

硝酸系肥料の 特徴と有利性

チッソ旭肥料(株)
技術部

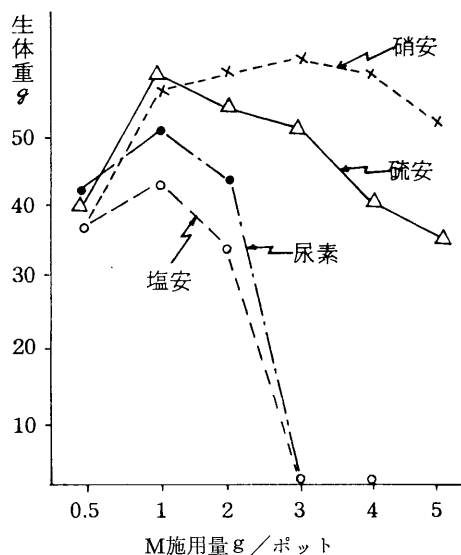
1. $\text{NO}_3\text{-N}$ は土壌を酸性化させず、濃度障害も出にくい。

①土壌溶液の pH の低下は、塩化物>硫酸塩>硝酸塩肥料の順で、EC も同様となった。土壌溶液への NH_4 の溶出率も NH_4Cl > $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ > NH_4NO_3 の順である。カチオンの溶出力は Cl > SO_4 > NO_3 である。

② $\text{NO}_3\text{-N}$ 肥料は $\text{NH}_4\text{-N}$ 肥料よりも EC が高まっても、トマト、ナス、ピーマンの収量は高く、濃度障害も出にくい。

③濃度障害は硝安が最も現れにくく、ついで硫安、尿素、塩安の順であった。(第1図)

第1図 窒素肥料の種類、量と濃度障害の現われかた



2. $\text{NO}_3\text{-N}$ は土壌の反応・湿潤、作物の種苗期・完熟期、気象の高・低温などの広範な条件で有利である。

① 土壌の pH, 水分について

1) 酸性側で $\text{NH}_4\text{-N}$ の生育阻害は出やすい。(トマト、レタス、ハクサイ、タバコ) (第1表)

2) $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収に適する pH 土壌の範囲は $\text{NH}_4\text{-N}$ の場合より可なり広い。(Nightingale G.T. '37)*

3) 土壌の通気が乏しい酸素欠乏の土壌条件で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は酸素源として有利である。(Haas, A.R.C. '37,

第1表 pH6.0 および 4.0 における 1mM $\text{NH}_4\text{-N}$ と、 $\text{NO}_3\text{-N}$ に対する各種作物の生育反応 (pH6.0・ $\text{NO}_3\text{-N}$ の生育量に対する指数)

作物種	pH 4.0		
	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
ピーマン	61	32	17(53)
トマト	93	70	28(40)
キュウリ	55	71	42(59)
レタス	127	72	50(69)
ハクサイ	60	88	33(38)
ダイズ	80	95	59(62)
タバコ	43	105	9(9)
トウモロコシ	97	117	88(75)
イネ	123	97	119(123)

()内の数値は pH 4.0・ $\text{NO}_3\text{-N}$ 区に対する指数

Shive. '41, Gilbert, '42, '45, 4 編)

② 作物の種苗期、完熟期について

- 1) 幼苗期 (ミツバ) はアンモニア害は出やすい。
- 2) 播種時～発芽直後の幼苗期の $\text{NH}_4\text{-N}$ 区はトマト、キュウリ、コカブ、カンランへの害作用が著しい。
- 3) 植物が完熟するのに $\text{NH}_4\text{-N}$ より $\text{NO}_3\text{-N}$ をより好む性質がある。(Prince, A.L. '22, Jones C.D., '26, Naftel. J.A. '31, Session, A.C. '33 4 編)

③ 気象の高・低温について

- 1) NH_4 と NO_3 の優劣は 15～20℃ の低温では NO_3 が良く、低温ではアンモニア障害と K の吸収減が出やすい。(ダイコン、ハクサイ>ライグラス、トウモロコシ、ジャガイモ)
- 2) NH_4 の害作用は、夏、秋作のほうが冬作よりも早く現れ、進行も急激である。
3. $\text{NO}_3\text{-N}$ は生育相が良く、異常気象にも強い。

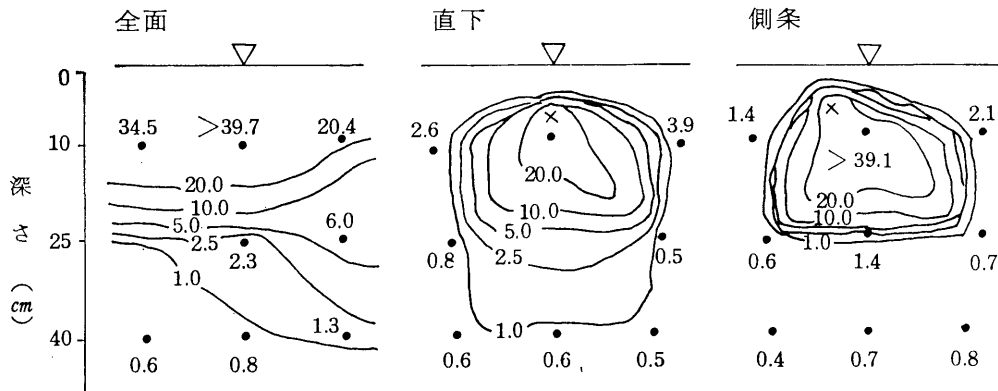
① $\text{NO}_3\text{-N}$ は $\text{NH}_4\text{-N}$ よりも根部の生長をおさえることがないので、生育、根張りが良く、地上部/地下部比率も低い。(エンバク)

② 硝酸系肥料にくらべ、アンモニア系肥料を施用すると、全般にキャベツの発育は劣り、特に施肥部周辺では根の発達が抑制される現象が見られた。施肥部付近では施肥部を中心に高濃度から低濃度まで広範囲に肥料は分布している。(第2図)

③ NH_4 が N 源のときは、日照等に左右されずにアミノ酸や蛋白になり、葉面積が大きくなり、いわゆる過繁茂となるが、 NO_3 の場合は与えられた光の強さに応じて還元されて NH_4 になり、光の強さに応じただけの葉面積が作られ過繁茂となることは少ない。 $\text{NO}_3\text{-N}$ が良い理由は、 NH_4 での過繁茂、有毒性と、 NO_3 の貯蔵、

注: *Potassium Nitrate in Crop Nutrition 所載の文献の著者と年次

第2図 施肥位置と土壤中の無機窒素の分布 (森崎ら・1985)



注) 土壤100g当たりのNmg数。

×印が施肥位置を, ▽印はキャベツ株元をしめす。

適時有効化による。

④ 冬や温室など貧弱な照明状態の下では、 NH_4 の施用は暗緑色、多汁で植物組織内のリグニン、セルロースも少い生育となり、比較的小さな果実(リンゴ、トマト)を生産する。(Tiedjens, V.A. '31, Nightingale G.T. '28, Tiedjens, V.A. '34)

4. $\text{NO}_3\text{-N}$ は K, Ca, Mg の吸収を増加させ、品質が良くなる。

① アンモニア過剰でK, Ca, Mgの吸収不足が起きやすい。(第2表)

② コカブのCa, Mg吸収量は $\text{NaNO}_3 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の順である。

③ NO_3 の場合 K, Ca, Mg, Mnの吸収は増加したが NH_4 はこれらに対し拮抗作用があった。一方、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はPと拮抗作用があった。

④ 他の陰イオンの吸収は電氣的に $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収を

拮抗的に阻害し、他の陽イオンの吸収は NH_4 の吸収を阻害する。この例として、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を窒素源とする場合、Ca, Mg等の吸収は促進され、逆にMgを多用すると $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収は阻害される。

⑤ $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用にくらべ $\text{NH}_4\text{-N}$ 施用では、テンサイ葉のP吸収は大きい、K, Ca, Mgの吸収は少ない。

⑥ 陽イオンとしての NH_4^+ は他のCa, Mg, K等の陽イオンの吸収に対して拮抗的であり、植物体中のそれらの含有率を減少させる。これと反対に NO_3^- は相乗作用であり、Ca, Mg, K等陽イオンの吸収を促進する。(Arnon, D.I. '39, Holley, K.T. '43)

5. $\text{NO}_3\text{-N}$ は光合成、呼吸の両面で植生によい。

① $\text{NH}_4\text{-N}$ はほとんど根でアミノ酸へと有機化され、地上部へ移行するが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は一部は根で、他の主要部は地上、その内でも緑葉部などであらゆる部位Moを含んだ硝酸還元酵素で $\text{NH}_4\text{-N}$ に還元され、アミノ基へと移行する。

② $\text{NH}_4\text{-N}$ の植物は $\text{NO}_3\text{-N}$ の植物にくらべて、多量の遊離の $\text{NH}_4\text{-N}$ を含むほか、アמיד態窒素、アミノ態窒素など含窒素成分、還元糖、非還元糖、および澱粉などの炭水化物の含有率は高く、グルタミン、アルギニン等遊離アミノ酸及びアミノ化合物は異常に集積し体内代謝を攪乱する要因と考えられ、他方、ATPを生成する呼吸基質であり、各種アミノ酸、脂質合成の基質でもあり、体内pH維持のための緩衝系の役割も果す重要な有機酸含量は著しく低く、アンモニア障害の一因と考えられる。 NH_4 の過剰は、

第2表 野菜の葉中 P, K, Ca, Mg 濃度に及ぼすチッソ形態の影響

チッソ形態	キュウリ	トマト	レタス	キャベツ	ホウレンソウ	コカブ	
P	硝酸酸	0.68	0.58	0.74	0.54	0.58	0.63
	硝酸+アンモニア (1:1)	0.77	0.70	0.88	0.59	0.69	0.73
	アンモニア	0.81	0.81	0.93	0.76	1.10	0.85
K	硝酸酸	2.96	3.92	6.96	6.66	8.80	6.50
	硝酸+アンモニア (1:1)	2.50	3.78	5.58	6.34	7.58	6.00
	アンモニア	2.16	3.16	4.94	4.94	4.54	5.16
Ca	硝酸酸	3.86	2.82	0.77	3.44	1.06	2.54
	硝酸+アンモニア (1:1)	1.88	1.92	0.61	2.76	0.67	1.82
	アンモニア	1.18	1.02	0.45	1.86	0.42	1.05
Mg	硝酸酸	0.87	0.74	0.36	0.52	1.30	0.46
	硝酸+アンモニア (1:1)	0.51	0.48	0.37	0.47	1.23	0.34
	アンモニア	0.35	0.37	0.34	0.37	0.37	0.26

ATPサイクルでの呼吸への阻害作用もあり、光合成との両面で阻害的に影響するものと考えられる。

③ アンモニアの過剰吸収がもたらす悪影響の原因としては、遊離のアンモニアのほか、アンモニアの同化の過程で生ずる種々の有機態窒素のあるものによる生理的障害（アンモニアほど強くはないとしても）が考えられる。

④ 吸収された窒素の単位当たり蛋白生成は、アンモニウムよりも硝酸による方が大きい。(Buchner, A., '52) また、硝酸栄養は光合成(CO₂の取り込みとO₂の放出)をより高率とし、有機酸含量(砒酸、マレイン酸、クエン酸)をより多くすることとなる。(Clark, H. E., '36, Barker, A.V., '63, 等4編)

⑤ 植物体中の有機酸や有機陰イオン含量は、全陽イオン：Cと、全陰イオン：Aの間の差と等しい。(植物による両イオンの吸収は同じでなく、陰イオンより多くの陽イオンが吸収される。)即ち、

C-A=有機酸の陰イオンとなる。

植物体中の有機陰イオンは先ずK⁺で中和される。NH₃の吸収は(C-A)値を低下させ、硝酸の吸収は(C-A)値を高め、有機酸の正常値を保証し、K, Ca, Mg 等陽イオンの吸収を活発にする。(De Wit, C.T. et al, '47, 第4編)

6. NO₃-NはNH₄-N等による障害も抑制し、回復させる。

① NO₃-NはNH₄-Nの害作用を抑制、回復させる。

② NH₄-Nが組織内で未同化のまま残留蓄積して、生理障害をひき起す危険性はNO₃-Nを吸収する場合は少ないと考えられ、これは窒素源としてのNO₃-Nの有利な点であろう。

③ 塩化物による被害はNH₄-Nにより一層増大するが、NO₃-Nによりいくらか軽減される。(Harvard, M.E., et al, '56)

7. NO₃-Nは作物の病害を少なくする。

① トマトの尻ぐされはNO₃-N培養液では出なかった。(第3図)

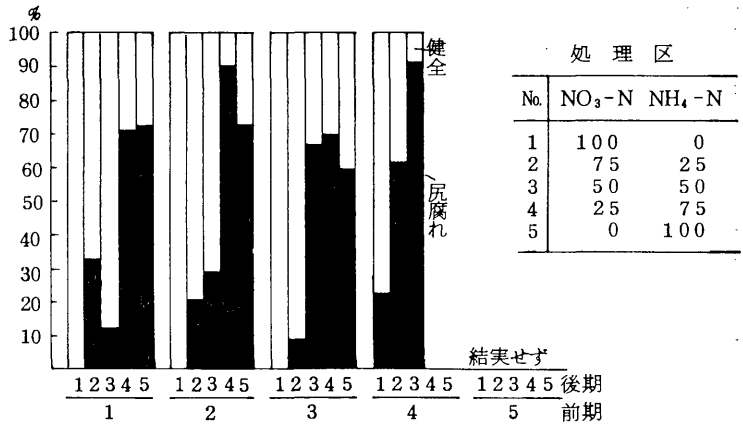
② トマトは尻ぐされのため、NH₄-Nを含まぬ場合がよく、開花期以後はN：Kは1：2以上がよい。

③ キュウリ斑点細菌病はNO₃-N単用よりもNH₄-Nと混用で発病率は高まる。しかし、気象条件が適温、高温で発病に最適のときは両処理間に差はなく発病し、発病に不適のときも両者に差はなく、中間の条件でNO₃-

Nの優位性が認められる。しかし実際の場合、NO₃-Nの単用は非現実的である。

④ フザリウム、リゾクトニア、アファノミセス菌など

第3図 窒素形態の相違とトマトの尻腐れ果発生率



による根ぐされ病はNO₃-Nで減少、NH₄-Nで増大する。

⑤ ハクサイ黄化病はNO₃-Nを含む硝酸石灰や硝安の施用で減少する。

⑥ セロリーの褐色芯ぐされ病はNH₄-Nで発生を促進するが、NO₃-Nではそれをしない。(M. Bareket)

⑦ テンサイの褐斑病はKNO₃の噴霧で抑制に役立つ。(Miroslava P., S. '61)

8. NO₃-Nは草本性植物で特に有利のようである。

① 木本性植物は溢液液中にNO₃-Nは認められず、根で還元されて有機態Nとなり地上へ転流される。これに対し、草本性植物の溢液液はNO₃-Nが大部分で有機態窒素はわずかしかないものから、その逆のものまで広いプラント・スペクトラムを示している。これは根の硝酸還元酵素活性の強さを反映しており、NH₄-NとNO₃-Nへの嗜好性の要因の一つと思われる。(第4図)

9. 磷硝安加里など硝酸系肥料はNO₃-N：NH₄-N比等から、畑作物・野菜花き用肥料として理想的な肥料である。

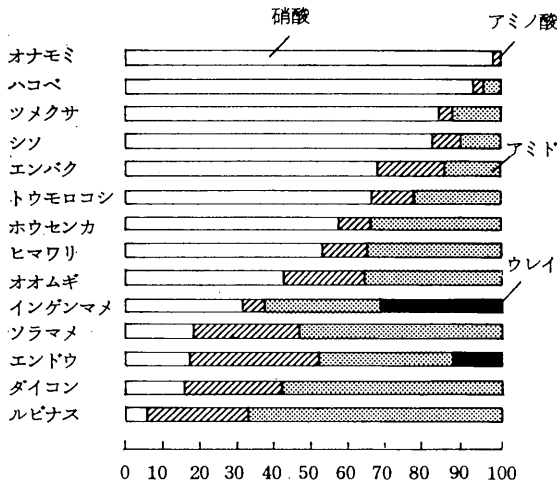
① 充分量のNO₃-Nと少量のNH₄-Nの共存がだいじである。

② エンバクに対しNH₄-Nは栄養生長期に、NO₃-Nは生殖生長期に有利なN源である。

③ 野菜・花きに用いられる培養液は、NO₃とNH₄の併用で良くなることが多く、しかも10：1程度でNO₃-Nが多い培養液がヨーロッパでは実用化されている。

④ 生理的アルカリ性肥料のNO₃-Nと生理的酸性肥料のNH₄-Nを、ある割合で混ぜて施用することが必

第4図 溢液中の窒素の存在形態の植物の種類による違い (Pate, 1973)



溢液中の各種形態の窒素の存在割合 (%)

要である。(但野, P136)

⑤ 土壤中での硝酸化能は i) 低温, ii) 低・高湿度, iii) 酸性, iv) 高塩分, v) 通気性不良, vi) 土壌くん蒸 (消毒), の各状態で停止または遅延する。この状態は、各作について転換畑や集約的野菜・花き・果樹栽培地で日常的に起こっている。この様な多様な状態下で $\text{NO}_3\text{-N}$ 比率の高い硝酸系肥料の優位性は高い。(Morris, H.D, '63, 等6編) (第5図)

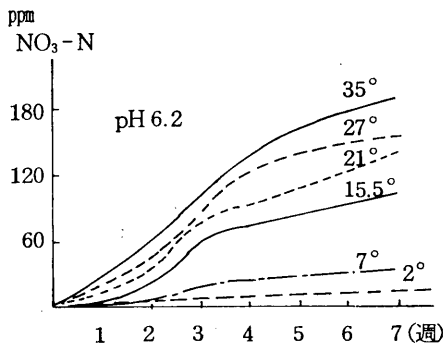
⑥ 燐硝安加里等硝酸系の各銘柄の肥料は $\text{NO}_3\text{-N} : \text{NH}_4\text{-N}$ 比だけでなく、 $\text{N} : \text{P} : \text{K}$ 比及び副成分として入る Ca, S の含有率についても、作物吸収量に類似した形で含まれており、不必要な残存成分を全く含まない理想的肥料である。

10. 酸性化, 生育障害, 資源の面から将来は硝酸系肥料の方向へ!

① 土壤の酸性化, 作物への障害*, 資源の浪費の各観点から、 SO_4 や Cl など肥料の副成分の問題は再検討

第5図 温度と硝化作用

(石沢, 土壤肥料講座 I より)



されるべきであろう。

② 成分含有率の高い複合肥料は低いものに較べて一般に土壤溶液濃度を高めないから、複合肥料の高度化は濃度障害を回避する立場からは好ましい傾向といえよう。

注: *次の11を参照

11. 施肥残存成分の植生等への影響

① 下記の場合、残存成分の多いものは使用しないほうが良い。(M. Bareket, B. Sc. M. Sc)

1) 露地・施設栽培の野菜・花きのような集約栽培作物で、高度の施肥が行われ、土壤中に塩類集積の危険性がある場合

2) 塩類土壤や塩類化傾向の土壤の場合

3) Cl や SO_4 等のイオンに特に敏感な作物の場合

② 残存塩化物 (Cl^-) の特有な作用

1) Cl はその濃度に比例して植物体内の浸透圧を増大させ、余分な Cl は濃度に正比例して生育を抑制する。(Eaton, F.M. '42)

2) Cl に鋭敏な作物 (U.S.D.A. handbook 60, '63)

サクランボ, モモ, プラム, リンゴ, アボガド, タバコ, カンキツ, ジャガイモ, ブドウ, ペカン。

3) Cl は発芽, 苗床生育にも影響し, タバコ, ジャガイモや集約栽培のトマト等では品質にも影響する。タバコでは喫煙性を悪くする。ジャガイモでは澱粉含量が減少する。(Attoe, O., J. '46, Cawie, G.A. '43)

4) Cl による被害は $\text{NH}_4\text{-N}$ により一層増大する。一方 $\text{NO}_3\text{-N}$ は被害をやや軽減する。(Harvard, M.E., et al, '56)

③ 残存硫酸根 (SO_4^{2-}) の特有な作用

1) 余分な SO_4 は土壤溶液の SO_4 濃度に比例して植物体に集積し, 体内の浸透圧を高める。(Eaton, F.M., '42)

2) SO_4 の過剰は, Ca の吸収阻害と Na, K の吸収増加, 即ち植物体内のカチオンバランスの混乱をまねく。(U.S.D.A. Handbook 60, '63)

3) SO_4 の過剰は水分消費, 植物重量, 地上部/地下部比を減少させる。

テンサイ, ジャガイモ, ワタの SO_4 の濃度増大による減収は, 葉に症状が出る前にでも起る。(Eaton F.M. '42)

4) タバコでは過剰の SO_4 が燃焼性は低下し, (Myher, DL, '56, Neas, I '53, Wedin, W.F., '58, 3編), ジャガイモでは収量と澱粉含量が減少する。(Wilcox, G '61)

5) 同じ浸透圧でのトマトの生育低下は $\text{K}_2\text{SO}_4 > \text{KCl} > \text{KNO}_3$ の順で, NH_4 により強められた。(Myher, '56)