

## 15N利用による米ぬか窒素吸収の作物間比較

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	山縣, 真人 中川, 建也 阿江, 教治
巻/号	68巻3号
掲載ページ	p. 291-294
発行年月	1997年6月

# <sup>15</sup>N 利用による米ぬか窒素吸収の作物間比較\*<sup>1</sup>

山縣真人\*<sup>2</sup>・中川建也\*<sup>3</sup>・阿江教治\*<sup>4</sup>

キーワード 有機態窒素, 米ぬか, 窒素吸収, イネ, トウモロコシ

## 1. はじめに

C/N 比の高い有機態窒素として「稲わら入り米ぬか」(C/N 比 20) を用いた各種作物への 2 年間の畑圃場施用試験の結果, イネ (リクトウ) はトウモロコシに比べ, 米ぬか施用による窒素吸収量の増加割合が高かった<sup>1,2)</sup>。また, ポット試験により根域を限定した場合においてもイネの窒素吸収量が多かったことから, イネの高い窒素吸収能は根域の大きさではなく, 作物根の機能そのものに由来するものと考えた<sup>2)</sup>。この結果から, 「稲わら入り米ぬか」を施用したときの作物の窒素吸収に関して次のような要因を挙げた<sup>1)</sup>。①土壤微生物との競合<sup>3)</sup>; 作物根と土壤微生物との間で窒素の吸収力に差がある, ②窒素の形態による違い<sup>4,5)</sup>; 利用しやすい窒素の形態が作物によって異なる, ③根圏効果<sup>6)</sup>の強弱; 窒素の無機化過程において代謝活性が作物により異なる。

本報告では <sup>15</sup>N 標識米ぬかをイネ (*Oryza sativa* L.), トウモロコシ (*Zea mays* L.), ダイズ (*Glycine max* Merr.) に施用し, 吸収された窒素および土壌に残存した無機態窒素の <sup>15</sup>N 濃度を作物間および無作付土壌と比較した。これより窒素吸収量の増加が米ぬか窒素に直接的に由来することを確認し, また上記の要因のうち②, ③について議論した。

## 2. 試験方法

農業環境技術研究所内の畑圃場より黒ボク土 (全炭素

41.7 g kg<sup>-1</sup>, 全窒素 3.4 g kg<sup>-1</sup>) を採取し, 2 L ポットに 1.5 kg (乾土 1.1 kg) を詰め, イネ (リクトウ, トヨハタモチ), トウモロコシ (DK 250), ダイズ (根粒非着生系統, T 201) の栽培に供した。有機態窒素として <sup>15</sup>N 標識「稲わら入り米ぬか」(<sup>15</sup>N 4.36 atom%) を窒素で 19 g m<sup>-2</sup> (ポット当たり 162 mg) 施用した。無機態窒素として <sup>15</sup>N 標識塩化アンモニウム (<sup>15</sup>N 13.3 atom%, 以下塩安と記す) を窒素で 5 g m<sup>-2</sup> (ポット当たり 43 mg) 施用した区を設けた。「稲わら入り米ぬか」とは, 米ぬかに稲わらを 25% w/w の割合で添加して C/N 比を 20 とし窒素無機化速度を遅くしたものである<sup>1)</sup> (以下, 米ぬかと記す)。対照として無窒素区を設けた。1995 年 3 月 9 日にすべての処理区に PK 化成肥料を用いてリン酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), カリ (K<sub>2</sub>O) 10 g m<sup>-2</sup> を, さらに熔リン 50 g m<sup>-2</sup> を施用した。ガラス室において, 3 月 17 日に播種を行い, 5 月 12 日 (播種後 56 日), 5 月 25 日 (播種後 69 日), 6 月 7 日 (播種後 82 日) に作物および土壌を 4 反復で採取した。

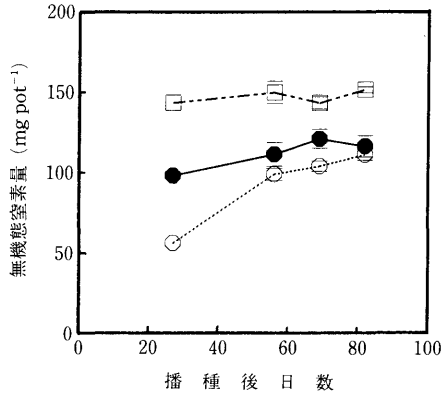
作物体は 70°C で乾燥後, 秤量, 粉碎, ガンニング変法により分解, オートアナライザーにより全窒素を定量した。さらに, この分解液中の窒素を微量拡散装置を用いて濃縮し, Dumas 法で放電管を調製, 発光分光分析法により <sup>15</sup>N 濃度を測定した<sup>7)</sup>。土壌は採取後, ただちに凍結保蔵し, これについて 2 mol L<sup>-1</sup> の塩化カリウム溶液で無機態窒素を抽出, オートアナライザーにより測定した。さらに, この抽出液の <sup>15</sup>N 濃度を作物体の場合と同様に処理後, 測定した。

## 3. 結果

無作付区の土壌中の無機態窒素量を第 1 図に示した。米ぬか区においては, 生育初期に無窒素区よりも低く推移した。塩安区では初期より無機態窒素量が多く, 播種後 82 日まではほぼ一定に保った。

3 作物の窒素吸収量は第 1 表に示したように, 各処理区ともダイズ, トウモロコシで高く, イネは低かった。無窒素区と比べて, 米ぬか区のイネの窒素吸収量は 56,

\* 有機態窒素の吸収および吸収機構の作物間比較 (第 2 報)  
本報告の一部は日本土壌肥料学会 1996 年度東京大会において発表した。  
<sup>2</sup> 農林水産省農業環境技術研究所 (現在, 北海道農業試験場 082 北海道河西郡芽室町新生)  
<sup>3</sup> 愛媛県農業試験場 (799-024 北条市上難波字塩子甲 311)  
<sup>4</sup> 農林水産省農業環境技術研究所 (305 つくば市観音台 3-1-1)  
1996 年 6 月 5 日受付・受理  
日本土壌肥料学雑誌 第 68 巻 第 3 号 p. 291~294(1997)



第1図 無作付区における土壤中の無機態窒素量  
○ 米ぬか区, □ 塩安区, ● 無窒素区, = 標準誤差 (n = 4).

第1表 各処理区におけるイネ, トウモロコシ, ダイズのポット当たりの窒素吸収量 (mg)

		播種後日数		
		56	69	82
米ぬか区	イネ	7.0±0.7	22.7±2.0	44.7±3.8
	トウモロコシ	36.2±3.5	62.8±3.0	57.7±1.7
	ダイズ	44.7±4.1	75.5±0.8	82.4±1.4
塩安区	イネ	4.7±0.5	15.1±1.5	34.9±2.0
	トウモロコシ	42.4±4.5	100.4±5.3	94.2±3.7
	ダイズ	54.1±1.4	101.1±4.6	131.0±2.8
無窒素区	イネ	4.3±0.5	14.3±1.0	30.6±2.0
	トウモロコシ	29.8±2.0	71.9±2.2	65.2±3.0
	ダイズ	44.7±3.6	73.3±3.1	90.0±2.5

平均±標準誤差 (n = 4).

69, 82 日の測定日も多かった。しかし, ダイズ, トウモロコシの吸収量はイネでみられたような傾向はなく, 82 日では米ぬか区の方が少なかった。この結果, 米ぬか区におけるイネと, トウモロコシおよびダイズ間の窒素吸収量の差は小さくなった。しかし, 塩安区のイネは窒素吸収量が無窒素区と比較して最大 4 mg 程度しか増加しなかったのに対してダイズ, トウモロコシの窒素吸収量の増加量はそれぞれ最大 30, 40 mg の増加量を示した。

各作物の吸収窒素および土壌に残存した無機態窒素の <sup>15</sup>N 濃度を第2表に示した。米ぬか区においては播種後 69, 82 日のイネの吸収窒素の <sup>15</sup>N 濃度は 1.53, 1.54 atom% と トウモロコシ, ダイズの 1.33~1.38 atom% よりも有意に高かったが, 塩安区においては差は認められなかった。米ぬかおよび塩安由来の窒素が作物に吸収された窒素に占める割合 (寄与率) を第3表に

第2表 各処理区におけるイネ, トウモロコシ, ダイズの吸収窒素および土壌残存無機態窒素の <sup>15</sup>N 濃度 (atom%)

作物吸収窒素	播種後日数			
	56	69	82	
米ぬか区	イネ	1.44±0.04	1.53±0.01	1.54±0.02
	トウモロコシ	1.39±0.06	1.36±0.01	1.38±0.03
	ダイズ	1.26±0.03	1.33±0.03	1.38±0.01
塩安区	イネ	3.11±0.10	3.05±0.02	3.02±0.04
	トウモロコシ	3.06±0.06	3.09±0.03	2.90±0.04
	ダイズ	2.80±0.06	2.90±0.02	2.89±0.02
土壌無機態窒素				
米ぬか区	イネ	1.63±0.02		
	トウモロコシ	1.60±0.03		
	ダイズ	1.57±0.03		
無作付	1.49±0.03			
塩安区	イネ	2.52±0.19		
	トウモロコシ	1.93±0.03		
	ダイズ	2.41±0.08		
無作付	2.85±0.09			

平均±標準誤差 (n = 4).

第3表 米ぬかおよび塩安由来窒素が各作物の期間別吸収窒素に占める割合 (%)

		期間 (播種後日数)	
		0~56	56~69
米ぬか区	イネ	25.3±0.3	25.8±0.5
	トウモロコシ	21.6±0.2	20.0±2.1
	ダイズ	20.9±0.8	21.9±2.8
塩安区	イネ	20.5±0.1	20.1±0.1
	トウモロコシ	20.8±0.2	20.7±0.4
	ダイズ	19.3±0.2	19.8±0.7

平均±標準誤差 (n = 4).

期間別に示した。米ぬか区においてはイネで 25%, トウモロコシ, ダイズで 20% 程度であり, イネは米ぬか窒素を相対的に多く吸収した。塩安区においてはどの作物もほとんど等しく 20% 前後の値を示したが, これは米ぬか区のトウモロコシ, ダイズとほぼ等しかった。

土壌中の無機態窒素の <sup>15</sup>N 濃度は第2表に示したように, 米ぬか区においては各作物とも 1.6% 前後でほとんど等しく, この値は無作付区よりも少し高かった。塩安区においては, 逆に作付区の方が無作付区よりも低く, イネ, ダイズはほとんど等しかったが, トウモロコシはこれよりもさらに低かった。

#### 4. 考 察

本試験に用いた米ぬかはC/N比が高く、微生物への窒素の取り込みのため、米ぬか区の無機態窒素は無窒素区のそれよりも低かった(第1図)。したがって、米ぬか区は無機態窒素の供給が制限された状態であったのに対して、塩安区では無機態窒素が容易に吸収できる状態にあったといえる。

第1表に示したように、イネの窒素吸収量はダイズ、トウモロコシよりも低かった。米ぬか区においては、無窒素区と比べてダイズやトウモロコシの窒素吸収量は抑制されたが、イネの窒素吸収量は大きく増加した。塩安区においては、無窒素区と比べてダイズ、トウモロコシの窒素吸収量が著しく増加したが、イネではほとんど増加しなかった。これらのことから、イネは米ぬか窒素をより吸収しやすいが、塩安窒素に対しては反応が低いこと、ダイズおよびトウモロコシは塩安窒素に対する反応は高いが、米ぬか窒素に対する反応は低いことが示された。これは以前の報告と一致する<sup>1)</sup>。このように、イネは米ぬか窒素などの有機態窒素の吸収に、ダイズ、トウモロコシは塩安などの無機態窒素の吸収にすぐれていると考えられる。

米ぬか区の土壤に残存した無機態窒素中の<sup>15</sup>N濃度は作物間で違いがなかったにもかかわらず、イネが吸収した窒素の<sup>15</sup>N濃度が高かった(第2表)ことから、イネはトウモロコシ、ダイズに比べ、米ぬか窒素が土壤中で希釈される前に吸収した割合が高いと考えられる。すなわち、有機態窒素の無機化過程において、米ぬか窒素が硝酸態にまで変換されると、最終産物である硝酸態窒素は土壤中に豊富に蓄積しているため、その<sup>15</sup>N濃度が低下する。したがって、トウモロコシ、ダイズは硝酸態の窒素を吸収した割合が比較的高いが、イネは土壤にあまり蓄積していないと考えられるアンモニア態、アミノ酸態あるいは低分子有機態窒素化合物の形態の窒素を吸収した割合が高かったと思われる。これに反して、塩安区においては各作物の吸収窒素の<sup>15</sup>N濃度には差がなかったことから、各作物とも塩安窒素に対する吸収特性には差がなかったものと考えられる。

米ぬか区においては、作付区の土壤に残存した無機態窒素の<sup>15</sup>N濃度は無作付区の土壤中の無機態窒素の<sup>15</sup>N濃度よりも一様に高かったことから、各作物とも等しく有機態窒素の無機化を促進したのではないかと推察する。すなわち、作物は土壤中で生成した無機態窒素を米ぬか由来とその他の有機物由来とを区別することなく吸収するはずであるから、残った無機態窒素中の米ぬか由

来の割合は、窒素が全く吸収されていない無作付のそれと等しくなるはずである。なぜなら、土壤に初めから存在していた無機態窒素は、作付、無作付とは関係なく、初期のうちに微生物に取り込まれ、インキュベーション20日前後で無機態窒素はほとんど消失<sup>2)</sup>する一方、この時期の作物体は小さいため窒素吸収量はきわめて少ないと考えられるので、この窒素は作物の有無の影響を受けることがなく、無機態窒素の土壤中での希釈には寄与しないとみなせるからである。ただし、無機化を促進したとはいってもポット全体で窒素量の収支をみると、作付区における作物吸収窒素+土壤残存無機態窒素量が無作付区の土壤中の無機態窒素量を下回った。この不足分は脱窒<sup>3)</sup>あるいは再有機化<sup>4)</sup>によるものと思われるが詳細は不明である。塩安区においては、トウモロコシの土壤中の無機態窒素の<sup>15</sup>N濃度はイネ、ダイズよりも低かったにもかかわらず、作物に吸収された窒素の<sup>15</sup>N濃度は各作物ともほぼ3 atom%と等しかった。これは、塩安区では米ぬか区とは異なり、初めから<sup>15</sup>Nが全量、無機態窒素として土壤中に存在するため、作物がこれを吸収し、かつ土壤有機物より無機化した窒素が加わるので、作付区の土壤残存無機態窒素の<sup>15</sup>N濃度が低くなったと考えられる。ただし、窒素吸収パターンの似ているトウモロコシとダイズで土壤無機態窒素の<sup>15</sup>N濃度に差があった原因は明らかではない。

これらの議論は作物体の窒素および土壤中の無機態窒素中の<sup>15</sup>N濃度に基づくものであり直接的な証明ではない。現在、根圏効果の作物間比較を行うため、作物根圏での各種酵素活性の測定を行っている。さらに、各種の窒素源に対する吸収力の作物間比較のため、米ぬか分解物の分画および吸収試験を行い、窒素化合物の直接吸収を検討する必要がある。

#### 5. 要 約

これまでの圃場試験の結果から、有機態窒素として「稲わら入り米ぬか」(米ぬか)を施用したときの窒素吸収量の増加割合がイネの方がトウモロコシよりも高かった。この要因として、作物の窒素の吸収形態および根圏効果について検討した。すなわち、ポット試験において<sup>15</sup>Nで標識した米ぬかをイネ、ダイズ、トウモロコシに施用して、土壤中の無機態窒素、作物吸収窒素を分析し、以下の知見を得た。

- 1) 米ぬか窒素に対するイネの吸収能力はトウモロコシ、ダイズよりも高かった。
- 2) アンモニア態、アミノ酸態および低分子有機態窒素に対するイネの吸収能力はトウモロコシ、ダイズより

も高いことが示唆された。

3) 米ぬか窒素の無機化に関して各作物とも同程度の根圏効果が示唆された。

謝 辞 本研究を行うにあたり、<sup>15</sup>N 標識米ぬかを快く分けていただいた佐賀大学山室成一教授に深謝いたします。

#### 文 献

- 1) 山縣真人・阿江教治・大谷 卓：作物の生育反応に及ぼす有機態窒素の効果，土肥誌，**67**，345～353 (1996)
- 2) YAMAGATA, M. and AE, N. : Nitrogen uptake response of crops to organic nitrogen. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **42**，389～394 (1996)
- 3) MOISTER, A., HAIDER, K. and HEINEMEYER, O. : Effects of plants on organic carbon and nitrogen turnover in soil. *Agronomy Abstracts* 1987, p. 188, American Society of Agronomy, Madison, WI (1987)
- 4) GHOSH, B. P. and BURRIS, R. H. : Utilization of nitrogenous compounds by plants. *Soil Sci.*, **70**，187～203 (1956)
- 5) WRIGHT, D. E. : Amino acid uptake by plant roots. *Ar. Biochem. Biophys.*, **97**，174～180 (1962)
- 6) CLARHOLM, M. : Interactions of bacteria, Protozoa and plants leading to mineralization of soil nitrogen. *Soil Biol. Biochem.*, **17**，181～187 (1985)
- 7) 三井進午・吉川春寿・中根良平・熊沢喜久雄：重窒素利用研究法，p. 17～45，学会出版センター，東京 (1980)
- 8) 西尾 隆：耕地土壌の脱窒過程，土肥誌，**65**，463～471 (1994)
- 9) 西尾 隆・金森哲夫・藤本堯夫：北海道の火山灰畑土壌における施肥窒素の秋季～春季間の挙動，北海道農試研報，**149**，45～55 (1988)

### Differences among Crops on Nitrogen Uptake from Rice Bran Using the <sup>15</sup>N Tracer Technique

Makoto YAMAGATA, Kenya NAKAGAWA\* and Noriharu EA  
(*Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.*, \* *Ehime Agric. Exp. Stn.*)

Previously, we showed results that upland rice (*Oryza sativa* L.) had a higher response to organic nitrogen applied as rice bran than maize (*Zea mays* L.). We proposed three hypotheses for the results. Firstly, rice has a greater ability to compete with microorganisms for inorganic nitrogen. Secondly, rice is superior in the uptake of ammonium, amino acids and peptides. Thirdly, the mineralization in the rice root zone occurs more actively as compared to other crops.

We conducted pot trials in which upland rice, maize and soybean (*Glycine max* Merr.) were cultivated with <sup>15</sup>N-labelled rice bran. The crop and soil were taken for N and <sup>15</sup>N analysis at three stages. The total nitrogen in the plants and inorganic nitrogen in the soils were determined by a calorimetric method, and followed by Kjeldahl digestion and KCl extraction, respectively. The <sup>15</sup>N was measured by the emission spectrometric method.

The <sup>15</sup>N concentration of the rice plant was higher than other crops. This suggests that rice is more liable to take up nitrogen such as ammonium, amino acids and peptides rather than nitrate, which is accumulated in the soil and subsequently reduces the <sup>15</sup>N concentration in plants. The <sup>15</sup>N concentration of inorganic nitrogen in the cultivated soil was higher than that in the fallow. This suggests that the mineralization of organic nitrogen is accelerated by cultivation, but no differences among the crops studied were observed. Consequently, the second hypothesis is supported by these results, while the third in not.

*Key words* maize, nitrogen mineralization, nitrogen uptake, rice, rice bran

(*Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, **68**, 291-294, 1997)