

冬期に施肥した米ぬか量が異なる水田土中の窒素動態について

The fate of Nitrogen in paddy soil applied with different amounts of rice bran in winter.

土壌圏システム学研究分野 520M216 永源 奨

主査：渡辺 晋生

1.はじめに 入手や施用の簡便性から、米ぬかを水田へ有機肥料として施用する事がある。米ぬかは無機化を経て、作物が吸収できる無機態窒素を土中に供給する。しかし、実際の圃場では様々な損失要因により、無機化量を知ることは困難である。これにより、施肥量や時期の決定が難しくなっている。土中の窒素動態に影響を与える要因の内、取得が容易な気温を用いて、ある年の窒素動態から任意年の無機化量を推定できれば、施肥管理に役立てると考えられる。そこで、本研究では有機肥料の施肥管理の簡易化を目指し、施肥から収穫までの無機化による窒素量変化の推定を行った。

2.土中の窒素動態 全窒素量は有機態窒素量と無機態窒素量の和で表される。無機態窒素量は全窒素量の1割以下と少ない。そのため、全窒素ではなくイネの栽培に直接影響する無機態窒素の収支を用いて、水田土中の窒素動態を考えた。無機態窒素の収支は以下の式で示す。

(米ぬか + 土壌有機物) による無機化量 = 下方浸透量 + 窒素吸収量 + 土中の貯留量: 式 (1)
水田土中では、窒素の態変化が生じる。この態変化は主に有機態窒素 (Org-N) がアンモニア態窒素 (NH₄-N) に変化する無機化と、アンモニア態窒素 (NH₄-N) が硝酸態窒素 (NO₃-N) に変化する硝化で表される。この2つの反応は一次分解反応式で表される。そこで、無機化を式 (2)、硝化を式 (3) で表した。

$$\frac{d}{dt} C_{\text{Org-N}} = -k_{\text{min}} C_{\text{NH}_4\text{-N}} \quad \text{式 (2)}$$

$$\frac{d}{dt} C_{\text{NH}_4\text{-N}} = -k_{\text{nit}} C_{\text{NO}_3\text{-N}} \quad \text{式 (3)}$$

k_{min} (d⁻¹) は無機化速度定数、 $C_{\text{Org-N}}$ は有機物中の易分解性窒素量、 k_{nit} (d⁻¹) は硝化速度定数とした。 $C_{\text{Org-N}}$ は米ぬかのみを有機物として考慮した。

3.試料と方法 学内圃場を作土混合後に 2.25 m² の8区画に分け裸地で管理した。2020年2/7にC/N比18.7の米ぬかを窒素換算で0, 4, 8, 16 g-N/m²になるよう2区画毎施肥した (N0, N4, N8, N16区とする)。4/24にイネ (ナツヒカリ) を移植した (1回目)。同日に圃場へ気象計、土中15、30 cm 深に水圧計を設置し、気温・土中水圧の測定を開始した。5/15にイネを全て採取し圃場を裸地に戻した。6/3に再度イネを移植した (2回目)。2021年度も同様の施肥を8区画に行った。対象区として同様の施肥を行い、イネを栽培しない区画を各施肥量で設けた。6/2まで裸地で管理した。6/3に移植を行い、8/24に収穫した。土中水圧力と有効飽和透水係数、20-25cm 深の溶存態 NH₄-N と NO₃-N から窒素の下方浸透量を求めた。生育段階毎に各区画からイネを2株採取し生育調査を行った。イネの窒素含有率と地上部乾物重から窒素吸収量を求めた。全区画で、米ぬか施肥前日から収穫まで約7日毎に0-25 cm 間で4深度から土を採取した。採取した土の溶存態と吸着態を含む NH₄-N 全量と NO₃-N を測定した。土中無機態窒素量は NH₄-N と NO₃-N の和とした。下方浸透量・イネの窒素吸収量・土中窒素量の和を総無機化量とした。N0区の総無機化量が全て土壌有機物の無機化であると仮定した。そして、各施肥区と N0 区の総無機化量の差を米ぬかの無機化量とした。

4.結果と考察 Fig.1 (a) に2020年、(b) に2021年のN16区での総無機化量を示す。(a), (b)の両図で窒素の下方浸透量 (灰色)、米ぬか由来のイネの窒素吸収量 (濃斜線)、土壌有機物由来の窒素吸収量 (斜線)、米ぬか由来の土中窒素量 (濃網掛)、土壌有機物由来の土中窒素量 (網掛) の積上図で示す。下方浸透量は両年とも、総無機化量に対して極めて小さかった。イネの窒素吸収

量は吸収した時期が両年で異なった。2020年では、イネの分けつ活性期から出穂期までの、6月下旬から8月上旬まで窒素吸収量が多かった。2021年では7月下旬以降の出穂後に吸収量が大きくなった。土中窒素量は2020年では米ぬか施肥(2/6)から一回目の移植前(4/24)まで緩やかに増加した。一回目の移植から2回目の移植(6/3)ではより窒素増加量が大きくなったが、移植時に減少した。土中窒素量は6/3以降に増加、6月下旬から減少、7月以降一定となった。2021年では4月から6月まで土中窒素量が2020年より小さくなった。移植後の窒素の増加も緩やかで、その後7月中旬から8月下旬にかけて窒素量の増減が見られた。無栽培区の総無機化量は、栽培区の総無機化量と良く一致した。Fig.2に2020、2021年度の2/6から8/29までの日平均気温を示す。3月下旬から5月上旬と、7月中では2021年の気温が上回り、8月は2020年が上回った。平均気温は2月から4月までは約10℃、6月から7月は25℃、7月から8月は30℃で概ね一定となった。気温が概ね一定と見なせた3期間を湛水・非湛水に分け、それぞれの米ぬかの無機化量に式(2)を適合し無機化速度定数 k_{\min} (d^{-1})を求めた。Fig.3に k_{\min} と日平均気温 T の関係を示す。非湛水・25℃の k_{\min} は文献より0.0045 (d^{-1})とした。 k_{\min} は20℃以下ではほぼ変化がなく、20℃以上から指数関数的に増加した。同温でも、非湛水時の方が k_{\min} は大きくなった。湛水・非湛水時の k_{\min} と T の関係式を示す。

$$k_{\min}(\text{湛水}) = 0.0001 \times e^{(0.2057T)} \quad \text{式(4)}$$

$$k_{\min}(\text{非湛水}) = 0.0001 \times e^{(0.2637T)} \quad \text{式(5)}$$

式(2)、(4)、(5)と2021年の日平均気温から、2021年の米ぬかの無機化量を推定した。その結果をFig.4に示す。マーカーで測定値、点線で無機化のみの推定値、実線で硝化を考慮した推定値を示す。無機化のみでは実測を過大評価した。そこで、4/19から6/3は $k_{\text{nit}}=0.13$ 、6/3から6/29は $k_{\text{nit}}=0.026$ の硝化を考慮した推定を行うと、推定は実測をよく表した。

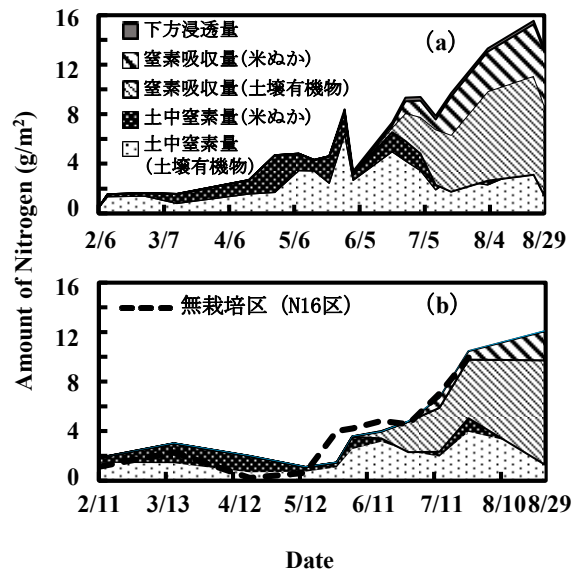


Fig. 1 2020, 2021年のN16区の総無機化量

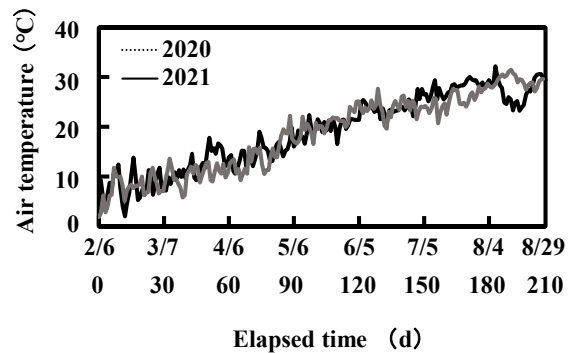


Fig. 2 2020, 2021年の日平均気温 T

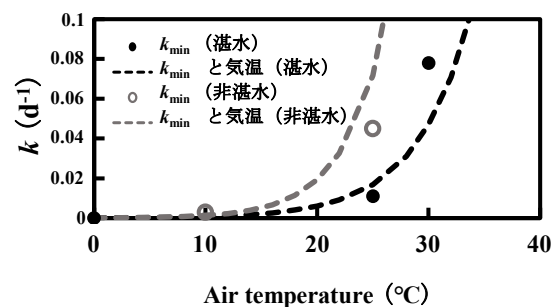


Fig. 3 日平均気温 T と無機化速度定数 k_{\min} の関係

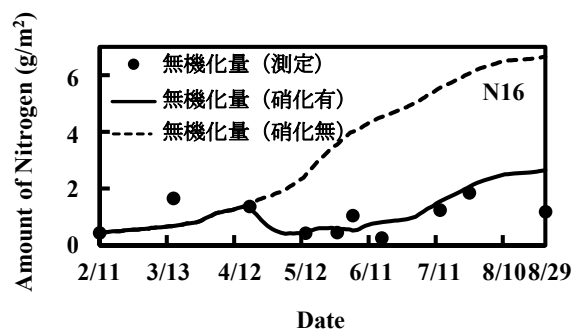


Fig. 4 2021年への無機化モデルの推定結果