



オオムギの亜硝酸態窒素利用能：硝酸態，アンモニア態窒素利用能との比較(農芸化学)

王子，善清
岡本，三郎

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 14(2):349-353

(Issue Date)

1981-01-30

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00227234>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00227234>



オオムギの亜硝酸態窒素利用能

——硝酸態, アンモニア態窒素利用能との比較——

上子善清*・岡本三郎*

(昭和55年8月11日受理)

NITRITE UTILIZATION IN BARLEY PLANTS AS COMPARED WITH NITRATE AND AMMONIUM UTILIZATION

Yoshikiyo OJI and Saburo OKAMOTO

Abstract

Nitrite utilization by 3-week-old barley plants was investigated, and compared with the utilization of nitrate and ammonium. The nitrogen concentration in culture solution was 4 mM.

- 1) Barley plants grown in solution culture were able to utilize either nitrite, nitrate, or ammonium as a sole nitrogen source without visible injury. They were highly tolerant to nitrite and could grow with nitrite as much as with nitrate.
- 2) Plants supplied with nitrite accumulated higher levels of asparagine and glutamine in the roots than did those fed with ammonium, whereas levels of other amino acids were similar.
- 3) Ammonium accumulation occurred at similar levels in the roots of nitrite-fed and ammonium-fed plants

It was therefore concluded that the tolerance of barley plants to nitrite injury was due to the fact that nitrite absorbed by them was rapidly reduced to ammonia and then actively assimilated into asparagine and glutamine in the roots.

緒言

これまでに筆者ら⁸⁻¹²⁾は好アンモニア性植物であるイネと好硝酸性植物であるキュウリを供試して、両植物種間の窒素形態に対する嗜好性の差異の栄養生理的背景を解明する目的で、無機態窒素の同化場面に見られる種々の差異を比較検討してきた。その中で、亜硝酸態窒素の利用性に顕著な差異を認めた。すなわちイネは亜硝酸態窒素が与えられると著しい亜硝酸障害をうけ、根は赤褐色化し腐敗し、ついには全体が枯死したのに対して、キュウリは外観上異常なく生育することを見出した。この両植物は植物分類上の類縁性が遠く、また生育環境も著しく異なるものであった。すなわちイネは単子葉、沼沢作物であり、キュウリは双子葉、畑作物であった。

そこで本報では植物分類上においてはイネと同じイネ

科に、また生育環境上においてはキュウリと同じ畑作物に属し、かつ窒素の形態に対する嗜好性に関して中間的色彩の濃いオオムギを供試し、その亜硝酸態窒素の同化利用能を、硝酸態窒素およびアンモニア態窒素の同化利用能と対比しつつ、検討した。

実験材料および方法

三条オオムギ(品質関東2号)の種子をブッフナー漏斗上にとり、暗所(約20°C)で水道水を滴下しつつ発芽させた。発芽幼植物を既報⁸⁾のイネおよびキュウリと同じ方法、同じ培養液を与えて生育させた。発芽後18日目の幼植物に、窒素源のみを欠除した同培養液を与えて窒素枯渇処理を3日間行ったあと実験を開始した。すなわち、発芽後21日目の幼植物にNO₃-N (NaNO₃)のみ、NH₄-N(NH₄Cl)のみ、NO₂-N(NaNO₂)のみ、およびこれら2種類を等量混合したものを窒素源(総窒素濃度は4mM)として、毎日培養液を更新しながら10日間生育

* 植物栄養学研究室

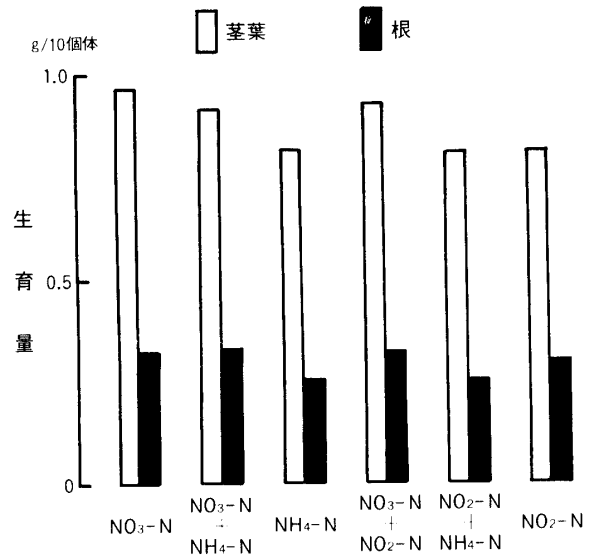
させた。この間（発芽後21日目から31日目）の生育量並びに、各種の窒素成分含量を既報^{9,13)}のように定量した。なお実験は10月～11月に網室で実施した。

実験結果

1. 硝酸態、アンモニア態、亜硝酸態窒素に対する生育反応の差異

写真1(上)にNO₃-N、NH₄-NおよびNO₂-Nを窒素源として10日間処理したあとのオオムギの生育状況を示した。比較のために同期間同一処理を行った場合のイネの生育状況も同時に示した。

オオムギはイネと対照的にNO₂-Nを与えられたときにも何ら外観上の異常が現われず旺盛な生育を遂げた。またイネにみられたような根の腐敗化が起こらなかった。処理期間中における各区の乾物重の増加量(生育量)を第1図に示した。NO₃-N区の生育が最も良好で、NH₄-N区、NO₂-N区ではわずかに劣ったが、処理区間には大差が認められなかった。また水分含量を第1表に示したが、NH₄-N区で若干低くなったが、NO₂-N区でも水分含量が低下しなかった。NO₂-Nはイネ根の吸水力を低下させることをすでに報告したが¹¹⁾、オオム



第1図 各処理区におけるオオムギの生育量の差異

ギの場合には吸水力の低下がみられず、極めて耐亜硝酸性の強いことが判明した。以上のように、オオムギは、イネと違って亜硝酸毒性をうけず、いずれの形態窒素もよく利用できるように思われる。

2. 各形態窒素の吸収量およびタンパク化能の差異

NO₃-N区、NH₄-N区およびNO₂-N区における処理期間中の全窒素の増加量(窒素の吸収量)を第2図に、またタンパク態窒素の増加量(タンパク化能)を第3図に示した。NO₂-N区のオオムギの窒素吸収量、タンパク化能はNH₄-N区を上回り、NO₃-N区と同程度にまで達した。

すでに報告¹⁰⁾したようにNO₂-N区のイネは亜硝酸障害をうけ、窒素の吸収量、タンパク化能も極端に低下したのに対して、イネと同じ科に属するオオムギは同一実験条件下で亜硝酸障害をうけることなく、硝酸態の窒素に匹敵する量の窒素を亜硝酸態から吸収し、それをタンパク化できることは極めて興味がある。

3. 遊離の硝酸態窒素およびアンモニア態窒素含量の差異

処理後3日目および10日目の植物体中における硝酸態窒素およびアンモニア態窒素の含量をそれぞれ第2表、第3表に示した。硝酸態窒素はNO₃-N区(特に

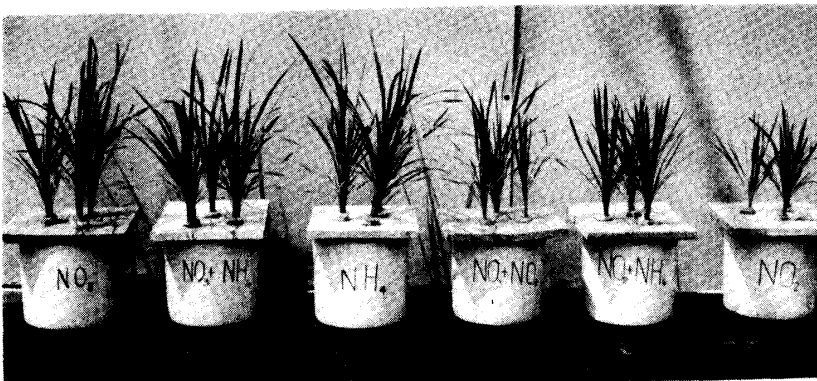
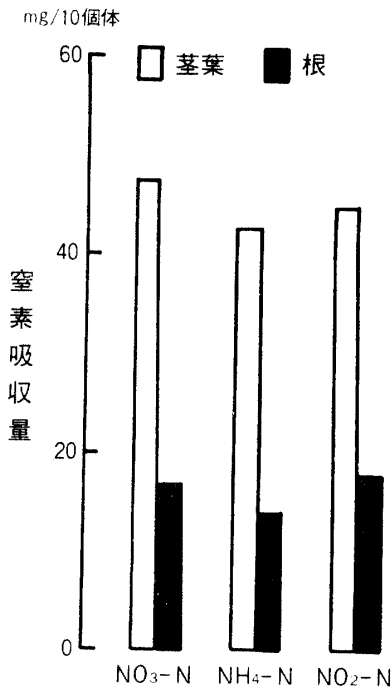


写真1 窒素源を異にしたときのオオムギ(上)とイネ(下)の生育状況
それぞれ左からNO₃-N区、NO₃+NH₄-N区、NH₄-N区、NO₃+NO₂-N区、NO₂+NH₄-N区、NO₂-N区の順

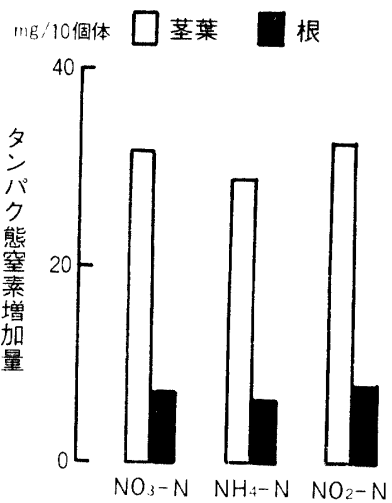
第1表 処理後10日目のオオムギの水分含有率

窒素源	茎葉 (%)	根 (%)
NO ₃ -N	88.7	93.2
NO ₃ +NH ₄ -N	88.4	93.3
NH ₄ -N	87.7	92.2
NO ₃ +NO ₂ -N	89.0	94.1
NO ₂ +NH ₄ -N	88.6	93.8
NO ₂ -N	89.0	93.6

根)に蓄積した、NH₄-N区、NO₂-N区ではその含量が極めて少なかった。アンモニア態窒素はNO₃-N区では微量であったが、NH₄-N区およびNO₂-N区では相当高まった。NO₂-N区の根および茎葉にアンモニア態窒素が高まったことは根でのアンモニア同化速度を上回る亜硝酸のアンモニア化が根で行われていることを物語っている。なぜなら、根において未同化のアンモニア態窒素は第3表からわかるように茎葉部にそのままの形態で移行するが、植物根に吸収された亜硝酸態窒素は未変化の形態で茎葉部へ移行するとは思えない^{11,20)}、したがって、茎葉部のアンモニア態窒素の増加は根における亜



第2図 NO₃-N区、NH₄-N区およびNO₂-N区におけるオオムギの窒素吸収量の差異



第3図 NO₃-N区、NH₄-N区およびNO₂-N区におけるオオムギのタンパク態窒素増加量の差異

硝酸のアンモニア化、引き続きアンモニアの茎葉部への移行によると推察されるからである。

4. 遊離アミノ酸含量の差異

オオムギは耐アンモニア性が強く過剰のアンモニア態窒素をアスパラギン、グルタミンとして解毒(同化)することをすでに明らかにしたが⁹⁾、ここでは、主としてオオムギの耐亜硝酸性を亜硝酸態窒素の解毒という面から検討を加えるため、NO₃-N区、NH₄-N区およびNO₂-N区の遊離アミノ酸含量を定量し比較検討した。その結果が第4表(根)、第5表(茎葉)である。

アミノ酸の全量をみると根ではNO₂-N区>NH₄-N区>NO₃-N区、茎葉ではNH₄-N区>NO₂-N区>NO₃-N区の順であった。NO₂-N区は根においてはNO₃-N区の3倍、茎葉においては1.5倍に達した。オオムギの根はNO₂-Nを吸収した場合にはNH₄-Nを吸収した場合以上にそれを有機化することが注目される。これは窒素の茎葉への移行量が少ないためではなかった

第2表 NO₃-N区、NH₄-N区およびNO₂-N区におけるオオムギの硝酸態窒素含有量の差異

窒素源	部位	処理後の日数	
		3 (mg/g 新鮮重)	10 (mg/g 新鮮重)
NO ₃ -N	茎葉	0.33	0.45
	根	0.88	0.92
NH ₄ -N	茎葉	0.04	0.01
	根	0.05	0.03
NO ₂ -N	茎葉	0.03	0.01
	根	0.06	0.04

第3表 NO₃-N区、NH₄-N区 および NO₂-N区 におけるオオムギのアンモニア態窒素含有量の差異

窒素源	部位	処理後の日数	
		3 (mg/g 新鮮重)	10 (mg/g 新鮮重)
NO ₃ -N	茎葉	0.05	0.06
	根	0.02	0.03
NH ₄ -N	葉茎	0.17	0.22
	根	0.10	0.15
NO ₂ -N	茎葉	0.12	0.14
	根	0.08	0.19

(第2図)。

次に、第4表、第5表よりNO₂-N区がNO₃-N区と著しく異なる点をのべると次のようである。まず根ではアスパラギン、グルタミンの著しい蓄積が起こった。処理後3日目においてすでに両アミドはそれぞれ12倍、11倍、10日目においては33倍、9倍に達した。これらの蓄積は同濃度のNH₄-Nを与えた場合よりも顕著なものであった。また茎葉でも根で観察されたと同じようにアスパラギン、グルタミンの顕著な蓄積が起こった。

その他のアミノ酸についてみると、根では、NO₂-N区はNO₃-N区よりもむしろ、NH₄-N区に酷似しており、茎葉では3処理区の違いが小幅になった。これらは亜硝酸態窒素が根で活発に還元され、十分な量のアンモニアを供給していること、また硝酸態窒素は茎葉部で活発に還元され、アンモニア化されていることによると推察される。

考 察

本実験に供試したオオムギはNH₄-NよりもNO₃-Nを若干よく利用したが、両形態窒素の利用性には大差がなかった。しかも、NO₂-Nを4 mM(56ppm)与えられたときにも何ら生育障害をうけず、それをよく同化利用でき、NO₃-N区に匹敵する生育を行うことができた。

このようにオオムギは耐亜硝酸性が極めて強いことが明らかとなったが、それはオオムギが亜硝酸態窒素をアスパ

第4表 NO₃-N区、NH₄-N区およびNO₂-N区におけるオオムギ根のアミノ酸含量の差異

アミノ酸	3 日 目			10 日 目		
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N
	(μモル/g新鮮重)			(μモル/g新鮮重)		
アスパラギン	0.59	4.54	7.60	0.30	4.57	10.46
グルタミン	0.49	4.14	5.38	1.57	5.74	14.04
アスパラギン酸	1.26	1.39	1.64	1.07	1.16	1.62
スレオニン	0.20	0.27	0.29	0.20	0.21	0.29
セリン	0.78	1.29	1.78	0.76	1.16	1.86
グルタミン酸	2.34	3.24	3.96	4.24	4.35	4.59
グリシン	0.19	0.31	0.33	0.15	0.26	0.36
アラニン	2.28	8.83	5.42	2.26	3.20	4.50
バリン	0.30	0.61	0.81	0.30	0.53	0.74
イソロイシン	0.06	0.14	0.14	0.07	0.08	0.13
ロイシン	0.05	0.14	0.15	0.06	0.05	0.12
チロシン	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04
フェニールアラニン	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
リジン	0.03	0.05	0.06	0.03	0.05	0.05
アルギニン	0.02	0.19	0.06	0.02	0.08	0.06
合 計	8.65	25.19	27.70	11.10	21.68	38.93

第5表 NO₃-N区、NH₄-N区およびNO₂-N区におけるオオムギ茎葉のアミノ酸含量の差異

アミノ酸	3 日 目			10 日 目		
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N
	(μモル/g新鮮重)			(μモル/g新鮮重)		
アスパラギン	0.80	3.55	4.13	1.47	11.13	10.22
グルタミン	1.10	4.39	3.24	3.62	15.57	7.78
アスパラギン酸	2.66	2.90	3.14	2.73	2.68	2.56
スレオニン	0.72	0.73	0.77	0.68	0.94	0.56
セリン	1.60	2.96	2.81	2.04	4.36	2.95
グルタミン酸	5.99	7.21	6.36	7.55	7.20	5.82
グリシン	2.13	6.22	5.21	0.60	1.32	0.43
アラニン	2.78	5.91	3.60	3.84	3.95	2.88
バリン	0.43	0.83	0.72	0.53	0.94	0.63
イソロイシン	0.09	0.16	0.13	0.10	0.20	0.11
ロイシン	0.11	0.17	0.14	0.12	0.17	0.11
チロシン	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05
フェニールアラニン	0.08	0.10	0.09	0.11	0.13	0.10
リジン	0.04	0.12	0.15	0.05	0.12	0.08
アルギニン	0.06	0.22	0.27	0.06	0.20	0.14
合 計	18.6	35.53	30.08	23.60	50.08	35.12

ラギン, グルタミンとして大量に解毒貯蔵できる能力をもっているためであると思われる。亜硝酸態窒素が有機化されるためには, いったんアンモニアまで還元されなければならないが, この亜硝酸のアンモニア化が主として根で, しかも強力な力ではたらいっていることは遊離のアンモニア態窒素が増大することからも容易に推察される。植物の耐亜硝酸性と亜硝酸態窒素のアンモニア化能との関連性に関して以下の報告が興味深い。

すなわち DUISBERG ら²⁾ は硝酸化成との関連においてその中間生成物である亜硝酸態窒素の蓄積と, それがオオムギの生育に及ぼす影響を調べた実験の中で, 亜硝酸態窒素を乾土当たり 100ppm 添加したときでもオオムギは亜硝酸の害作用をうけずそれをよく同化利用できること, FERGUSON ら³⁾ は *Lemna* を用い, SHEAT ら¹⁸⁾ はトマト切断根を用いて, これらは亜硝酸態窒素を唯一の窒素源として生育できることを報告している。また JACKSON ら⁴⁾ は, トウモロコシ幼植物の硝酸態窒素の吸収経過を詳細に調べた実験の中で, 亜硝酸態窒素を吸収させると, それは直ちに完全に還元同化されること, VANECKO ら¹⁹⁾ はコムギ葉に¹⁵NO₂-Nを infiltration すると, 酸素発生と同時に直ちにそれは消失し, アミノレベルまで還元されることを認めている。一方, JOY⁶⁾ は *Lemna* を用いて, 亜硝酸態窒素を与えても亜硝酸還元酵素の活性が強く, 組織中に遊離の亜硝酸が蓄積しないときには *Lemna* は亜硝酸態窒素に対して耐性があるが, 培地の亜硝酸態窒素濃度が高く, 還元できる以上の亜硝酸態窒素を吸収し, それが組織中に蓄積するときには数日後に死滅することを指摘した。さらに PAULSEN ら¹⁶⁾ はカルシウム欠乏のコムギ幼植物に亜硝酸が蓄積することを見出し, これはカルシウム欠乏によって硝酸態窒素の還元により生成した亜硝酸のクロロプラストへの細胞内移動が抑えられることに基因すると指摘した。また最近, 米山ら²⁰⁾ は, ゴガツササゲ, トウモロコシ, ヒマワリの¹⁵NO₂-N利用性を調べ, これらの根は亜硝酸を急速にアミノレベルまで還元同化することを確認している。なお, 亜硝酸態窒素の地上部への移動に関しては, 筆者ら¹¹⁾, JACKSON ら⁹⁾ および米山ら²⁰⁾ の実験結果からみて, 亜硝酸態窒素が未変化のまま地上部へ移行されるとは思われないので, 根での亜硝酸態窒素の還元能が植物の耐亜硝酸性に決定的役割を演じていると推察される。

したがって, 亜硝酸態窒素は植物に対して極めて毒性が強い^{1, 7, 14, 15, 17)} といふものの, その毒性は植物の, 特に根の亜硝酸態窒素の還元同化能と密接に関連しているのである。

要 約

オオムギ幼植物を供試し, その亜硝酸態窒素の同化利用能を, 硝酸態窒素およびアンモニア態窒素の同化利用能と対比しつつ, 検討した。

- 1) オオムギはいずれの形態窒素もよく吸収利用でき, 4 mMの亜硝酸態窒素を与えられても何ら外観上の障害が認められず, NO₃-N区に匹敵する生育を示した。
- 2) NO₂-N区の根には, NH₄-N区を上回るアスパラギン, グルタミンが多量に蓄積した。その他のアミノ酸含量は両区間に大差がなかった。
- 3) NO₂-N区の根にNH₄-N区と同程度のアンモニア態窒素が蓄積した。

以上の結果から, オオムギは吸収した亜硝酸態窒素を根で直ちに還元, アンモニア化し, さらにそれをアスパラギン, グルタミンの形態で貯蔵蓄積することによって亜硝酸態窒素を解毒しているものと結論できた。

文 献

- 1) BINGHAM, F. T., H. D. CHAPMAN and A. L. PUGH: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 18, 303-308, 1954.
- 2) DUISBERG, P. C. and T. F. BUEHRER: *Soil Sci.*, 78, 37-49, 1954.
- 3) FERGUSON, A. R. and E. G. BOLLARD: *Planta*, 88, 344-352, 1969.
- 4) JACKSON, W. A., D. FLESHER and R. H. HAGEMAN: *Plant Physiol.*, 51, 120-127, 1973.
- 5) JACKSON, W. A., R. E. JOHNSON and R. J. VOLK: *Physiol. Plant.*, 32, 37-42, 1974.
- 6) JOY, K. W.: *Plant Physiol.*, 44, 849-853, 1969.
- 7) MCKEE, H. S.: *Nitrogen Metabolism in Plants*, p. 24-25, Clarendon Press, Oxford, 1962.
- 8) 王子善清・伊沢悟郎: 土肥誌, 45, 259-262, 1974.
- 9) 王子善清・伊沢悟郎: 土肥誌, 45, 341-351, 1974.
- 10) 王子善清: 土肥誌, 47, 6-7, 1976.
- 11) 王子善清・脇内成昭・伊沢悟郎: 土肥誌, 47, 172-177, 1976.
- 12) 王子善清・平田正博: 土肥誌, 47, 178-182, 1976.
- 13) OJI, Y. and G. IZAWA: *Plant Cell Physiol.*, 12, 817-821, 1971.
- 14) OKE, O. L.: *Nature*, 212, 528, 1966.
- 15) 大沢孝也: 園学雑, 40, 395-400, 1971.
- 16) PAULSEN, G. M. and J. E. HARPER: *Plant Physiol.*, 43, 775-780, 1968.
- 17) PHIPPS, R. H. and I. S. CORNFORTH: *Plant Soil*, 33, 457-466, 1970.
- 18) SHEAT, D. E. G., B. H. FLETCHER and H. E. STREET: *New Phytol.*, 58, 128-141, 1959.
- 19) VANECKO, S. and J. E. VARNER: *Plant Physiol.*, 30, 388-390, 1955.
- 20) YONEYAMA, T., E. IWATA and J. YAZAKI: *Soil Sci. Plant Nutr.*, 26, 9-23, 1980.