

水田土壌の可給態窒素簡易・迅速評価法

谷川 法聖

Simple and Rapid Evaluation Methods for Plant-Available Nitrogen in Paddy Soils

Norimasa TANIKAWA

I. はじめに

水稻の高品質安定生産には、圃場の地力を把握し、地力に合わせた適正施肥をすることが必要である。地力を評価する指標の一つとして、土壌の可給態窒素が用いられるが、可給態窒素の測定には専用の機材を必要とし、4 週間の培養を要するため、現場での迅速な施肥判断には活用されていない。

近年、高額な専用機材が不要で、かつ、短期間で可給態窒素を推定する簡易・迅速評価法が開発され、これらの値に基づいて適正施肥量を算出する方法が検討されている。

本研究では、県内の水田土壌を対象に複数の可給態窒素簡易・迅速評価法を比較し、推定精度、作業時間、必要な機材および安全性の点から現場で実用可能な評価法を明らかにしたので報告する。

II. 試験方法

1 供試土壌

試験には、青森県内の水田圃場から採取した土壌 40 点を供試した。採取圃場の土壌分類は、グライ低地土が 16 点、灰色低地土が 11 点、低地水田土が 2 点、アロフェン質黒ボク土が 1 点であった。土壌は風乾後、2 mm の篩を通した風乾細土を試験に供した。

2 簡易・迅速抽出法

簡易・迅速評価法に用いる抽出液の調製には、絶乾土水振とう抽出法²⁾、オープン乾熱水抽出法²⁾およびレンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法³⁾の 3 種類を適用した。

① 絶乾土水振とう抽出法

風乾細土約 5 g を通風乾燥機 (105 °C) に 24 時間入れて絶乾土を調製した。絶乾土 3 g に蒸留水 50 mL を加えて往復振とう器で 1 時間振とうし、10 %硫酸カリウム溶液 5 mL を加えた後、ろ過し、抽出液を得た。

② オープン乾熱水抽出法

風乾細土約 5 g を 120 °C に予熱した家庭用オープンに入れて 2 時間加熱し、乾熱処理を行った。処理した土壌 3 g に蒸留水 50 mL を加えて 1 時間静置した後、10 %硫酸カリウム溶液 5 mL を加え、ろ過し、抽出液を得た。

③ レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法

風乾細土 3 g を電子レンジ (600 W) で 3 分加熱し、乾熱処理を行った。処理後、1 %塩化ナトリウム溶液 50 mL を加え、往復振とう器で 20 分間振とうし、さらに 10 分静置した後、ろ過し、抽出液を得た。

3 簡易・迅速定量法

簡易・迅速評価法の定量は、共立理化学研究所の水質検査キット (バックテスト WAK-COD-2) を用いた COD 濃度の測定とし、目視で標準色見本と比較する方法 (目視法) とデジタルカメラで撮影した画像を解析して標準色見本と比較する方法¹⁾ (デジカメ法) の 2 種類を適用した。両定量法ともに、抽出液を 5~10 倍に希釈し、定量に供した。

① 目視法

COD が 0, 5, 10, 13, 20 ppm の標準色見本と比較し、呈色の段階に応じ 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 11.5, 13, 16.5, 20 ppm の 9 段階に分類して希釈液の COD 濃度を測定した。

②デジカメ法

撮影した画像から各 COD 濃度 (0,5,10,13,20 ppm) の標準色見本の RGB 値を読み取った。赤と緑の差 (R-G) と COD 濃度に基づき、検量線を作成した。パックテストの中央部の RGB 値から計算した R-G を検量線に適用することで、希釈液の COD 濃度を測定した。

4 可給態窒素の測定方法

可給態窒素は、風乾土を用いて 30℃・4 週間湛水保温静置法で培養し、水蒸気蒸留法で定量した培養前後のアンモニア態窒素量の差から算出した。

Ⅲ. 試験結果及び考察

1 ろ液の COD 濃度と可給態窒素の関係

各抽出法および定量法におけるろ液の COD 濃度と可給態窒素の回帰式、決定係数 (R^2) および平均二乗誤差 (RMSE) を表 1 に示す。

抽出法を比較すると、目視法とデジカメ法ともに決定係数は、絶乾土水振とう抽出法>オープン乾熱水抽出法>レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法の順に大きかった。また、RMSE は絶乾土水振とう抽出法 $\leq$ オープン乾熱水抽出法<レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法の順であった。

定量法を比較すると、絶乾土水振とう抽出法およびレンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法では、目視法とデジカメ法の決定係数および RMSE に大き

な差は認められなかった。一方、オープン乾熱水抽出法では、デジカメ法が目視法よりも高い決定係数と小さい RMSE を示した。これは、段階化データを用いる目視法に比べ、連続データを取得できるデジカメ法のほうが、連続量である可給態窒素の推定に適していたためと考えられる。ただし、その改善効果は大きくなかった。

2 簡易・迅速評価法の測定時間と必要機材

可給態窒素の簡易・迅速評価法における 20 試料の抽出に要する作業時間を表 2 に、定量に要する作業時間を表 3 に示す。

抽出法の作業時間を比較すると、絶乾土水振とう抽出法は約 26 時間、オープン乾熱水抽出法では約 4 時間 10 分、レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法は約 1 時間 40 分を要し、レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法が最も時間が短かった。

定量法を比較すると、目視法は約 50 分を要し、デジカメ法は画像解析の時間を含めると約 1 時間 10 分を要した。

絶乾土水振とう抽出法は恒温乾燥機 (11.6 万円～) と往復振とう器 (9.8 万円～)、オープン乾熱水抽出法は家庭用オープンレンジ (2～4 万円程度)、レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法は家庭用電子レンジ (1～2 万円程度) と往復振とう器が必要であった。その他、共通的に使用する物として、はかり、ポリ瓶、三角フラスコ、ろ紙、ピペットなどが必要であった。

表 1 各抽出法および定量法におけるろ液の COD 濃度と可給態窒素の回帰式、決定係数 (R^2) および平均二乗誤差 (RMSE)

抽出法	定量法					
	目視法			デジカメ法		
	回帰式	決定係数	RMSE	回帰式	決定係数	RMSE
絶乾土水振とう抽出法	$Y=0.147 \cdot \text{COD}+2.00$	0.741	2.9	$Y=0.156 \cdot \text{COD}+0.39$	0.731	3.0
オープン乾熱水抽出法	$Y=0.164 \cdot \text{COD}+0.65$	0.627	3.5	$Y=0.178 \cdot \text{COD}+0.52$	0.727	3.0
レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法	$Y=0.275 \cdot \text{COD}+2.08$	0.550	3.9	$Y=0.248 \cdot \text{COD}+2.31$	0.496	4.1

注) Yは、可給態窒素を示す。

表 2 20 試料の抽出に要する作業時間

抽出法	合計	内訳		
		秤量	乾熱処理	抽出・ろ過
絶乾土水振とう抽出法	25時間57分3秒	19分36秒	24時間	1時間37分27秒
オープン乾熱水抽出法	4時間8分15秒	19分36秒	2時間	1時間48分39秒
レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法	1時間37分58秒	13分14秒	21分30秒	1時間3分14秒

表 3 20 試料の定量に要する作業時間

定量法	合計	内訳		
		希釈	発色	画像解析
目視法	45分52秒	9分52秒	36分	—
デジカメ法	1時間12分26秒	9分52秒	36分	26分34秒

3 レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法の危険性

電子レンジは、庫内が空の状態加熱したり、水分が非常少ない物を加熱したりすると、異常加熱や発火の危険性があるとともに、故障の原因になることが取扱説明書に記載されている。このことから、水分の少ない風乾土壌を電子レンジで加熱するレンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法は危険性の高い方法であると考えられる。

4 生産現場での取り組みやすさ

抽出法では、絶乾土水振とう抽出法が最も推定精度は高かったものの、必要機材が多く高額であった。レンジ乾熱塩化ナトリウム抽出法は作業時間が短い利点がある一方、電子レンジ加熱に伴う危険性が懸念された。これに対し、オープン乾熱水抽出法は推定精度が比較的高く、安全性が高い上に必要機材も少なく安価であった。以上より、安全性、機材コスト、作業時間の観点から、オープン乾熱水抽出法は生産現場や指導現場で最も取り組みやすい方法と考えられた。

オープン乾熱水抽出法を用いる場合には、定量法にデジカメ法を適用することで、目視法に比べて高い決定係数と小さい RMSE を示したが、その差は小さく、増加する作業量に見合う効果が得られないと考え、目視法で十分と判断した。

オープン乾熱水抽出法および目視法による可給態窒素の簡易・迅速評価法の作業手順を、図 1 に示す。また、COD 濃度から可給態窒素を推定する換算式は、下記で表される。この際の誤差は 3.5mg/100g 程度と考えられる。

$$\text{可給態窒素} = 0.164 \times \text{COD 濃度} \times \text{希釈倍率} + 0.65$$

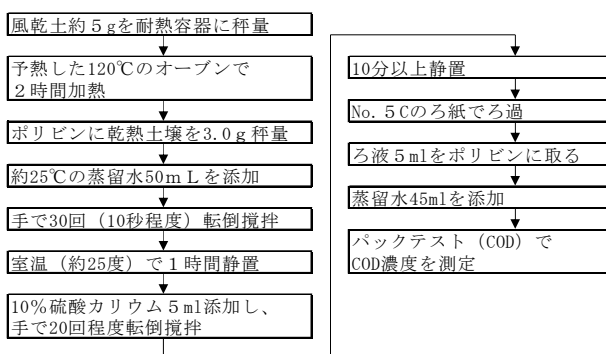


図1 オープン乾熱水抽出法および目視法を用いた可給態窒素の簡易・迅速評価法の作業手順

IV. まとめ

本研究では、青森県内の水田土壌 40 点を用いて、可給態窒素の簡易・迅速評価法を比較した。抽出

法では、オープン乾熱水抽出法は推定精度、安全性および必要機材の点でバランスが良く、最も現場向けの方法と考えられた。

オープン乾熱水抽出法を用いる場合、定量法にデジカメ法を適用することで、目視法に比べて高い決定係数と小さい RMSE を示したが、その差は小さかった。また、追加作業を要する点を考慮すると、実用性は高くなかった。このため、COD 濃度の測定には目視法で十分であると判断した。

以上より、現場での可給態窒素の簡易・迅速な評価には、オープン乾熱水抽出法と目視法の組み合わせが最も適し、換算式を用いることで可給態窒素の推定が可能であると結論づけられた。

引用文献

- 1)阿部倫則ら. 2018. デジタル画像解析による COD 簡易比色キット測定値の定量とそれを用いた絶乾土水振とう抽出法による水田土壌可給態窒素含量の推定. 日本土壤肥料科学雑誌 89(4) : 317-320.
- 2)国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター土壤肥料研究領域. 2016. 水田土壌可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアル
- 3)高橋良学・島輝夫. 2021. マイクロ波抽出と簡易キットによる土壌養分の簡易評価手法. 日本土壤肥料科学雑誌 92(6) : 471-475.