

野菜の硝酸根蓄積に及ぼす肥培管理の影響

伊達 昇・米山徳造・都田紘志・加藤哲郎

Nitrate Accumulation in Vegetables by
Fertilization and Compost Application

Noboru DATE, Tokuzō YONEYAMA,
Hiroshi MIYAKODA, Tetsurō KATO

Summary

We Japanese take nitrates about 330 mg/day from foods, mainly from vegetables. This amount is relatively high level in comparison with American or European, and it seems necessary to us to keep nitrate concentration in vegetables as low as possible.

One of the most important factors to effect nitrate level in vegetables is the amount of nitrogen supplied as fertilizer. In the case of leaf vegetables, a suitable level of nitrogen-supply as fertilizer was 15 kg/10a as N, and this N-level made it possible to keep nitrate concentration in harvested leaves (fresh matter) below 3,000 (spring) ~ 4,000 (autumn) ppm as NO_3^- .

Effects of organic matters in additional supply to chemical fertilizers were not apparent to nitrate accumulation in vegetables, but in the case of exchange supply to chemical fertilizers, NO_3^- in harvested leaves decreased by organic matters application.

The application of compound fertilizers with nitrification inhibitor showed some interesting results, but they were complicate and not enough explanatory to obtain any evident conclusion.

From a result of NO_3^- survey in leaf vegetables cultivated in Tokyo district, the maximum level of NO_3^- accumulation in fresh leaves was about 5,000 ppm.

序 言

野菜類は一般に窒素源として硝酸塩を好み¹⁾、また野菜中の硝酸根濃度は、野菜の種類、生育ステージ、生育環境（土壤、温度、光など）、施肥条件などによって変化するが、他の農作物にくらべて、概して高水準にある。^{2) 3)}

近年、硝酸根濃度の著るしく高い飼料作物を摂取した反対する動物が中毒を起したり、高濃度の硝酸根を含むホウレンソウと私設水道水の摂取が原因で、生後3カ月未満の乳児にブルーベビー症の発生した例が報告されているが、これらは硝酸根自体の害ではなく、消化器内で硝酸根が亜硝酸根に還元され、この亜硝酸根の害作用であることが明らかにされている。^{4) 5)}

また、亜硝酸根は食品中の第2級アミンと反応して、発がん性のあるニトロサミンを生成することも知られている。⁶⁾

成人の場合は胃内の酸性が強く、反対する動物や乳児と

ちがって、体内での亜硝酸根生成は行われないと考えられてきたが、最近は成人の体内でも硝酸根から亜硝酸根が生成されるとする報告があり、成人といえども、直接亜硝酸根の摂取を避けるほか、多量の硝酸根の摂取も避けた方が良いとする考え方方が広まりつつある。

日本人は欧米人の数倍の硝酸塩を摂取（1日平均330 mg）し、そのほとんどは野菜類に起因している¹⁾ので、野菜の硝酸根濃度については、農業関係者として、充分な関心を持つ必要がある。

以上の背景をふまえ、野菜の健全な生育を維持しつつ、過剰な硝酸根蓄積を来さないよう、適正な肥培管理基準を確立するため、昭和51年度～54年度に実施した試験結果をとりまとめ、報告する。

1. 化学肥料及び堆肥施用量の影響

1-1 試験材料及び方法

江戸川分場内沖積圃場（中粗粒質灰色低地土）におい

て、軟弱葉菜3種類(コマツナ、ホウレンソウ、シャンギク)を供試、1区 5.5 m^2 3連制とし、巾1mの栽培ベッドにくわ巾4条まき、試験内容は表1~3に示したと

おりである。生育収量調査のほか、収穫物を常法により乾燥粉碎し、McCaslinらの方法^[1]により、硫酸銀浸出液について、硝酸イオン電極を用いて、硝酸根を定量した。

表1. 試験区

試験区名	成分量(除堆肥)kg/10a			堆肥 kg/10a	使用肥料
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
少肥系 無堆肥区	10	10	10	0	硫安・過石・硫加
	堆肥4kg/10a区	10	10	10	4000 同上
多肥系 無堆肥区	24	20	20	0	粒状複合(6-5-5)
	堆肥24kg/10a区	24	20	20	2000 同上
〃4〃	24	20	20	4000 同上	
	〃7〃	24	20	20	7000 同上

注) 少肥系と多肥系はそれぞれ隣接する独立の圃場で試験を行った
苦土石灰で土壤のpH(KCl)を5.5~6.0の範囲に調節。

表2. 栽培時期

	少 肥 系			多 肥 系		
	コマツナ	ホウレンソウ	シャンギク	コマツナ	ホウレンソウ	シャンギク
51年春作	6/4~6/29	6/4~6/29	6/4~7/9	6/15~7/12	6/15~7/12	6/15~7/21
51年秋作	10/1~11/17	10/1~11/17	10/1~12/13	-	10/1~11/17	-
52年春作	6/27~7/18	6/27~7/22	6/27~7/26	6/27~7/18	6/27~7/22	6/27~7/26

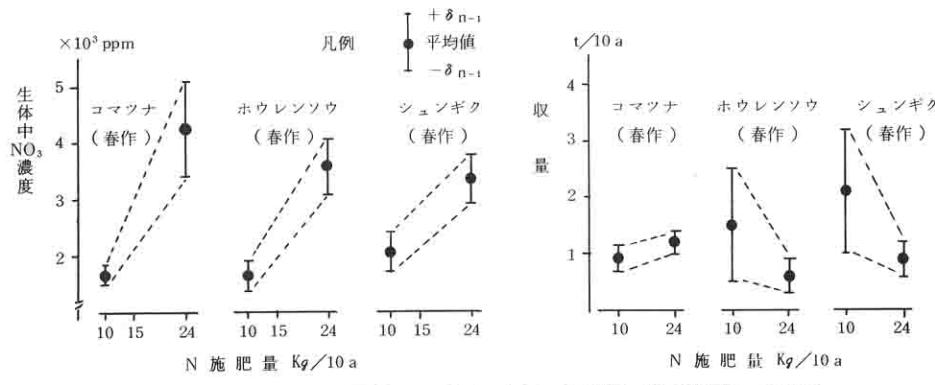
表3. 供試堆肥成分

成 分	水分%	含水物中 %			
		T-C	T-N	C/N	P ₂ O ₅
分析値	75.4	7.9	0.39	20	0.63
					0.12

1-2. 試験結果及び考察

試験結果を図1~3に示した。図1によって、春作の各作物について少肥系と多肥系を比較すると、収量については多肥系が増収するとは言えないが、硝酸根濃度は

多肥系の方が明らかに高い。つぎに図2によって作季によるちがいをみると、やはり収量については一定の傾向がみられないが、硝酸根濃度は各作物とも秋作の方が高い。少肥系のそれについて、堆肥の加用が収量及び硝酸根濃度に及ぼす影響を図3によってみると、春作の多肥系及び秋作の少肥系、多肥系は各作物とも堆肥加用によって増収しているが春作の少肥系では堆肥加用が収量に及ぼす影響は明らかでない。硝酸根の濃度は多肥系で、共通して堆肥加用による低下傾向がみられ、堆肥加用量の多いほどこの傾向ははっきりしている。

図1. N施肥量と生体中NO₃濃度、収量(無堆肥、堆肥施用各区平均)

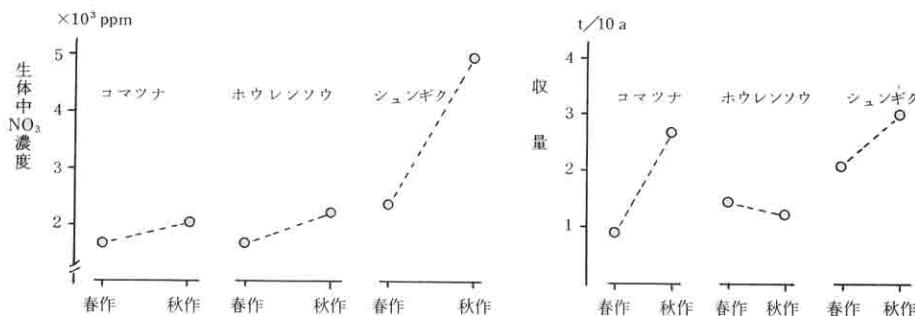
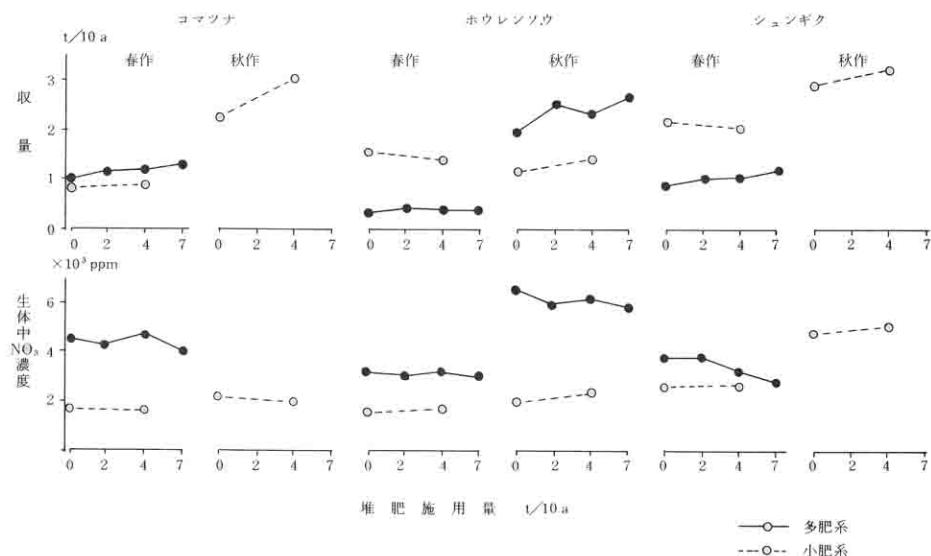
図2. 作季によるNO₃濃度、収量のちがい(少肥系、各区平均)

図3. 堆肥施用の影響

野菜類の正常な生育収量を確保するには、一定濃度以上の硝酸根を体内に保有する必要があり、主として葉柄中の硝酸根濃度について、診断基準が提言されている。¹²⁾

しかし、収穫物あるいは可食部全体について、適正な硝酸根濃度を検討した事例は見当らず、人体健康への配慮を含め、今後この点の検討を進める必要がある。

この試験における多肥区の窒素施肥レベルは、都内農家の軟弱葉菜類に対する施肥量のほぼ上限、少肥区はほぼ下限にあり、一般にはN 15~20Kg/10a の施肥を行っている農家が多い。都内農家が受け入れ可能な窒素施肥基準量は、収量の安定性の見地から、N 10~15Kg/10a が軟弱葉菜類における下限と考えられ¹³⁾、この水準の施肥量を本試験結果にあてはめると、図1から読みとれるように、コマツナ、ホウレンソウ、シュンギクは、いずれも春作の生体中硝酸根濃度は3,000 ppm 以下にとどまる。

秋作の場合は図2のように、春作より硝酸根濃度が高まるので、概には断言できないが、少なくとも春作の軟弱葉菜については、生体中硝酸根濃度が3,000 ppm をこえないよう、農業サイドが自主規制することは、栽培技術面で可能と言えよう。

堆肥の加用は、多肥系で、硝酸根濃度抑制にやや有効なようと思われるが、この点に関する明確な知見は未だ報告されていない。この点に関しては、後記試験2で若干の検討を行う。

2. 多肥条件における葉菜類の硝酸根蓄積に対する堆肥施用の影響

2-1. 試験材料及び方法

前述のように、多肥系では、堆肥施用により、供試作物中の硝酸根濃度の抑制傾向がうかがわれたので、この

点を確認するため、幼植物試験ならびに室内実験を行った。

(1) 幼植物試験

江戸川分場内の中粗粒質灰色低地土をノイバウエルボットに乾土として500g入れ、無堆肥、堆肥混合(わら堆肥25g)の各群について、硝酸石灰を、Nとして0～2.0g添加の各区をつくり、各区ともさらに硫安、過石、硫酸で3要素各0.1gを施用、コマツナを播種し、最大容水量の60%の水分状態で、室温20～25℃のガラス室内で20日間栽培した。跡地土壤は土柱法でpF1.4とし、pF2.7(遠心法)で土壤溶液を採取、フェノールジスルファン酸¹⁾で硝酸根濃度を分析した。

(2) 室内実験

幼植物試験と同じ土壤に堆肥を0あるいは40g/乾土100g相当量を加え、その各々に硝酸石灰をNとして0あるいは140mg加え、①対乾土水分26%，②最大容水量の60%，③pF1.4の3種類の水分状態とし、5℃で2日間静置したのち、遠心法でpF別に土壤溶液を採取、フェノールジスルファン酸法で硝酸根濃度を分析した。

①、②、③とも堆肥添加の場合は土壤の保水力などの条件がちがってくるため、堆肥添加区と無堆肥区とでは水分総量は異なる。

2-2. 試験結果及び考察

(1) 幼植物試験

試験結果を図4及び図5に示す。図4にみられるように、無堆肥では硝酸石灰添加量の多いほど生育低下が著しいが堆肥添加によって障害の程度は軽減された。栽培跡地土壤のpF2.7遠心法採取土壤溶液の硝酸根濃

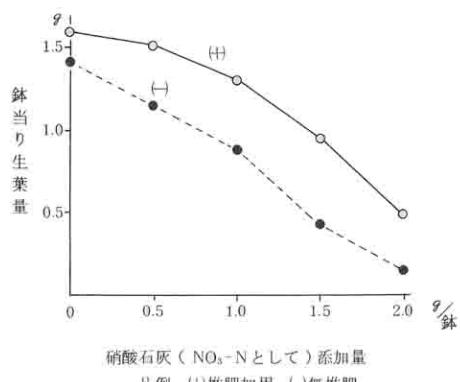


図4. 硝酸石灰過剰害の堆肥
施肥による軽減(1)収量

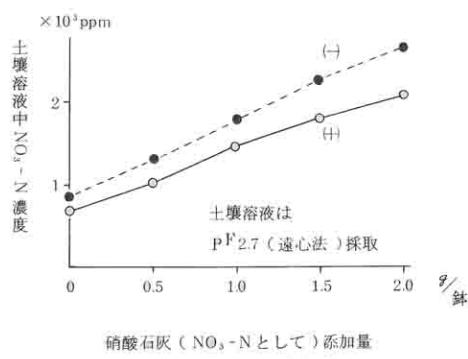


図5. 硝酸石灰過剰害の堆肥施用
による軽減(2)土壤溶液中NO₃-N

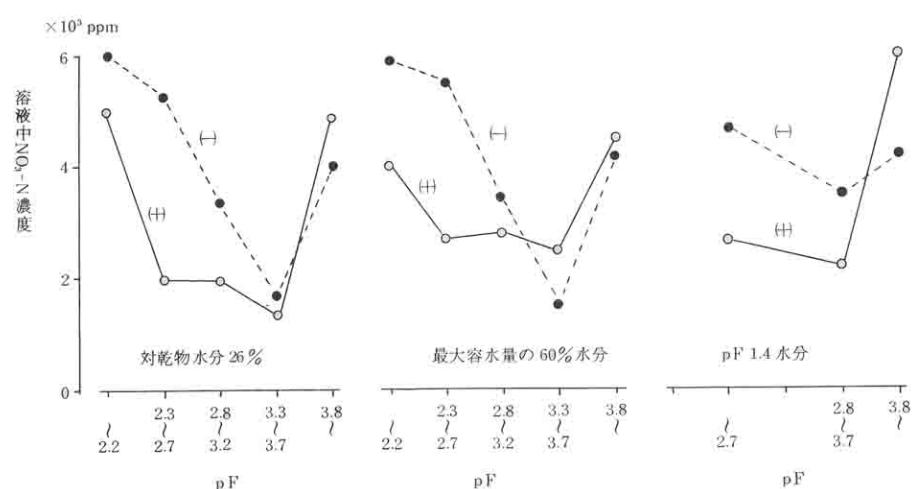


図6. pF別に採取した土壤溶液中NO₃-N濃度

度は、図-5のように硝酸石灰添加量に応じて比例的に増加しているが、堆肥の添加によってその程度は抑制され、このことが生育障害の軽減に寄与したものと考えられる。

堆肥は高い塩基置換容量(CEC)を有するため、堆肥添加によって土壤溶液中のカチオン濃度が低下するのは当然と思われるが、アニオンである硝酸根濃度まで低下する点が注目される。なお(1:5)水浸液についても堆肥添加の有無にかかわらず、硝酸根濃度は変わらない。

(2) 室内実験

試験結果をまとめて図-6に示す。設定した3種類の水分状態では、いずれも圃場容水量(pF1.7)から初期萎ちよう点(pF3.8)までの、いわゆる易効性有効水分領域の土壤溶液について、堆肥添加による硝酸根濃度の低下が認められる。硝酸根の添加量は同じであるが、堆肥添加の場合は、pF3.8未満の低pF領域で硝酸根濃度が低下するとともに、pF3.8以上の高pF領域で硝酸根濃度が上昇している。

なお、カチオンであるカルシウムについては、全pF領域で、土壤溶液中の濃度が、堆肥添加によって低下している。

(3) 堆肥添加の影響

以上のように、幼植物試験においては、pF2.7以下の

土壤溶液について、また室内実験においてはpF3.8未満の土壤溶液について、堆肥添加によってカチオンばかりでなくアニオンである硝酸根についても濃度低下がみられたことは注目に値する。pF3.8以上の高pF領域では、堆肥添加によって土壤溶液中の硝酸根濃度が上昇するので、親水コロイドとしての堆肥の物理化学的機能と関連して、硝酸イオンが堆肥のコロイド粒子にゆるやかに引き寄せられる現象が生じていると推察される。硝酸根は乾土重の5倍以上の水浸出条件でほぼ完全に回収される¹⁴⁾ので、カチオンにおけるような置換吸着が行われるとは考えがたい。

いずれにしても、堆肥添加により、易効性水分領域の土壤溶液中の硝酸根濃度が低下する現象がみとめられ、このことが、多肥条件にある作物中の硝酸根濃度を堆肥加用によって低下させる現象の一因を成していると思われる。

3. 各種有機物資材施用の影響

3-1. 試験材料及び方法

牛糞堆肥、発酵下水汚泥、都市ごみコンポストを供試し、これら有機物資材の施用が野菜の硝酸根含量に及ぼす影響を検討するため、磷酸吸着力の極めて強い表層多腐植質黒ボク土(農試場内)の圃場試験を行った。

表4. 試験区(各作物共通)

試験区名	施用量 Kg/10a						備考	
	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	牛糞 (元肥)	堆肥		
	元肥	追肥	計	(元肥)				
標準区A	14	10	24	17	13	0	Nは硫酸、P ₂ O ₅ は過石、K ₂ Oは硫酸アノニウム、堆肥中の成分は算入していない。	
堆肥加用区	14	10	24	17	13	1500		
標準区B	14	10	24	17	17	0	表8により堆肥の有効成分をN6、P ₂ O ₅ 17、K ₂ O17と仮定し、これに相当する化学肥料を調査	
堆肥代替区	14	10	24	17	17	2000		

表5. 供試作物及び栽培概要

	51年春作	51年秋作
作物(品種)	キャベツ(将军)	ダイコン(都)
栽植距離	畦間70cm×株間50cm	同左
栽培期間	5/21(定植)～7/28	8/26(播種)～11/24

表6. 供試堆肥分析値(おがくず入発酵牛糞)

成分	分析値	有効率(仮定)	有効成分(仮定)
乾物中	水分%	5.0	- -
	T-N%	2.0	3.0% 0.3%(含水物中)
	T-P ₂ O ₅ %	2.5	7.0% 0.88%(")
	T-K ₂ O%	2.5	7.0% 0.88%(")

(1) 牛糞堆肥の影響

1区45m²、2連制、試験内容は表4～6に示す。収穫物中の硝酸根分析は都衛生研究所に依頼した。

(2) 発酵下水汚泥(多摩ニュータウン汚泥)の影響

1区40m²、試験内容は表7～9に示す。収穫物中の硝酸根分析は都衛生研究所に依頼した。

(3) 都市ごみコンポストの影響

1区40m²、試験内容は表10～12に示す。収穫物中の硝酸根分析は都衛生研究所に依頼した。

3-2. 試験結果及び考察

(1)～(3)の各試験の結果をまとめて、図7に示す。

(1) 牛糞堆肥の影響

標準区Aと堆肥加用区とでは、キャベツは収量、硝酸根濃度とも変りなく、ダイコンは収量、硝酸根濃度とも堆肥加用区の方が上回った。一方、標準区Bと堆肥代替区とでは、キャベツもダイコンも硝酸根濃度はあまり変わらないが、収量は堆肥代替区の方が低くなかった。すなわ

ち、牛糞堆肥の場合、化学肥料に加用すると作物の硝酸根濃度を高めるおそれがあり、化学肥料を減らして、これに代えて施用しても、収量が低下するばかりで、作物の硝酸根濃度は低くならなかった。

表7. 試験区(ダイコン、キャベツ共通)

試験区名	施用量 Kg/10a						
	N P ₂ O ₅ K ₂ O			一次汚泥	野積汚泥	元肥(元肥)	追肥(元肥)
	計	(元肥)	(元肥)				
1. 化学肥料標準区	15	10	25	25	25	—	—
2. 一次発酵汚泥加用区	15	10	25	25	25	1000	—
3. 野積後熟汚泥加用区	15	10	25	25	25	—	1000
4. 化学肥料無N 一次発酵汚泥代替区	0	0	0	25	25	1000	—

注) 肥料は硫安、過石、硫加使用 汚泥は乾物重

表8. 供試作物の栽培概要

	53・春ダイコン	53・秋キャベツ
栽植距離	畦間72cm×株間45cm	同 左
栽培時期	4/20~6/12	9/6~11/20

表9. 供試汚泥分析値

	水分	pH	有機物	C/N	T-N	P ₂ O ₅	CaO	COD
一次発酵汚泥	22.7%	7.8	41.6%	10.1%	2.4%	3.7%	20.5	4500 ppm
野積後熟汚泥	35.2	8.1	30.3	7.4	2.4	3.7	21.6	2550

表10. 試験区(キャベツ、ダイコン共通)

試験区名	施用量 Kg/10a						
	N P ₂ O ₅ K ₂ O			コンポ		牛糞堆肥	
	元肥	追肥	計	(元肥)	(元肥)	スト	堆肥
1. 化学肥料標準区	15	10	25	30	20	—	—
2. コンポスト3t加用区	15	10	25	30	20	3000	—
3. 牛糞堆肥2t //	15	10	25	30	20	—	2000

注) 肥料は硫安、過石、硫加、コンポストと牛糞は乾物重

表11. 供試作物の栽培概要

	53秋キャベツ	54春ダイコン	54秋キャベツ
栽植距離	畦間75cm×株間42cm	同 左	同 左
栽培時期	9/6~11/20	4/14~6/12	8/21~11/12

表12. 供試コンポスト分析値

	水分	pH	有機物	C/N	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
コンポスト	59%	8.1	53.9%	1.3	2.0%	1.8%	0.8%
牛糞堆肥	50	—	—	—	—	2.0	2.5

(2) 発酵下水汚泥の影響

10日間通気発酵させた一次発酵汚泥の加用は収量をやや向上させ、作物中の硝酸根濃度にはあまり影響を及ぼ

さなかったが、一次発酵汚泥をさらに45日間堆積した野積後熟汚泥の加用は、収量低下、作物の硝酸根濃度の上昇を招いた。野積後熟汚泥加用区の跡地土壤はECの上

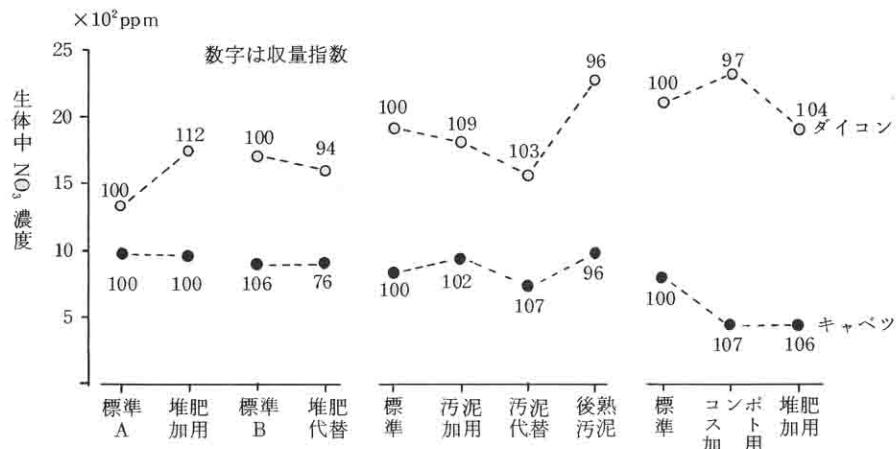


図7 各種有機物資材施用の影響

昇が著しく、土壤中で急激な無機化→硝酸化成の行わ
れることを物語っている。

化学肥料を無窒素とし、これに一次発酵汚泥を施用した場合は、収量をやや増加し、しかも硝酸根濃度は低下した。恐らく窒素の無機化→硝酸化成の速度が、収量を維持し、かつ作物の硝酸根濃度上昇を抑えるのに適する状況であったと推測される。

(3) 都市ごみコンポストの影響

コンポスト3tの加用は、キャベツでは収量増、硝酸根濃度低下の好結果を示したが、ダイコンでは逆に収量減、硝酸根濃度上昇を招いた。一方、牛糞堆肥2tの加用は、キャベツ、ダイコンにも、収量を増し、かつ硝酸根濃度を低下させた。用いた牛糞堆肥は前記(1)の牛糞堆肥と同じものであるが、(1)の場合より明確な好結果が得られた。

(4) 有機物資材の影響(まとめ)

牛糞堆肥の例で明らかなように、有機物資材の施用が野菜の収量と硝酸根濃度に及ぼす影響は、土壤条件と用いた資材の窒素無機化→硝酸化性速度の両方の要因が関係するため、同じ資材であっても時によって影響のあらわれかたが異なり、一律には論じ得ない。しかし、化学肥料を無窒素とし、これに適量の有機物資材を施用すれば、発酵下水汚泥の場合のように、収量を維持し、かつ硝酸根濃度を抑えることは、可能と考えられる。

4. 硝酸化成抑制剤入り肥料の影響

4-1. 試験材料及び方法

野菜は、窒素源として硝酸塩をよく吸収するとは言うものの、適度な硝酸化成抑制を行えば、ある程度アンモニウム塩の吸収比率を増し、硝酸根の濃度抑制に役立つ

ことが期待される¹⁵⁾。

硝酸化成抑制剤として、Dd(デシアンチアミド)あるいはAM(2-アミノ-4-クロル-6メチルピリミジン)を含む化成肥料を用い、江戸川分場内沖積灰色低地土(中粗粒質)の鉢試験及び圃場試験で、各種葉菜類を栽培した。

(1) 鉢試験:Dd入り化成肥料の影響

a/5000ワグネルポット、3連制、供試作物は52年9月7日まきのコマツナ(10月14日どり)とシュンギク(11月2日どり)で、試験区は無肥料、普通化成(14-14-14)、Dd化成(12-12-12)の3区で、無肥料区を除き、鉢当たり施用3要素量は各1g。収穫物の硝酸根濃度は試験1.と同じ方法で分析した。

(2) 鉢試験:AM入り化成肥料の影響A

a/5000ワグネルポット、3連制、供試作物はコマツナ(54年5月22日まき、6月18日どり)で、試験区は普通化成(14-14-14)とAM入り化成(14-14-14)の両群につき、それぞれN 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 g/鉢の各区。収穫物中の硝酸根は試験1.と同じ方法、土壤中の硝酸根は(1:10)水浸液についてフェノールジスルファン酸法でそれぞれ分析した。

(3) 鉢及び圃場試験:AM入り化成肥料の影響B

a/5000ワグネルポット(3連)及び1区5.5m²圃場試験を同時に同じ作物で行った。供試作物はいずれも53年5月18日まきで、ベカナ(6月18日どり)、コマツナ(6月19日どり)、ホウレンソウ(6月25日どり)、サラダナ(7月9日どり)。試験区は各作物共通で、無肥料、普通化成(14-14-14)、AM入り化成(14-14-14)の3区で、各区の施用3要素量は無肥料区を除き、鉢当たり各1g、圃場各15kg/10a。収穫物及び土壤中の硝酸根は上記(2)と同じ方法で分析した。

4-2. 試験結果及び考察

(1) Dd入化成肥料の影響

図8に示すように、Dd入化成を用いることによって無肥料に近い水準まで、コマツナ及びシュンギクの硝酸根濃度を抑制することができた。シュンギクは、収量の点でもDd入化成がまさったが、コマツナは収量の点でDd入化成の施用に問題が残った。

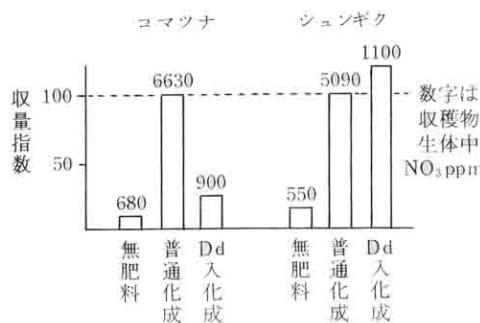


図8. 硝化抑制剤(Dd)の影響(鉢試験)

(2) AM入化成の影響A

図9に示すように、AM入化成を用いることで、土壤中の硝酸根濃度は強く抑制され、その結果コマツナの硝酸根濃度もAM入化成区では極めて低かった。収量への影響はDd入化成の場合よりゆるやかで、鉢当たりN 1 g

の条件では、AM入化成の方が普通化成より増収するほどであった。しかし、施用量が多くなるとAM入化成区は普通化成区に対し、減収の程度が強まった。

普通化成の場合、土壤中の硝酸根濃度がいくら多くなっても、この試験条件下では、コマツナ生体中の硝酸根濃度は、約6000 ppmで頭打ちとなった。

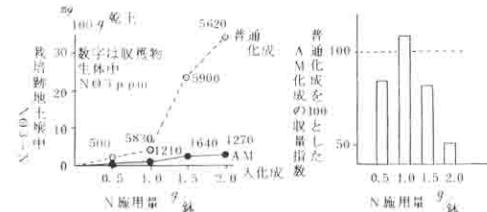


図9. 硝化抑制剤(AM)の影響A(鉢試験)

(3) AM入化成の影響B

作期の短かいコマツナなどでは、前述(1), (2)のように、DdあるいはAM入化成の施用で硝酸根濃度が明らかに低下するが、図10から読みとれるように、作期の長い作物になると、硝化抑制剤の効果が生育途中で切れ、生育後期に硝酸化成がすすむため、土壤中あるいは作物中の硝酸根濃度が、硝化抑制剤を用いたためにかえって高まってしまう可能性のあることが判明した。

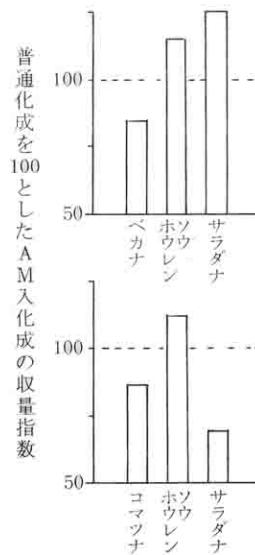
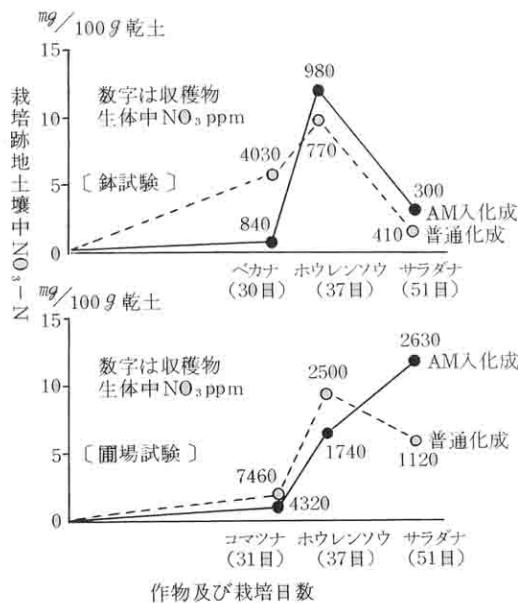


図10. 硝化抑制剤(AM)の影響B(鉢及び圃場試験)

この試験の場合、鉢栽培はガラス室内で行われたため、圃場よりやや高い温度環境にあり、硝化抑制の効果が早く消えたため、37日目のホウレンソウ収穫期に、すでに土壤中及びホウレンソウ中の硝酸根濃度が、30日目に収穫・調査したベカナと逆の傾向を表し、AM入化成区の方が普通化成区より高くなかった。この時期には、圃場では未だ硝酸根濃度は、土壤中、ホウレンソウ中とも、AM入化成区の方が低く、硝化抑制剤の効果が残っていた。51日目のサラダナ収穫時には、鉢、圃場ともAM入化成区の方が土壤中の硝酸根濃度が高かったが、鉢の方は土壤中の硝酸根の大部分がすでに再有機化されて濃度が低下し、AM化成区、普通化成区ともサラダナ中の硝酸根濃度はかなり低かった。

(4) 硝化抑制剤の効果の限界

上述の(1)～(3)のように、作期の短い(AM入化成では30日前後、DD入化成では55日前後)軟弱葉菜に対しては、市販の硝化抑制剤入り化成は有效地に硝酸根濃度を抑

制するが、作期が長くなると途中で硝化抑制剤の効果が切れ、生育後期に硝酸化成がさかんになるため、収穫物の硝酸根濃度はかえって高くなってしまう。硝化抑制剤の利用法については、今後さらに検討が必要である。

5. 都内栽培野菜の硝酸根濃度

5-1. 調査作物及び方法

都内各地より、立毛中の各種野菜でほぼ収穫期に達したものを持き取り、根巻土壤中及び作物体中の硝酸根濃度を、試験4と同じ方法で分析した。調査時期は、硝酸根濃度の高まりやすい秋作を対象とするため、10月～11月とした。

調査資料の作物別、土壤別内訳は表13のとおりである。

5-2. 調査結果及び考察

調査作物生体中の硝酸根濃度をとりまとめて、表14に示す。

表13. 調査試料

作物	コマツナ	ホウレンソウ	シュンギク	ハクサイ	キャベツ	ダイコン	サラダナ	ハナヤサイ	ニンジン	計
試料点数	17	14	9	6	4	4	1	1	1	54
土壤別	A3, B1, A5, B1,	A1, C6, A2, C4	A4	A4	E1	A1	A1	A1	A2, B2 C18, D6, E7	
内訳	C7, D8, E3	C1, D3, E1								

A:腐植質黒ボク土、B:淡色黒ボク土、C:赤土盛土、D:灰色低地土(細粒)
E:灰色低地土(中粗粒)

表14. 調査試料生体中N O₃ ppm

作物	コマツナ	ホウレンソウ	シュンギク	ハクサイ	キャベツ	ダイコン	サラダナ	ハナヤサイ	ニンジン
最高値	5180	5450	5560	4750	1730	2510	—	—	—
最低値	2770	2040	3510	3650	1330	1650	—	—	—
平均値	4290	3680	4440	4220	1490	2020	3890	420	130

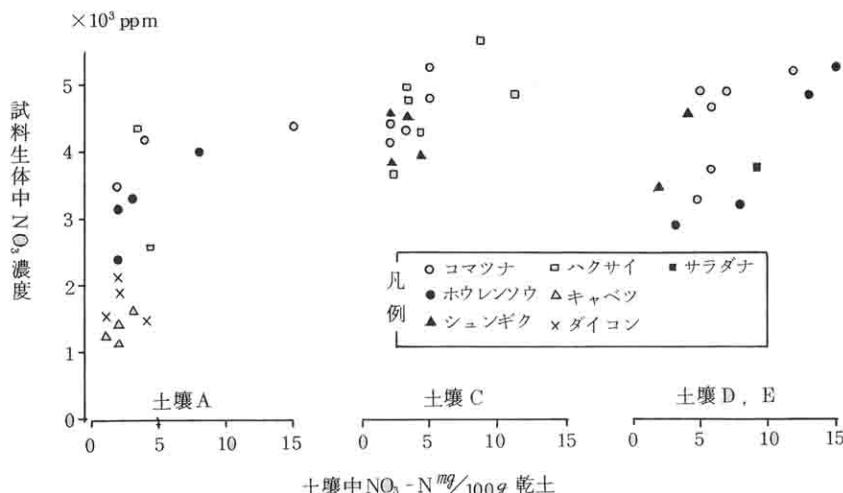
コマツナ、ホウレンソウ、シュンギク、ハクサイでは5000 ppm前後の高濃度のものも少なからず見出されたが、最低濃度はほぼ3000 ppm前後であった。サラダナもこれら軟弱葉菜類と同様な濃度水準であった。

キャベツ、ダイコンは1500～2000 ppm前後、ハナヤサイ、ニンジンは500 ppm以下と低濃度であった。

試験1では、春作軟弱葉菜について、硝酸根の濃度レベルとして、3000 ppmを目標として掲げたが、この調査では、秋作のものを対象としたため、このレベル以下の試料は少なかった。

根巻土壤中の硝酸根濃度と、試料生体中硝酸根濃度との関係は図11に示すとおりで、土壤別では赤土盛土の場合が硝酸根濃度がもっとも高まりやすく、黒ボク土では比較的硝酸根濃度が高まりにくい結果となった。

野菜のなかでも硝酸根濃度の高い軟弱野菜の、しかも濃度の高まりやすい秋作では、春作の濃度目標3,000 ppmを下回ることはむづかしいが、この調査結果からみて、秋作でも4,000 ppm以下の硝酸根濃度であれば無理な目標値ではないと考えられる。

図11. 土壤中 $\text{NO}_3\text{-N}$ と試料生体中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度

ま と め

野菜の硝酸根蓄積に関する要因は数多いが、^{1)～17)} 生産者である農家が選択、改良できる技術はごく限られてしまう。この限られた技術の中では、肥培管理は上述のように顕著な実効を有しており、早急に適正な肥培管理基準を確立する必要がある。

(1) 化学肥料及び堆肥施用量

軟弱葉菜の硝酸根濃度には、窒素施肥量の多少が大きく影響し、N 24kg/10a では、N 10kg/10a の2倍ないしそれ以上の硝酸根濃度を示した。軟弱葉菜に対する適正施肥水準と考えられるN 15/10a では、春作の場合、生体中硝酸根濃度 3,000 ppm 以下を目標とすることが可能と判断された。多肥 (N 24kg/10a) 条件の場合、堆肥を多用 (7 t/10a) すると、作物体中の硝酸根濃度は低下した。しかし、少肥 (N 10kg/10a) 条件では、堆肥施用の効果ははっきりしなかった。

作季の影響も大きく、秋作は春作より硝酸根濃度が高まりやすかった。

(2) 多肥条件下での堆肥施用の効果

pF別に採取した土壤溶液中の硝酸態窒素濃度は、pF 3.3～3.8 前後を底とするV字型の分布を示すが、堆肥加用によって易効性有効水分 (pF 3.8 未満) 領域の硝酸態窒素濃度が低下し、これに対応して高pF (3.8以上) 領域の硝酸態窒素濃度の高まることが知られた。その結果、前記1.におけるような堆肥の硝酸根濃度抑制効果があらわれたものと推察される。

(3) 各種有機物資材施用の影響

有機物資材の施用が作物中の硝酸根濃度に及ぼす影響は、作季や土壤の有効窒素濃度、用いた有機物資材の窒素無機化→硝酸化成速度などが相互にかかわり合って、複雑なものとなっている。このため、化学肥料に有機物資材を加用した場合、必ずしも一定の傾向はみられないが、化学肥料から窒素を除き、有機物資材中の窒素でこれに代替させると、発酵下水汚泥や牛糞堆肥のような比較的窒素供給力のある資材では、収量を維持し、かつ硝酸根濃度を低める効果をあらわした。

(4) 硝化抑制剤入り肥料の施用

硝化抑制剤 (DdあるいはAM) を含む成肥料を用いると、栽培期間の短い軟弱葉菜では、硝酸根濃度は著しく低下した。しかし、作物の種類によっては収量低下を伴うので注意を要する。

また、栽培期間が長くなると (AM入成では35～40日以上)、生育途中で硝化抑制剤の効果が切れ、生育後期に硝酸化成がさかんになるため、かえって作物体中の硝酸根濃度を高めてしまう。硝化抑制剤の使用には、今後なお検討が必要である。

(5) 都内栽培野菜の硝酸根濃度

コマツナ、ホウレンソウ、シュンギク、ハクサイ、サラダナはおよそ 3,000～5,000 ppm、キャベツ、ダイコンは 1,500～2,000 ppm、ハナヤサイ、ニンジンは 500 ppm 以下 (可食部生体中) の硝酸根濃度であった。調査時期が10～11月と秋作を対象にしたため、1.で春作軟弱野菜の目標値とした 3,000 ppm のものは少なかったが、

秋作でも 4,000 ppm 以下なら無理のない目標値と言えるのではないかと思われた。土壤のちがいもある程度関与しており、黒ボク土は比較的作物の硝酸根濃度が高まりにくく、赤土盛土はこれと対照的に作物の硝酸根濃度が高まりやすかった。

引用文献

- 1) 岩田正利(1971) : そ菜のチッソ栄養に関する研究とくに施用チッソ形態ならびにチッソ施用時期とそ菜の生育との関係. 日本国土壤肥料学会編, 近代農業における土壤肥料の研究, 第2集, p 84, 養賢堂.
- 2) 杉山直儀・高橋和彦(1958) : そ菜の窒素栄養の診断法としての硝酸態窒素の検定について. 園芸学会雑誌 27, p 161~170.
- 3) 岩本喜伴ほか(1968) : 食品中の硝酸塩によるかん内面スズ異常溶出に関する研究 (1)かん詰原料となる果実, そ菜中の硝酸塩. 栄養と食糧, 21, p 47~49.
- 4) Jackson, W.A., et al (1964) : Nitrates in edibles vegetables and vegetable products. J. Am Socie, Hortic, Sci., 90, p 349~352.
- 5) White, J.W.Jr. (1975) : Relative significance of dietary sources of nitrate and nitrite. J. Agric. Food chem., 23, p 886~891.
- 6) Wright, M.J., & Davison, K.L. (1964) : Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animal. Adv. Agron., 16, p 197~247.
- 7) Deeb, B.S., & Sloan, K.W. (1975) : Nitrates, Nitrites, and Health. Illinois Agric.
- Exp. Stn. Bull., No 750.
- 8) COMMITTEE on NITRATE ACCUMULATION (1972) : Accumulation of Nitrate, Natl. Acad. Sci., Washington, D. C.
- 9) 原田基夫ほか(1974) : ニトロソ化合物の生体内生成に関する研究, ヒト唾液中の亜硝酸イオン, 硝酸イオンについて. 食衛誌, 15, p 206~207.
- 10) 谷村顯雄(1979) : 硝酸塩と発がん. 竜年光著「土と人間」序文, 竜光会出版部.
- 11) 速水昭彦(1977) : 野菜の硝酸態窒素の測定法. 野菜試験研究資料第3号, 野菜の硝酸をめぐる諸問題, p 36~49.
- 12) 景山美葵陽ほか(1961) : そ菜の窒素栄養に関する研究(第1報)窒素栄養の診断について. 農技研報, E 9, p 161~183.
- 13) 伊達昇ほか(1975) : 軟弱野菜高度連輪作土壤の化学的動向とその改善, 土壤生態系の化学的環境負荷の評価とその改善・制御に関する研究昭和49年度報告, 研究代表者 高井康雄, 文部省特定研究(1), p 53~59.
- 14) 伊達昇ほか(1976) : 同上, 同上昭和50年度報告 p 57~63.
- 15) Maynard D.N., et al (1976) : Nitrate Accumulation in Vegetables. Adv. Agron. 28, p 71~118.
- 16) 安田環(1977) : 野菜の硝酸をめぐる諸問題. 野菜試験研究資料第3号, p 1~35.
- 17) 越野正義(1976) : 硝酸塩の植物体内での集積. 早瀬達郎ほか編, 肥料と環境保全, p 227~252. ソフトサイエンス社.