をはさみで開封し、ステップ③で準備した20倍希釈ろ液へ添加して(タイマースタート)、よく混ぜる。その際、チューブ内の試薬がほぼ全量希釈ろ液内に添加されるように、逆さまにしたチューブの底を指ではじくなどするとよい。
- ⑤ 試薬を添加してから5分経過した段階でリン酸イオン用の色見本と見比べ、
(ア) 1ppm未満であれば、**希釈前のろ液0.5mL(または0.5g)を追加・混合し**、
(イ) 1ppm以上であれば、**そのまま**、さらに25分以上反応させる。
- ⑥ ステップ⑤で発色させた検液に精製水を追加して10mLとし、分析装置用セル(精製水入りの対照用セルではないほう)へ移し、測定する。
- ⑦ ステップ②で調製した20倍希釈したろ液に明らかな着色やにごりがある場合、試薬と反応させていない20倍希釈したろ液の残りを測定し、ブランク値とする。
- ⑧ 以下の式を用いて土壌中の水溶性リン酸含量(mgP₂O₅/100g)へ換算する。

<分析の際に**希釈前のろ液を追加した場合**(⑤(ア))>

$$[\text{測定値} - (\text{ブランク値} \times 1.15)] \times 1.74 \quad (\text{ステップ⑦省略時} \Rightarrow [\text{測定値}] \times 1.74)$$

<分析の際に**希釈前のろ液を追加していない場合**(⑤(イ))>

$$[\text{測定値} - (\text{ブランク値} \times 0.15)] \times 13.4 \quad (\text{ステップ⑦省略時} \Rightarrow [\text{測定値}] \times 13.4)$$

5. Q&A

【抽出段階について】

Q1 このマニュアルの抽出法では土と水の混ざり具合が十分とは思えません。測定値がばらつくのではないのでしょうか？

A1 粗粒な土の場合やリン酸肥沃度が極端に低い場合は、ややばらつきが大きくなる傾向がありますが、通常数%のばらつきで収まります。これは、抽出を行う際の土の層が薄く、水と十分に接触できるためと考えています。実際、抽出する容器の広さを制限し、抽出中の土が厚い層に堆積するようにすると、土層厚を薄くした場合よりも低い値となるほか測定値のばらつきが大きくなる傾向があります。

Q2 抽出法について、このマニュアルにある通り、振とうせずに土壌試料と水を混ぜたものを一晚静置したところ、上澄みのにごりはかなり少ないように見えます。ろ過をしなくても分析できるのではないのでしょうか？

A2 にごりが残る場合も少なくないため、本マニュアルではろ過することとしていますが、上澄みににごりがなければご指摘のようにろ過を省略できる可能性はあります。ただしこの場合、土壌が混入しないように、スポイトで静かに吸いとるなど、細心の注意が必要となります。

Q3 精製水ではなく、入手しやすいミネラルウォーターで抽出してもよいですか？

A3 ミネラルウォーターに含まれるカルシウム、マグネシウムなどはリン酸の抽出量を低くする傾向があるため、精製水など、入手できる範囲で純度の高い水を利用することをお勧めします。

Q4 抽出する時間に6～18時間と大きな幅があり、あいまいです。何時間が最適なのですか？

A4 この抽出時間の間であれば測定値が大きく変化しないため、利用者の都合の良い時間を選ぶことができるように、このような記載をしています。この方法では土壌粒子の崩壊が少ないため、振とうする方法に比べればろ過に要する時間は短い傾向であるものの、ろ過には20分位かかる場合もあります。この間も水と土の接触は続いているので、もしも時間指定があったとしても、それを厳密にまもるのは案外難しいことです。ただし、得られた結果を記録し、経年的な変化をみるような場合、抽出時間はもとより、抽出時の温度といった条件をなるべくそろえることは、この方法に限らずとても重要ですので、いったん都合の良い条件を決めたらなるべくそれに合わせるとよいでしょう。なお、本マニュアルの方法は、25℃で6時間抽出を行った結果を中心に設定したものです。

Q5 これまでいくつかの簡易分析法を実践したことがありますが、それらと比べ、このマニュアルの方法での抽出時間は最短でも6時間とあまりにも長いです。例えば1分間でも激しく振とうすれば相当時間短縮できるのではないですか？

A5 抽出されるリン酸の量が少ない、つまりリン酸肥沃度が低い場合には土と水を混合した後に直ちにろ過しても長時間静置した場合と大差のない数値が得られます。しかし、リン酸が大量に抽出される場合、抽出を開始してから早い段階で抽出量が飛躍的に増大する傾向を示します。このため、例えばろ過している間の抽出量の変化ですら無視できないものとなり、安定し

た値を得ることが難しくなります。本マニュアルでお示しする方法はリン酸減肥に活用していただくため、リン酸肥沃度の高い土壌を主要なターゲットとして開発したもので、このように激しく濃度変化が起きている最中に抽出を打ち切るような状況はその趣旨にそぐわないものです。

なお、本マニュアルでお示しする方法と同じ割合で土と水を混合してから連続的に振とうする方法¹⁾も提案されていますが、この場合でも3時間の振とうが必要とされており、激しい振とうを行ったとしても大幅な時間短縮は期待しがたいと考えています。また、その連続振とう法でも本マニュアルの方法より多くのリン酸が抽出されるわけではありません。本マニュアルにお示しする方法の利点を最大限活用していただくため、気長な話で恐縮ですが最低限6時間はお待ちいただくよう、お願いいたします。

Q6 抽出を始めたことを忘れてしまい、3日も経ってしまいました。初めからやり直しをしなければならないのでしょうか？

A6 1日以上 of 長時間の抽出やチャック付ポリ袋内での抽出といった、酸素欠乏状態になりやすい条件になると、リン酸抽出量が増加してしまう傾向があり、過大評価するおそれがあります。お手数ですがこうした場合は始めからやり直すことをお勧めします。

Q7 リン酸の水抽出法としては土1に対して水40を加えて振とうする方法などもあります。このマニュアルの方法では分析できる試料の液量が少なく心配ですが、もっと水を多くしても良いでしょうか？

A7 抽出に使用する水を増やすと、安定した値に到達するまでにかかる時間が増加してしまう傾向があること、また、抽出しているときの温度による影響が増大してしまう傾向があることが判明しており、現場で利用する方法としては本マニュアルにお示しする割合によるのが適当と考えています。

Q8 よく用いられるトルオーグ法やブレイ2法では抽出液に酸が含まれています。現場向けとはいえないのかもしれませんが、本当は土壌からリン酸を抽出するには酸が必要なのではないのでしょうか？

A8 植物は根から有機酸を土壌中へ分泌することが珍しくなく、酸を用いた抽出法は、この点では根圏の状況に似ているといえなくもありません。しかしながら、土壌からリン酸を抽出する方法は他にも数多くあり、中にはアルカリ性の水溶液を用いるものもあることから、酸が必須というわけではありません。

なお、我が国ではまれではありますが、アルカリ性を示す農耕地土壌も存在し、こうした場合は酸による抽出は不向きと考えられています。本マニュアルの方法は抽出液としてなにも含まない水を用いるので、様々な土壌について、ありのままに近い状態でリン酸肥沃度を評価できると考えています。

【分析段階について】

Q9 分析法のステップ②ではろ液をいったん希釈し、リン酸の量が少ない場合はステップ⑤(A)で希釈前のろ液を追加することになっています。初めからろ液をそのまま分析できませんか？

A9 抽出液に含まれるリン酸の量が大きめにわかっている場合には希釈を省略したり、別の希釈率であっても差し支えありません。しかしながら、農耕地土壌中の有効態リン酸は極めて広範な値をとりうる²⁾ため、希釈しすぎて測定値が非常に小さい、あるいは分析範囲を超過して測り直す、といった失敗が無いように、本マニュアルでは通常想定しうる範囲の全域をカバーできる希釈法を設定しています。

Q10 分析法のステップ⑦で「ブランク値」を測る場合がありますが、それはなぜですか。

A10 本マニュアルでお示しする装置は、一定範囲の色の光を試料に照射し、通り抜けてきた光の減少程度に基づいてその色の濃淡を数値化しています。しかしながら、土壌によっては抽出液そのものがリン酸とは無関係に着色していたり、混入した微量の固形物(にごり)が照射した光を散乱し、結果的に通り抜ける光の量を減少させてしまう場合があります。こうした場合、ステップ⑥での測定値は、こうしたリン酸の存在に基づかない分(ブランク値)を含む、いわば「下駄をはいた」値です。リン酸の抽出量が少ない場合は特に、この「下駄」が相対的に大きな割合を占めてしまうので、必要に応じてブランク値を差し引くことにより、実際には肥沃度が不十分であるにもかかわらず「減肥可能」と誤判定するようなリスクを避けるためステップ⑦を設けています(因みにブランク値の評価は色見本との比較による目視法ではほぼ不可能です)。なお、堆肥の連用などによってリン酸そのものの含量はもとより、こうしたブランク値も経年的に変化する(例えば抽出液の着色が目立つようになる)場合がありますので、ご注意ください。

Q11 分析法のステップ④で、希釈したろ液1.5mLに試薬を添加しますが、その後ステップ⑥では精製水を追加しています。初めから10mLの希釈ろ液に試薬を添加してはどうでしょうか？

A11 迂遠なようですが、本マニュアルの手順をお勧めします。ステップ④で、20倍希釈したろ液のうち1.5mLのみ採って試薬を添加する理由は、リン酸濃度が不十分であった場合でも後から希釈前のろ液を追加することによって適当な測定値を得やすくするためであるほか、利用する試薬が元来1.5mLの検液と反応することを想定して調合されており、その性能を十分に引き出すには検液の量のある程度制限する必要があるためです(初めから10mLの検液に対して試薬を添加すると、反応の進行が極めて遅くなります)。なお、本マニュアルでは、希釈したろ液で十分な発色が得られなかった場合に希釈前のろ液を0.5mL追加することとしています。この程度の液量の増加は測定に影響しません。

Q12 分析法のステップ④で希釈したろ液に試薬を添加してから測定を行うまでに合計30分の反応時間をとっています。この試薬の取扱説明書によれば、色見本と比較を行う場合の反応時間は5分となっており、これと比較するとこのマニュアルの反応時間は長すぎます。もっと短時間で分析してもよいのではないのでしょうか？

A12 色見本との比較ではリン酸イオン濃度で2ppmまでの範囲内で判定することになっています。これは、低濃度の場合には短時間で反応がほぼ終了するためです。実際にこの試薬で定量できる濃度範囲はその5倍以上ですが、高濃度の検液の場合、発色が完了するまでには

少なくとも20分以上必要です。本マニュアルにお示しする方法の利点を最大限活用していただくためには反応時間を十分確保することが必要であり、気長な話で恐縮ですが少なくとも30分は反応させるよう、お願いいたします。

Q13 分析法のステップ⑤の待ち時間が長いので休憩していたところ、試薬を添加してから30分をかなり過ぎてしまいました。やり直しをしなければならないのでしょうか？

A13 いったん発色した色素は比較的安定であり、多少の時間超過は測定結果に影響しません。しかしながら、時間の経過とともに少しずつ退色する(非常に高濃度の場合は着色が微増する)場合があります。本マニュアルは反応時間を30分とした試験結果を中心に作成しており、なるべく30分程度でステップ⑥へ進むことをお勧めします。

Q14 何点かまとめて測る場合の注意点はなんですか？

A14 反応開始後5分で大まかな濃淡を見極め、必要に応じて希釈前のろ液を追加する場合がある(ステップ⑤(ア))ため、まとめて分析する場合には、ステップ④で試薬を添加する際に、例えば1分間隔で添加し、以降の操作も同様に1分間隔で行うとすれば、5検体まで一連の操作で測定できます。ある程度測定値の見当がつき、ステップ⑤(ア)のような検液の追加を行う必要がない場合には、さらに多くの点数を同時測定することもできますが、ステップ④で試薬を加えてから完全に溶解させるまではよく混合する必要があるため、1分程度ずつ間隔をあけながら試薬を添加していくことをお勧めします。

大量の検体を測定するためには試薬を事前に水溶液としておく方法がありますが、途中で希釈前のろ液を追加するのが難しい、必要器具が異なるなど、やや専門的となります。

Q15 分析で使用する試薬はまとめ買いするとすこし安いようです。一度に沢山分析する予定はありませんが、まとめ買いしておいてもよいですか？

A15 試薬には使用期限がありますので、利用予定に照らして必要な分量を計画的に調達することをお勧めします。

Q16 分析法が通常の方法と異なるようです。同じ結果が得られるのでしょうか？

A16 本マニュアルで用いている分析法(酵素による4-アミノアンチピリン法)は、土壌分析で従来常用されてきたモリブデン青法とは測定原理が異なりますが、様々な畑土壌について現時点までに検討を行った範囲では、同様の結果が得られています。

【その他】

Q17 抽出法としては、私はトルオーグ法に慣れていますが。このマニュアルで得られた水抽出性のリン酸の測定値をトルオーグ値へ読み替える方法はありませんか？

A17 トルオーグ法は、農業現場で実行するには安全性などの面で注意が必要であるほか、土壌に相当量のリン酸が蓄積している場面では特に減肥の指標としては不向きではないかとの指摘もあり、トルオーグ法に代わる土壌診断手法の開発を進めてきたところです。このため、本マニュアルでお示しする水抽出性リン酸の値をトルオーグ値へ読み替えることは本意ではありませんが、現時点では、分析値の蓄積が十分ではなく、どの程度のリン酸蓄積程度なのか測定値から実感し難いことも事実です。現時点までに検討した結果では、この方法で得られる水溶性リン酸の値はトルオーグ値の概ね1%程度ですが、土壌の種類などにより異なるので、あくまでも目安とお考えください。現在までのところ、この水抽出法で1 mgP₂O₅/100g超の場合、減肥を検討すべき水準までリン酸の蓄積が進んでいる状態と考えています。

Q18 トルオーグ値と比較するとこのマニュアルの方法で得られる値は極端に小さいです。相当リン酸が蓄積した土壌を対象を絞るか、あるいは超高感度分析法でもない限り意味のある測定値は得られないのではないのでしょうか？

A18 本マニュアルの方法及びトルオーグ法のいずれも実際に測定するのは抽出された検液中のリン酸濃度であり、これを土壌中の含量へ換算しています。土壌中のリン酸含量でみた場合、本マニュアルの方法で得られる値がトルオーグ値の1%に過ぎないと仮定しても、検液中のリン酸濃度でみると本マニュアルの方法によるものはトルオーグ法のその80%と見積もられ、測定が難しくなるほど希薄とはいえません。これはトルオーグ法では土1に対して200容と大量の抽出液を用いるのに対し、本マニュアルの方法では土1に対して2.5容と少量の水で抽出しており、濃厚な抽出液を得やすいためです。極端に低肥沃度の土壌では、測定値のばらつきがやや大きくなること、最終的に差引くとはいえブランク値の影響が相対的に大きくなりうること、といった難しい点はありますが、実際にはトルオーグ値が一桁しかないような場合でも測定は可能です。なお、本マニュアルの分析法の感度は従来法と同等以上と考えています。

Q19 抽出法としては、私はトルオーグ法に慣れていますが。このマニュアルの分析法をトルオーグ抽出液に応用できないのでしょうか？

A19 本マニュアルは、安全性を確保するために抽出から分析の全行程にわたり強酸等を使用しない方法を目指して行った試験の結果に基づいており、トルオーグ法との組み合わせは想定しておりません。また、トルオーグ抽出液中に含まれる硫酸イオンは、500ppm程度以上の高濃度で分析時の反応を妨害することから、これを希釈せずに分析することはやや難しいと考えています。

Q20 水田土壌は測れませんか？

A20 水田土壌では未検討ですが、一般的に他の地目と比較すれば水田のリン酸肥沃度は相対的に低い場合が多いこと、分析に用いる試薬は水田状態では珍しくない第一鉄イオンに強く影響を受けるとされていることから、本マニュアルの方法は水田にはやや不向きではないかと考えています。

Q21 このマニュアルの方法は確かに簡単そうです。今まで使われてきたトルオーグ法はこれによってかわられることになるのでしょうか？

A21 統一方法による全国的な調査での利用や、リン酸肥沃度を増進する際の目標値としての利用など、トルオーグ法やそれに基づく過去の知見には重要な役割があります。本マニュアルにお示しする方法は、こうした役割まで置き換えることをねらいとしたものではなく、トルオーグ法が利用されなくなるとは考えていません。

なお、土壌改良には相当量の資材投入が必要となる場合もあり、リン酸肥沃度が低すぎる疑いのある場合は、トルオーグ法による評価を含め、専門的知識をもつ機関などに相談することをお勧めします。

Q22 土壌診断項目はリン酸だけではありません。他の項目も知りたいのですが、よい方法がありますか？

A22 本マニュアルで示した水抽出法は、pH(水)測定に類似した点があるほか、EC、硝酸態窒素などについては応用できる可能性があると考えています。また、本マニュアルの方法とは異なる水抽出法によるものではありませんが、野菜栽培土壌中のさまざまな水溶性養分濃度について多寡の目安が提案されている例があります^{3)、4)}。今後、こうした主要な項目について、簡便に測定できるマニュアルのラインナップを拡大していきたいと考えています。

＜参考文献＞

- 1) 平田滋ほか:施設土壌のための水溶性リン酸測定法、和歌山県農試研報、15、41-45(1995)
- 2) 後藤逸男:過度な土づくりが土壌病害を助長する-園芸土壌のリン酸過剰に対する警鐘-、土づくりとエコ農業、43、23-30(2011)
- 3) 渡辺和彦:原色野菜の要素欠乏・過剰症、農文協(2002)
- 4) 六本木和夫:野菜・花・果樹 リアルタイム診断と施肥管理
-栄養・土壌・品質診断の方法と施肥・有機物利用-、農文協(2007)

第2章 畑土壌可給態窒素(分析法)

1. 開発した分析法の概要、特徴、注意点

- ① 当センターで近年開発された畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法によって調製した検液を対象とし、目視によらず、きめ細かに数量把握する分析法です。
- ② 理化学機器を使わずに身近な道具のみで行うことができます。簡易測定キットや簡易吸光度計はインターネット販売などで入手可能です。
- ③ **アルカリを含む試薬を用いており、試薬の取扱説明書を熟読してください。**
- ④ 簡易吸光度計の取扱説明書の注意書きは熟読してください。使い方は、取扱説明書とは若干異なる点がありますが、基本的には同様です。
- ⑤ この方法は、畑土壌を対象としています。
- ⑥ ここでは室温約25℃、20分間反応させた結果を中心に示しています。この反応は温度や時間の影響を受けやすいので注意が必要です。
- ⑦ 抽出法は、「畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法」(<http://narc.naro.affrc.go.jp/soshiki/isf/mrt/image/top/snmanu.pdf>)、または「畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアル」((独)農研機構 中央農業総合研究センター 資源循環・溶脱低減研究チーム(2010))をご覧ください。本マニュアルでは「生産者むけ」の抽出法によって調製された抽出液の分析を前提としています。その際に、土壌を用いず水のみで同様の操作を行ったもの(空試験)も調製してください。

2. 簡易吸光度計を使用する際の注意点

- ① 測定に使用するセルの表面に指紋や汚れがつかないように、注意して下さい。
- ② 抽出液が着色していたり、細かな土壌粒子が懸濁している場合、測定値が大きくなります。そこで、発色する前に吸光度を測定しておく(ここで得られる値をブランク値と呼びます)、発色後の測定値からこれを差し引く必要があります。**取扱説明書(取説)とここでお示しする方法(本法)では、この処理法が異なります。**

具体的には、

- ◆ 始めにボタンを押して電源を入れる(取説・本法共通)。
 - ◆ **発色前の検液(抽出液など)を入れたセル**を装置へセットしてボタンを押し、ゼロ点調整する(取説)。
⇒ **精製水を入れたセル**を装置へセットしてボタンを押し、ゼロ点調整(本法)。
 - ◆ **検液に試薬を添加しボタンを長押しする。3分タイマーが表示され、3分後に自動的に測定値が表示される**(取説)。
⇒ **発色した検液を入れたセルに差し替え、ボタンを短く押す。直ちに測定値が表示されるのでその値を書き取り、もう一度ボタンを押して電源を切る**(本法)。
- ③ 測定は平らな机の上などで行い、測定中は装置に手を添えて揺れないようにしてください。ゼロ点調整や試料の測定中に振動すると測定に時間がかかり、誤った値が表示されることがあります。

3. 分析法

【器具など】

- 抽出・ろ過したろ液
- タイマー(キッチンタイマー、ストップウォッチなど)
- 精製水またはミネラルウォーター(検体数 × 25mL + 10mL以上)
- スポイトなど(精製水や検液を容器から出し入れするためのもの)
- スポイトまたは1mLのプラスチック注射筒(一定量の検液を量るためのもの)
- 50mL容ネジ蓋付き反応容器(プラスチック製遠沈管など)
- COD測定用試薬セット*
(水質測定用試薬セット、型式 LR-COD-B、(株)共立理化学研究所)
*「畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法」で用いているパックテストとは別の商品です。
- 簡易吸光度計
(Checker HCシリーズ/吸光光度計/リン酸塩/HI 713、ハンナインストルメンツ・ジャパン(株))

【手順】

- ① ろ液0.5mL(または0.5g)を50mL容ネジ蓋付き反応容器(プラスチック製遠沈管など)の中へはかりこみ、精製水を30mLの標線まで添加し、蓋を閉めて混合する。
- ② 希釈したろ液(30mL)へ、COD測定用試薬セットの試薬R2を1袋添加し、蓋を閉めてよく混合し、試薬を完全に溶解させる。
- ③ 前のステップ②の混合液へ、COD測定用試薬セットの試薬R1を0.5mL添加し(タイマースタート)、蓋を閉めてよく混合する。
- ④ 1本の分析装置用セルへ精製水を(対照用)、もう1本の分析装置用セルへステップ③で発色させた混合液を10mLの標線まで入れる。

注) 何点かまとめて測定したい場合、順次反応を開始することもできますが、この場合、ステップ⑤で測定が終わったセル内の検液を入れ替えて測定を繰り返すこととなりますので、反応時間を超過しないよう、十分な時間間隔をとりながら反応を開始していく必要があります。

- ⑤ 試薬R1を添加してから20分後に精製水を対象として検液を測定する。
- ⑥ 以下の式を用いて土壌中の可給態窒素量(mgN/100g)へ換算する。

<土壌中可給態窒素(mgN/100g)>

$$\begin{aligned} &= \text{<空試験の測定値 - 試料の測定値>} \times 5.975^{1)} \times f^{2)} \times 61^{3)} \\ &\quad \times (50/1000)^{4)} \times (100/3)^{5)} \times 0.02584^{6)} \times (100/(100 - \text{含水率}^{7)}) \\ &= \text{<空試験の測定値 - 試料の測定値>} \times 15.70 \times f^{2)} \times (100/(100 - \text{含水率}^{7)}) \end{aligned}$$

- 1) COD濃度への換算係数。
 - 2) 簡易吸光度計の補正係数。「追補 COD測定のための簡易吸光度計の補正について」参照。
 - 3) ろ液の希釈倍率。 4) 抽出液量1L当たりへの換算係数。 5) 乾土100g当たりへの換算係数。
 - 6) COD土壌中換算量から可給態窒素量への変換係数。 7) 別途、土壌の含水率を測定しておく。
- ⑦ 反応後の廃液は、試薬セットに付属のCOD中和剤を用いて中和してください。

第3章 硝酸態窒素(分析法)

1. 開発した分析法の概要、特徴、注意点

- ① 土壌や作物体から抽出された水溶液を対象とし、目視によらず、きめ細かに数量把握する分析法です。
- ② 理化学機器を使わずに身近な道具のみで行うことができます。簡易測定キットや簡易吸光度計はインターネット販売などで入手可能です。
- ③ **反応後の検液は酸性です。試薬の取扱説明書を熟読してください。**
- ④ 簡易吸光度計の取扱説明書の注意書きは熟読してください。使い方は、取扱説明書とは若干異なる点がありますが、基本的には同様です。
- ⑤ **試料に亜硝酸が混在すると測定値が大きくなるのでご注意ください。**
- ⑥ **試薬の混ぜかた(容器や時間など)を変えると測定値が変化するのでご注意ください。**
- ⑦ ここでは室温約25℃、30分間発色させた結果を中心に示しています。
- ⑧ 抽出法については、渡辺和彦(「原色野菜の要素欠乏・過剰症」、農文協(2002))や六本木和夫(「野菜・花・果樹 リアルタイム診断と施肥管理—栄養・土壌・品質診断の方法と施肥・有機物利用—」、農文協(2007))が参考になります。

2. 簡易吸光度計を使用する際の注意点

- ① 測定に使用するセルの表面に指紋や汚れがつかないように、注意して下さい。
- ② 抽出液が着色していたり、細かな土壌粒子が懸濁している場合、測定値が大きくなります。そこで、発色する前に吸光度を測定しておき(ここで得られる値をブランク値と呼びます)、発色後の測定値からこれを差し引く必要があります。**取扱説明書(取説)**と**ここでお示しする方法(本法)**では、この**処理法が異なります**。

具体的には、

- ◆ 始めにボタンを押して電源を入れる(取説・本法共通)。
 - ◆ **発色前の検液(抽出液など)を入れたセル**を装置へセットしてボタンを押し、ゼロ点調整する(取説)。
⇒ **精製水を入れたセル**を装置へセットしてボタンを押し、ゼロ点調整(本法)。
 - ◆ **検液に試薬を添加しボタンを長押しする。3分タイマーが表示され、3分後に自動的に測定値が表示される**(取説)。
⇒ **発色した検液を入れたセルに差し替え、ボタンを短く押す。直ちに測定値が表示されるのでその値を書き取り、もう一度ボタンを押して電源を切る**(本法)。
- ③ 測定は平らな机の上などで行い、測定中は装置に手を添えて揺れないようにして下さい。**ゼロ点調整や試料の測定中に振動すると測定に時間がかかり、誤った値が表示されることがあります**。万全を期するためには数回測定を繰り返し、異常値があればそれを除いた平均値を採用するとよいでしょう。

3. 分析法

【器具など】

- 精製水で適宜希釈した検液
- タイマー(キッチンタイマー、ストップウォッチなど)
- 精製水(検体数 × 10mL + 10mL以上)
- スポイトなど(精製水を添加するためのもの)
- パックテスト専用カップ
(型式 WAK-CC10、(株)共立理化学研究所)
- 硝酸用簡易測定キット
(パックテスト硝酸、型式 WAK-NO₃、(株)共立理化学研究所)
- 簡易吸光度計
(Checker HCシリーズ/吸光光度計/リン酸塩/HI 713、ハンナインスツルメンツ・ジャパン(株))

【手順】

- ① (適宜希釈した)検液をパックテスト専用カップの標線の位置まで採る(1.5mL)。
- ② パックテストの先端の栓を引き抜き、チューブを押して中の空気を押し出し、そのまま開いた穴を専用カップの中の検液に入れ、指を離して検液を一気に全量吸い込む(タイマースタート)。
- ③ ただちに1分間(吸引時間も含む。正味の混合時間は50秒程度)、60往復転倒混合し、そのまま30分間精置する。

注) 何点かまとめて測定したい場合、順次反応を開始することもできます。この場合、ステップ④で測定が終わったセル内の検液を入れ替えて測定を繰り返すこととなりますので、十分な時間間隔をとりながら反応を開始していく必要があります。
- ④ 1本の分析装置用セルへ精製水をいれ(対照用)。もう1本の分析装置用セルにはステップ③で発色させた混合液を移して精製水を10mLの標線まで追加、混合し、精製水を対象として検液を測定する。
- ⑤ 以下の式を用いて検液中の硝酸態窒素濃度(mgN/L)へ換算する。
$$\text{硝酸態窒素濃度(mgN/L)} = \text{測定値} \times 4.845$$

追補 COD測定のための簡易吸光度計の補正について

<趣旨>

畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価のため、COD測定を行う際に使用する簡易吸光度計には装置間のばらつきがあり(注)、どの装置を用いても平均的な値を推定できるようにするには、測定するたびにブドウ糖液によって検量線を作成するのが最も良い方法ですが、ここではブドウ糖液を使用しない補正方法を設定しましたのでご紹介します。なお、この操作は試料を分析するたびではなく、簡易吸光度計を購入した際に実施すればよいと考えております。

(注) 購入時期等の異なる14台の装置について同一の標準液を測定したところ、CODの測定ではばらつきが大きく補正が必要と考えられた一方、リン酸の測定ではCODの測定よりもばらつきは小さい、という結果が得られました。

<操作法>

【器具など】

- 精製水またはミネラルウォーター(30mL以上)
- スポイトなど(精製水や検液を容器から出し入れするためのもの)
- スポイトまたは1mLのプラスチック注射筒(一定量の試薬を量るためのもの)
- 50mL容ネジ蓋付き反応容器(プラスチック製遠沈管など)
- COD測定用試薬セット
(水質測定用試薬セット、型式 LR-COD-B、(株)共立理化学研究所)
- 簡易吸光度計
(Checker HCシリーズ/吸光光度計/リン酸塩/HI 713、ハンナインストルメンツ・ジャパン(株))

【手順】

- ① ネジ蓋付き反応容器(プラスチック製遠沈管など)の中へ精製水を30mLの標線まではかりとり、これにCOD測定用試薬セットの試薬R1を0.5mL添加し、蓋を閉めてよく混合する。
- ② 1本の分析装置用セルへ精製水を(対照用)、もう1本の分析装置用セルへステップ①で調製した試薬R1の水希釈液を10mLの標線まで入れる。精製水を対象として試薬R1の水希釈液を測定する。数回測定を繰り返し、平均値を求める。
- ③ 以下の式を用いて装置固有の補正係数を計算する。

$$\text{補正係数 } f = (1.868^{1)} - 0.70^{2)}) / (\langle \text{試薬R1の水希釈液の平均測定値} \rangle - 0.70^{2)})$$

1) 14台の簡易吸光度計における試薬R1の水希釈液の測定値の平均値。

2) オフセット値。装置間のばらつきは、0.7付近に収斂する傾向があることから設定。

計算例) 試薬R1の水希釈液の平均測定値が2.015であった場合

$$\begin{aligned} \text{補正係数 } f &= (1.868 - 0.70) / (2.015 - 0.70) \\ &= 1.168 / 1.315 = \underline{\underline{0.8882}} \end{aligned}$$

【留意点】

この操作では試薬R2は使用しません。また、試薬R1の水希釈液は比較的安定であり、希釈後直ちに測定することができます。

＜参考＞

畑土壌の不振とう水抽出リン酸でも簡易吸光度計を使用していますが、COD測定の場合に比べ装置間のばらつきは少なく、購入時期等の異なる14台の装置について作成した各検量線の回帰係数の変動係数は3%未満でした。ただし、COD測定時に観察された装置間のばらつきとリン酸測定時におけるそれとの間には一定の関係があります(図参照)。

つまり上記の方法でCODについての補正係数 f を求めたとき、例えば $f \leq 0.95$ 、あるいは $f \geq 1.05$ のように強めの補正が必要と見込まれた場合、リン酸測定においても測定値と平均値との差が大きめとなる可能性があります。

このような場合、以下の式によってリン酸測定用の補正係数 f_p を計算し、リン酸の測定値に乗ずることによって装置間のばらつきに起因する誤差が低減されます。

$$(1 - f_p) = (1 - f) \times 0.35 \quad \dots \quad \text{下の図の右側を参照}$$

↓

$$f_p = 1 - (1 - f) \times 0.35$$

計算例) COD測定のための補正係数 f が0.85であった場合

$$\begin{aligned} f_p &= 1 - (1 - 0.85) \times 0.35 \\ &= 1 - 0.15 \times 0.35 \\ &= 1 - 0.0525 = \underline{\underline{0.9475}} \end{aligned}$$

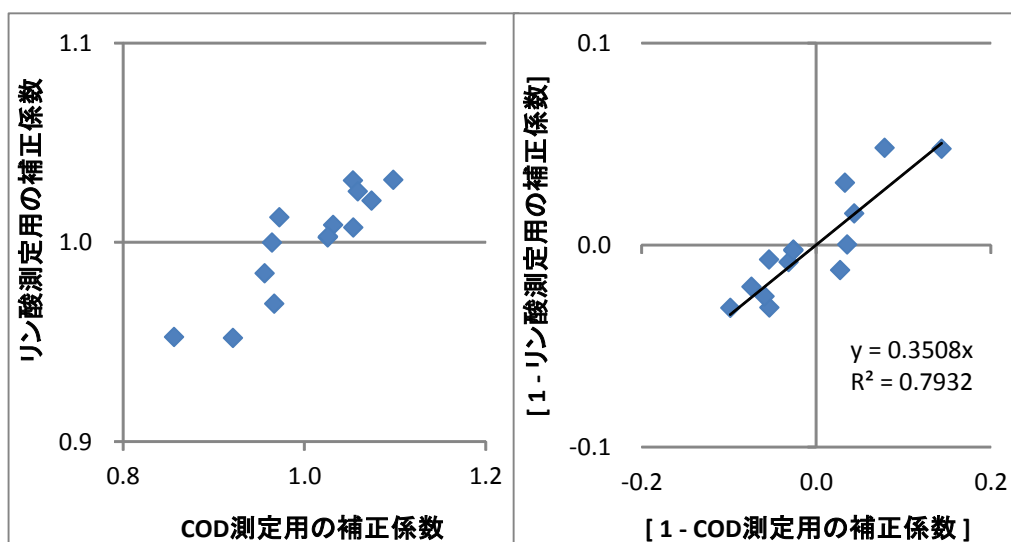


図 COD測定用の補正係数とリン酸測定用の測定係数との関係

(参考(2011年の研究成果情報))

[成果情報名]安全で簡便かつ低コストな畑土壤中水溶性リン酸の現場型測定法

[要約] 土壌試料を薄層にすることにより、振とうを行わなくても畑土壤中の水溶性リン酸を抽出することができる。その抽出液は、リン酸簡易測定キット並びに簡易吸光度計を用いて、一定の精度を保ちつつ、安全、簡便、低コストに分析できる。

[キーワード] リン酸、水溶性、畑土壤、簡易水質検査キット、簡易吸光度計

[担当] 総合的土壌管理・土壌養分管理

[代表連絡先] 029-838-8481

[研究所名] 中央農業総合研究センター・土壌肥料研究領域

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

近年の肥料原料価格高騰や有機質資源の利用促進を背景として、土壌診断に基づく施肥管理の重要性が高まっており、農業生産現場において実施可能な土壤中リン酸の簡易評価法の開発が求められている。土壌中有効態リン酸測定における定法は、まず強酸を含む抽出液及び振とう用の専用機械を用いて土壌からリン酸を抽出し、次に強酸や重金属を含む試薬を用いた化学反応を行ったのち機器分析を行うものであり、現場適用性に乏しい。一方、従来の簡便法では、定量性が不十分な目視判定（色見本との比較）によるか、少なくとも数万円の装置を用いた定量が必要である。そこで、抽出から分析に至る全行程にわたり安全、簡便、低コストな畑土壤中水溶性リン酸の測定法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 抽出時に土壌試料が薄い層となるよう、十分な広さの容器を用いて水抽出を行うと、振とうを行わなくても振とうした場合と同様に畑土壤中の水溶性リン酸が抽出され（図1）、その量は定法同様に施設を含めた畑土壤の広範なリン蓄積度を反映する（図2）。
2. 市販の毒劇物フリーのリン酸簡易測定キット（酵素による4-アミノアンチピリン法。以下、酵素法）は定法とは測定原理が異なるが、同様の測定結果が得られる（図3）。
3. 酵素法は測定範囲が極めて広いため、希釈操作が簡素になる。また、反応途中に検液へ若干量の試料を追加したり、反応後に検液へ水を追加してもリン酸濃度と吸光度の直線関係は失われないため、試料濃度未知の場合でも再測定のおそれはない。
4. 近年市販された低廉なLED式簡易吸光度計は、酵素法により生じる色素の吸収極大波長540nm付近の緑色光を照射するため、酵素法による定量分析に利用できる。不振とう水抽出・酵素法・LED式簡易吸光度計の組み合わせにより、リン蓄積程度が大幅に異なる様々な畑土壤について幅広く安全、簡便、低コストに定量的把握ができる（図4）。

[成果の活用面・留意点]

1. 水田土壌は未検討である。
2. 1日以上長時間の抽出やチャック付ポリ袋内での抽出といった、酸素欠乏状態になりやすい条件ではリン酸抽出量が増加し、過大評価となるおそれがある。
3. 硝酸態窒素の簡易水質検査キット並びにこの簡易吸光度計を併用することにより、水溶液中の硝酸態窒素の定量も可能である。
4. リン酸簡易測定キットは（株）共立理化学研究所のパックテスト/りん酸（低濃度）/WAK-PO₄(D)（¥4,200(40検体分)）を、簡易吸光度計はハンナインスツルメンツ・ジャパン（株）のChecker HCシリーズ吸光度計/リン酸塩/HI 713型（¥8,190）を用いた結果である。

(参考(2011年の研究成果情報))

[具体的データ]

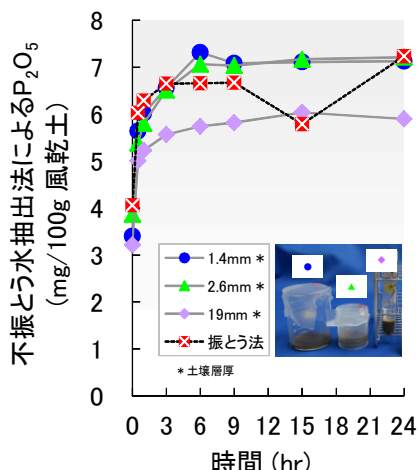


図1 不振とう水抽出法での抽出量の経時変化

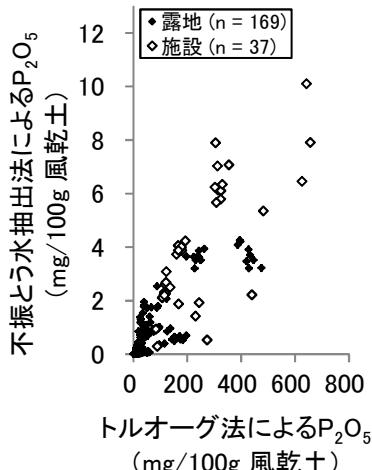


図2 定法と不振とう水抽出法での畑土壤中リン酸含量

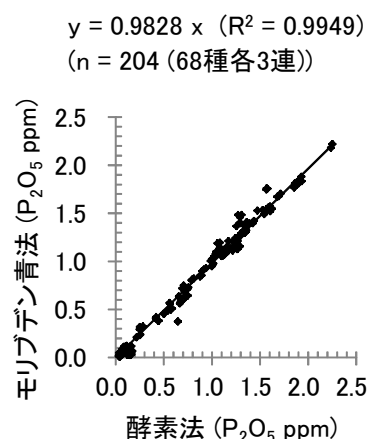


図3 酵素法と定法による畑土壌からの水抽出液中リン酸濃度

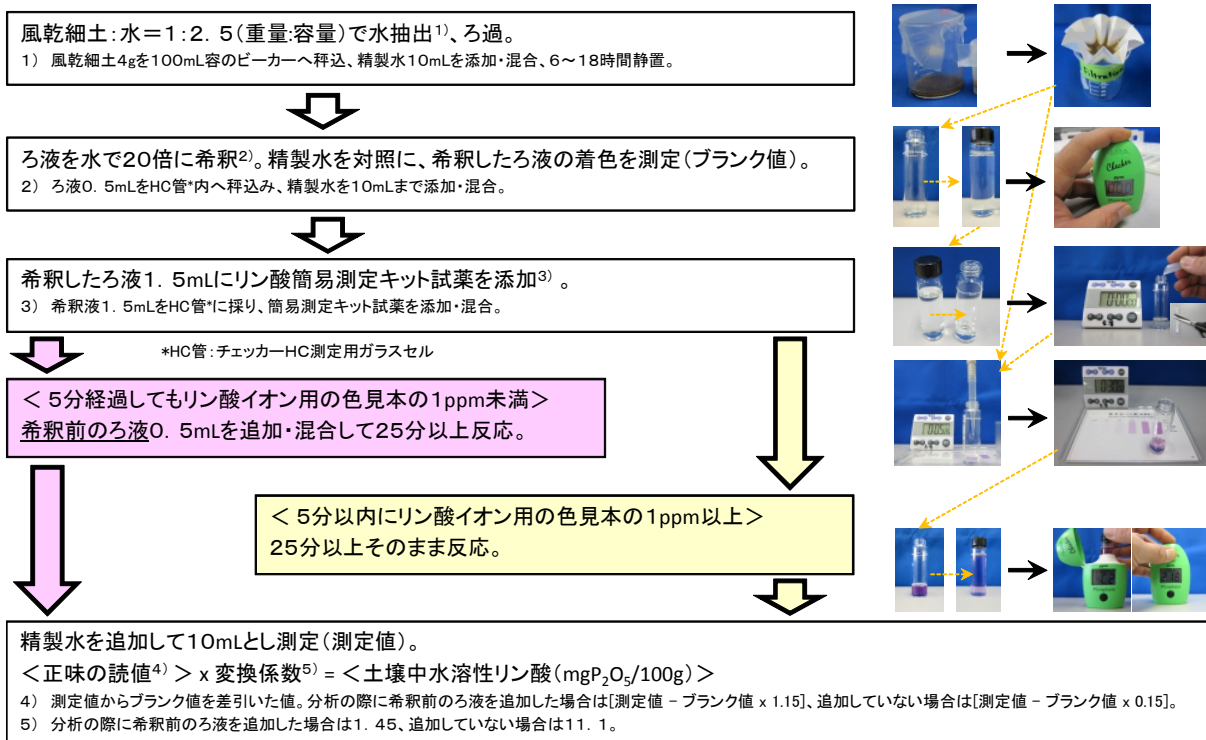


図4 簡易水質検査キット並びに簡易吸光度計を用いた畑土壤中水溶性リン酸の分析手順

(金澤健二、駒田充生、加藤直人)

[その他]

中課題名: 土壌・資材の評価と肥効改善による効率的養分管理技術の開発

中課題整理番号: 151a1

予算区分: 気候変動プロ

研究期間: 平成21-25年度

研究担当者: 金澤健二、駒田充生、加藤直人

発表論文等: 簡易測定用試薬と簡易吸光度計を用いた畑土壌分析マニュアル

図4の手順は2012年3月時点のもので、その後変更があります。詳しくは本マニュアルの本文をご覧ください。

(参考(2011年の研究成果情報))

[成果情報名]簡易吸光度計を用いた畑土壌可給態窒素の定量分析

[要約]畑土壌の可給態窒素の判定法において、COD 測定用試薬セットと簡易吸光度計を併用することにより、目視によらず、きめ細かに数値把握することができる。

[キーワード]可給態窒素、簡易測定、COD測定用試薬セット、簡易吸光度計

[担当]環境保全型農業システム・有機農業体系

[代表連絡先]029-838-8481

[研究所名]中央農業総合研究センター・土壌肥料研究領域

[分類]研究成果情報

[背景・ねらい]

近年の肥料原料価格高騰や有機質資源の利用促進を背景として、土壌診断に基づく施肥管理の重要性が高まっており、農業生産現場において実施可能な土壌肥沃度の簡易評価法の開発が求められている。土壌の窒素肥沃度の指標として重要な診断項目でありながら測定法が煩雑であるため汎用されてこなかった可給態窒素についても、簡易判定法が近年開発され、今後の活用が見込まれている(2009年普及に移しうる成果「80℃16時間水抽出とCOD簡易測定キットによる畑土壌可給態窒素の簡易判定」(COD:化学的酸素要求量)。以下、簡易判定法)。特に有機農業においては慣行農法よりもやや高め of 地力窒素の確保が重要であることが近年明らかにされており、現場への普及を念頭に置いた簡易判定法によるデータ蓄積が望ましい。しかしながら、簡易判定法は色見本との比較によっておおまかに数値化する方法であるため、精度の確保に課題がある。そこで、分析段階においてよりきめ細かに、目視によらず数量把握できる手法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 近年市販された低廉なLED式簡易吸光度計は、COD測定における酸化剤である過マンガン酸イオンの吸収極大波長域520-540nm付近の緑色光を照射するため、ブドウ糖のCOD(理論値)にして概ね10ppmOまでのCODの定量分析に利用可能である(図1)。
2. 80℃16時間水抽出による抽出液中の有機物量は可給態窒素肥沃度水準に正比例する。TOC分析装置が利用可能な場合にはこれを用いて抽出液中の有機態炭素を分析するが、簡易判定法では色見本を用いたCODの判定結果をもとに可給態窒素を推計する。これに対し、簡易吸光度計用のCOD測定用試薬セットと簡易吸光度計を併用すれば、色見本による判定では多くとも12段階程度までの評価であったのに対し、170段階程度までの評価が可能であり、抽出液中の有機物量のきめ細かな把握が可能となる(図2)。
3. 露地野菜を中心とした有機栽培圃場の土壌について80℃16時間水抽出を行い、簡易吸光度計用のCOD測定用試薬セットと簡易吸光度計を併用してCODを定量した結果から可給態窒素を予測でき(図3)、その精度はTOC分析装置を用いた場合と大差がない。
4. 具体的な測定手順は図4のとおりであり、標準的な希釈率で可給態窒素25mgN/100g乾土程度まで簡便かつ定量的に畑土壌中の可給態窒素を把握できる。

[成果の活用面・留意点]

1. 茨城県石岡市において露地野菜を中心とした有機栽培畑圃場から採取された土壌試料を用いて評価した結果であり、水田土壌は未検討である。
2. 有機農業へ新規参入する際の地力把握等の場面で活用できる。
3. 通常の分光光度計を用いた分析も可能である。
4. COD測定用試薬セットは(株)共立理化学研究所の水質測定用試薬セットLR-COD-B(¥4,830(30検体分))を、簡易吸光度計はハンナインスツルメンツ・ジャパン(株)のChecker HCシリーズ吸光度計/リン酸塩/HI 713型(¥8,190)を用いた結果である。

(参考(2011年の研究成果情報))

[具体的データ]

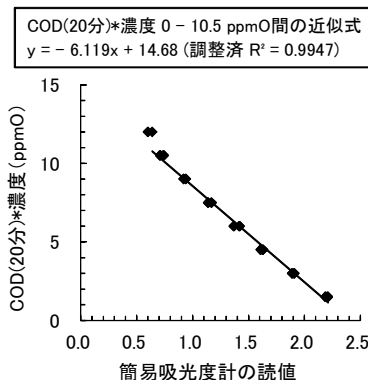


図1 COD測定用試薬セットを用いた調製した反応液の簡易吸光度計における読み値とCOD濃度の関係

* ブドウ糖溶液を用いて作成 (COD 値は理論値)

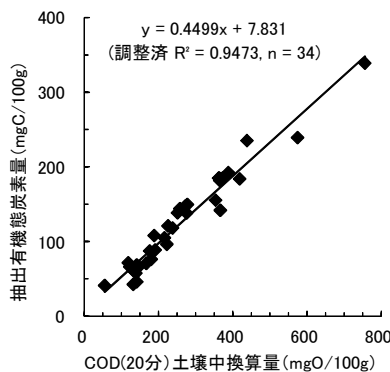


図2 畑土壌中有機態炭素量と簡易分析によるCOD量の関係

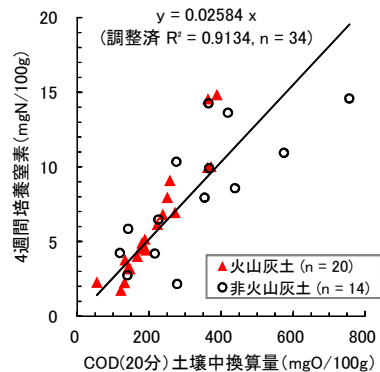
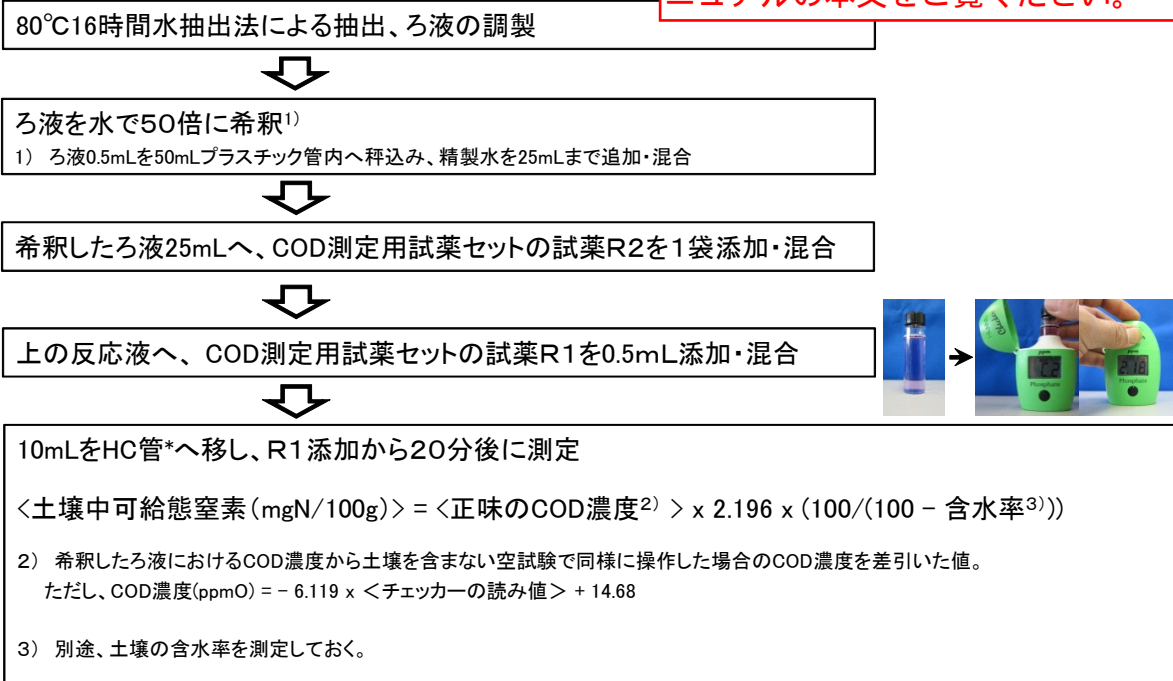


図3 可給態窒素と簡易分析によるCOD量の関係

図4の手順は2012年3月時点のもので、その後変更があります。詳しくは本マニュアルの本文をご覧ください。



*HC管: チェッカーHC測定用ガラスセル

図4 COD測定用試薬セットと簡易吸光度計を用いた畑土壌中可給態窒素の推計手順

(金澤健二、高橋茂、駒田充生、加藤直人)

[その他]

中課題名: 有機農業の成立条件の科学的解明と栽培技術の体系化

中課題整理番号: 153b0

予算区分: 交付金

研究期間: 平成20-24年度

研究担当者: 金澤健二、高橋茂、駒田充生、加藤直人

発表論文等: 簡易測定用試薬と簡易吸光度計を用いた畑土壌分析マニュアル

主要変更履歴

日時	概要	頁	箇所
2012/9/25	version情報等変更。	表紙	version名、発行月
	りん酸分析における反応温度が分析値へ及ぼす影響についての新知見を踏まえた修文。	1	<開発した手法の概要、特徴、注意点>⑦
	りん酸分析における操作の簡略化及びバックグラウンド値が小さい場合の誤差拡大懸念のため、明らかに着色・にごりがある場合に限りバックグラウンド測定するように操作変更。 りん酸分析について数点まとめて測定する場合を中心とした記述に改変。	3	【器具など】 ・ 希釈液作成用に目盛付き15mLプラスチック遠心管を追加。 ・ スポイトの記述を修正・統合し、1行へ。 【手順】 ・ 操作変更に伴う変更・修文。
		6~7	<Q&A> 9, 10, 14 ・ 操作変更に伴う変更・修文。
	誤記訂正。	11	【手順】⑥ (誤)…土壤中の水溶性リン酸含量(mgP ₂ O ₅ /100g)へ… (正)…土壤中の可給態窒素量(mgN/100g)へ…
	改定履歴追加。	裏表紙	改定履歴
2013/9/25	version情報等変更。	表紙	version名、発行月
	14台の簡易吸光度計による再評価に基づく各種係数の修正、補正係数設定法の追補など。	3	<分析法>【手順】⑧
		11	<分析法>【手順】①、②、⑥
		別紙	「追補 COD測定のための簡易吸光度計の補正について」追加。
	りん酸の水抽出時の陽イオンの影響についての新知見を踏まえ、記述変更。	4	<Q&A> A3
	施設キュウリに対するりん酸施肥試験データの蓄積などを踏まえ、追記。	8	<Q&A> A17
	りん酸の分析時の硫酸イオンの影響についての新知見を踏まえ、記述変更。	8	<Q&A> A19
	情報追加。	10	<開発した分析法の概要、特徴、注意点>⑦
11		<分析法>【器具など】←「ミネラルウォーター」追記。	
主要変更履歴・改定履歴追加。	裏表紙両面	主要変更履歴・改定履歴	



NARO

農研機構

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

**執筆者：(独)農研機構・中央農業総合研究センター
土壌肥料研究領域**

金澤 健二

駒田 充生

電 話：029-838-8829

改定履歴

Ver.1 : 2012年 3月

Ver.1.1 : 2012年 9月

Ver.1.2 : 2013年 10月