

栃木県下の畑土壌の養分の動向

誌名	宇都宮大学農学部學術報告 = Bulletin of the College of Agriculture, Utsunomiya University
ISSN	05664691
著者	加藤, 秀正 星野, 幸一 藤沢, 徹
巻/号	14巻1号
掲載ページ	p. 71-78
発行年月	1989年3月

栃木県下の畑土壌の養分の動向 かんぴょう畑の調査とその問題点*

加藤 秀正・星野 幸一・藤沢 徹

Characteristics of available nutrients of upland soils in Tochigi Prefecture —Soil diagnoses of gourd field soils

Hidemasa KATO, Koichi HOSHINO and Toru FUJISAWA

Résumé

The quantity of plant nutrients contained in soils of gourd (*Legenaria vulgaris* Ser.) fields was evaluated. The soil samples were collected during from 10 to 30 days after planting, and were analysed. The results obtained were as follows.

1. In the gourd fields, the contents of available nutrients considerable exceeded the amounts estimated from the rate of fertilizer application, especially regarding nitrogen, phosphorus and potassium. Too much fertilization might make deteriorate soil environment condition. In this area soil diagnosis is indispensable and also diminishing these three nutrients referring to soil diagnosis are required.

2. Water soluble nitrogen in most soils is in the form of ammonium and nitrate. These forms of nitrogen, namely available nitrogen, varied within the range of 6.6 to 206 mg N per 100 g of soils and average contents were 62 mg N per 100 g of soils. Ammonium-N contained in 18 soils of 84 gourd fields varied within the range of 0.7 to 156 mg N per 100 g of soils. According to the experimental results, nitrification was restrained when ammonium-N exceeded nitrate-N at concentration above 100 ppm of $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil solution. At concentration of 300 to 400 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil solution, nitrification was completely inhibited. Converting these results to the oven dried soil basis, nitrification was restrained at 7~8 mg ($\text{NH}_4\text{-N}/100\text{ g}$) and completely inhibited at 23~30 mg ($\text{NH}_4\text{-N}/100\text{ g}$).

第1章 かんぴょう畑土壌の養分の動向

1 序

栃木県のかんぴょうは、作付面積で全国の約9割を占める一大特産物であり、重要な作物として古くから栽培されている。昭和61年の作付面積は2,140haで生産量は2,990tである³⁾。かんぴょうは庭先取引で市場に出回り、各農家個有の施肥管理が行われる傾向が強い。それだけに過剰施肥になり易く、栽培法の変化とも相まって土壌養分の動向が注目されるところである。本研究では

石橋町上古山地区を対象にかんぴょう畑土壌の実態調査を行い、土壌養分の動向を把握するとともに、その問題点と対策を考察した。

2 調査および実験方法

栃木県におけるかんぴょうの栽培は、ほとんどが県中南部で行われている。このうち、栽培農家が比較的集中し、かつ作付面積が県の約1割を占める石橋町から84戸の農家を選び、定植後10~30日程度経過した60年5月に土壌を採取し、かつ聴き取り調査をした。

(1) 本地域の特徴

対象地域は県中央部の宝木段丘上の厚層多腐植質黒ボク土地帯に位置する。本地域(上古山地区)は畜産農家

* 本研究の一部は昭和62年3月23日加藤が石橋町にて講演した。

と連携して地域ぐるみのイナワラー牛糞堆肥交換が行われており、結果として堆肥が多用されている。またゴボウなど深耕作物も導入されていることから、下層土、いわゆるローム層が作土層に混じるなど、深耕・混層耕圃場もみられた。

(2) 供試土壌の分析

土壌は風乾細土とし、常法により pH, 電気伝導度, CEC, 交換性陽イオン, 可給態リン酸(トルオーグ法), 水溶性(土壌:水=1:5)硝酸態窒素およびアンモニウム態窒素, 全炭素を測定した。

3 結果と考察

i 施肥量について

第1～3図には聴き取り調査による三要素施肥量と水溶性無機窒素, 可給態リン酸および可給態カリウム(交換性カリウム)との関係をそれぞれ示した。第1図の窒素については施肥窒素の溶解性および有機化という要因を除いて考えてもかなりの畑が施肥量を上回る無機窒素($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$)を含んでいた。第2図の可給態リン酸については前作までの蓄積結果が反映して施肥量を大幅に上回る可給態リン酸が、第3図の可給態カリウム(交換性カリウム)も施肥量を大幅に上回る10a当り100kg以上の可給態カリウムがそれぞれ認められた。このように窒素, リン酸およびカリウムの三要素については

施肥量と現実の圃場における可給態成分量のひらきが拡大していることを示した。これは栽培管理上好ましいことではない。

ii pH および塩基飽和度

第4図には pH と塩基飽和度の関係を示した。本地域のかんびょう畑土壌は同一地形上の風積火山灰由来の黒ボク土であり、かつ施肥, 栽培管理が似ていることか

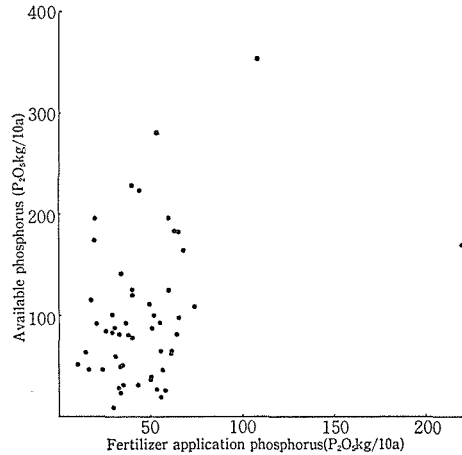


Fig. 2 Relationship between available phosphorus in soils and the amounts of phosphorus applied

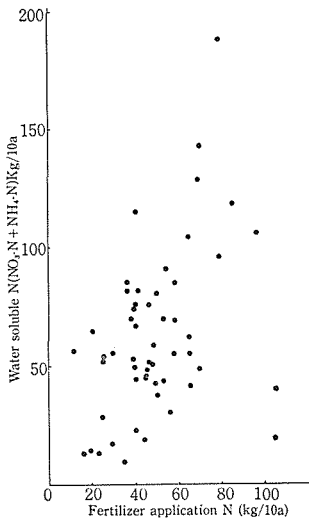


Fig. 1 Relationship between water soluble N in soils and the amounts of nitrogen applied

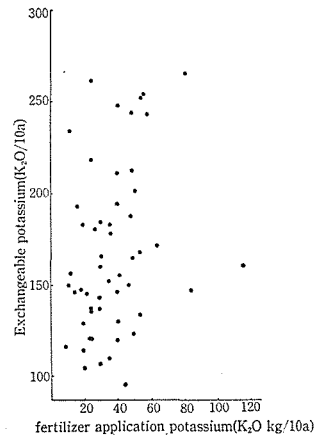


Fig. 3 Relationship between the content of exchangeable potassium in soils and the amounts of potassium applied

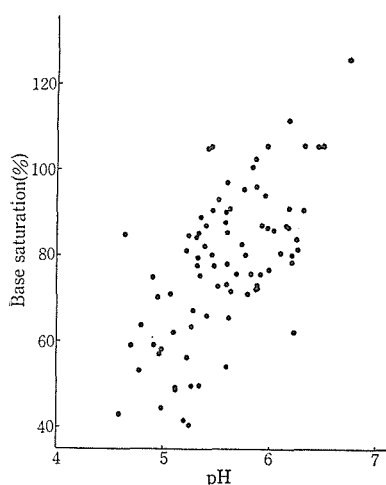


Fig. 4 Relationship between base saturation and soil pH

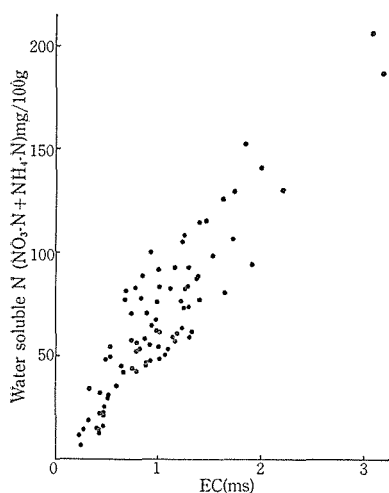


Fig. 5 Relationship between water soluble N and EC

ら、ばらつきは少なく、pHは4.6~6.7の範囲を占め、ほぼ5~6の間に集中したものであろう。pHは塩基飽和度と対応関係を示し、約40%から125%の範囲にあった。塩基飽和度60~80%はpH5~6にはほぼ対応した。pHと塩基飽和度との対応関係から判断すると、土壌診断基準でいう塩基飽和度80%がpH6前後に対応し、本地域の土壌についても塩基飽和度80%は妥当な目標値と考えてよい。

iii 電気伝導度および無機態窒素

土壌の水溶性無機態窒素には $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ とが

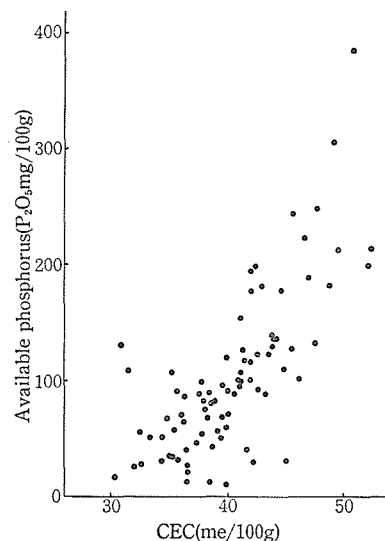


Fig. 6 Effect of available phosphorus on CEC

含まれ、両者合すると可給態窒素の大部分を占める。第5図には無機態窒素と電気伝導度(以後ECと記す)との関係を示した。無機態窒素とECは密接な対応関係を示した。本地域のECは0.5~1.5mSに集中し、無機態窒素が50~100mgを占めるものが84戸中44戸、100mgを越えるものは13戸であった。無機態窒素(可給態窒素とみなし得る)が50mgを越える割合は全体の68%となった。ECは無機態窒素に対応して増大したが、1.8mSを越え塩類障害を招きかねない土壌も認められた。

通常畑土壌では施肥後一定期間経過すると $\text{NO}_3\text{-N}$ が無機態窒素の大部分を占めるようになるが、本地域のかんぴょう畑土壌の中には多量の $\text{NH}_4\text{-N}$ を含むものが認められた。栃木県が行った査定試験では、25~50mgで収量がよかったとされており、施肥基準⁷⁾でも10a当り窒素(N)20kg、堆厩肥2tとされていることから、7割近くがこの施肥基準を上回っている。さらに100g当り100mgを越える $\text{NH}_4\text{-N}$ を含んでいるものが見受けられた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ を合せた無機態窒素では200mgに達するものもあった。

iv 可給態リン酸

本邦の畑土壌ではリン酸の蓄積が問題視⁸⁾されて久しいが、本地域の場合も例外ではなく、施肥量の聴き取り調査から判断しても多いものが見受けられた。トルオーグ法による可給態リン酸の土壌診断基準値(黒ボク土)を40mgとすると、第6図のようにこれを下回るものは84点中14点、100mg以上が36点もあり、なかには400mg近いものもあって広範囲にわたっているが全般的にみるとリン酸が蓄積傾向にあることは否定できない。作物の

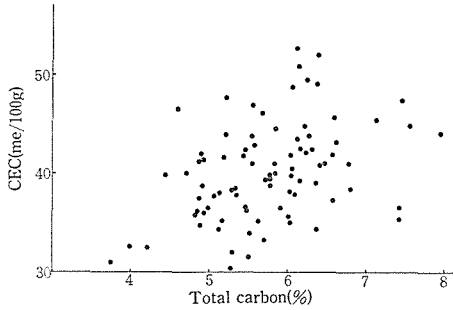


Fig. 7 Effect of total carbon on CEC

リン酸に対する感応は上限値付近では比較的鈍いこともあって、とくに過剰害らしきものは見受けられなかったが、著者のひとり加藤⁴⁾も指摘するとおり、リン酸の適正上限値としては100mgで抑えるべきで、リン酸の減肥が望まれる。

v 陽イオン交換容量

本地域のように母材を同一にすると考えられる黒ボク畑土壌では、陽イオン交換容量（以下 CEC と記す）の大小は腐植含量と可給態リン酸含量とによって影響を受ける。第7図に示すように、本地域の CEC 値は30~52 me の範囲にあり、84戸中 40me 以上が42戸、このうち 50me を越えるものは3戸あった。その原因の一つと考えられる全炭素との関係を見てみると、大部分は炭素が5~7%の間にあり、CEC との密接な対応関係はみられなかった。そこで第6図のように可給態リン酸との関係を表わした。可給態リン酸が増大すると、CEC 値も増える傾向にあることから、本地域の CEC の増大は、主としてリン酸質資材やリン酸肥料の多施用に起因するものと判断した。

vi 交換性塩基

第1表には交換性塩基含量の分布を示した。土壌診断基準では交換性カルシウムは CEC の45~60%程度がよいとされているが、これに該当するものは84戸中37戸で

あったが、平均的には妥当な量と判断されるものが多かった。しかしなかには30%以下で、pH が低い土壌もみられた。

交換性マグネシウムは CEC の10~15%程度が基準値とされているが、カルシウムと同様に平均的には妥当なものが多かったが、過不足の著しいものも1~2割程度認められた。

交換性カリウムは本地域の場合、基準値2~5%に該当するものは全く認められず、平均でも9.67%と著しいカリウム過剰となっている。カリウム量がマグネシウム量とほぼ同量、あるいはそれを上回るものが84戸中35戸もあり、マグネシウムの吸収阻害すら危惧されるレベルに達している。

交換性ナトリウムも平均的にみると、問題はないが、CEC の2%を越えるものが84戸中28戸あり、牛糞堆肥の連用が続けば、今後さらに増大するものと考えられ、透水性、土壌構造の破壊など土壌の物理性に悪影響を及ぼすものと予想される。

4 摘 要

今回分析したかんびょう畑土壌は、かなり施肥量が多いと判断された。特に窒素、リン酸、カリウムについては、生育初期段階ながら、過剰なものが多数認められた。通常各農家は定植前の土壌を分析診断して施肥量を決定するわけではなく、長年にわたる経験とそれによって培われたすぐれた勘によって決定する。連作や多肥は三要素にみられるように、経験と勘に狂いを生じさせ、加里とリン酸の過剰蓄積、窒素施用量と土壌の可給態窒素との大きなズレを招いた。土壌環境をこれ以上悪化させず、是正するためには土壌診断が必要な時期に入っているといえよう。今後本地域に必要とされる対象を挙げると次のとおりである。

- 窒素の減肥
- リン酸質資材の使用抑制

Table 1 Distribution frequency of exchangeable base

Ca	~30% 3	30~45 15	45~60 37	60~75 23	75~ 6	54.2*
Mg	~5% 5	5~10 25	10~15 26	15~20 20	20~ 8	12.7*
K	~2% 0	2~5 0	5~10 53	10~15 27	15~ 4	9.67*
Na	~1% 22	1~2 34	2~3 17	3~4 7	4~ 4	1.79*

Upper row: base saturation (%)

Lower row: soil sample numbers

* Average saturation(%)

- カリウムの減肥と塩基の不均衡の解消
- 土壌診断のすすめ

第2章 土壌窒素の動向からみた適正量

1 序

前章ではかんびょう畑の土壌調査から、窒素、リン酸カリウムがいずれも過剰傾向を明確に示し、塩基バランスにも不均衡をもたらしていることが判明した。その中でも、特に窒素の過剰施肥による $\text{NH}_4\text{-N}$ の蓄積が注目された。この窒素の過剰傾向はビニールマルチなど栽培管理法も大きな原因となっている。本章では無機態窒素の動向を明らかにすることによって窒素の過剰対策を示すことにする。

2 実験法

(1) 供試土壌

かんびょう畑土壌：採取試料は風乾せず、直ちに2mmのフルイを通し、4℃低温室に保存した。

ピーマン栽培用土壌：宇都宮大学付属農場黒ボク土（厚層多腐植質黒ボク土）にカルシウム、マグネシウム、カリウムおよびリン酸を同一レベルとし、窒素を0～115mg N/100g 添加したポット栽培土壌⁹⁾を用いた。施肥混合の後生土のまま4℃低温室に保存した。処理区（1～7）は次のとおりである。

処理区 $\text{NH}_4\text{Cl-N}$ mg/100g 添加量

1	0
2	10
3	20
4	40
5	65
6	90
7	115

他の要素の施用量と施用形態

Ca	: CEC の60%	CaCO_3 , 過リン酸石灰
Mg	: CEC の15%	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 苦土重焼リン
K	: CEC の5%	KCl
P_2O_5	: Truog 法可給態リン 50mg	$\text{P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 過リン酸石灰, 苦土重焼リン

(2) シャーレ中での土壌の培養実験

内径8.3cmのシャーレに風乾細土（乾土20g相当）とり、最大容水量の60%水分に保ち、サランラップで覆った。通気を維持するため、サランラップには縫い針で20個の穴を開けた。30℃の定温室に保ち、一定期間後取り

出し、土壌と水の比を1:5として10分間振とうし、ろ過した。ろ液について $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{NH}_4\text{-N}$ を定量した。

(3) 洗滌培養法による土壌の培養実験

本体の内径5cm、高さ7cm、足の部分の内径0.5cm、長さ4cmのブフナータイプのロートに、ガラスウール、アスベストを1.5cmの厚さに敷いた。風乾細土（乾土20g相当）と石英砂20gを混ぜて加え、最表層部にガラスウールを置いて水100～25mlで洗滌しながら、pF 1.7に吸引した。吸引後、サランラップで覆い、縫い針で20個の穴を開け、30℃の定温室に保ち、一定期間後取り出して、25～100mlの水で洗滌しながらpF 1.7になるよう吸引した。洗滌液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{NH}_4\text{-N}$ を定量した。

$\text{NO}_3\text{-N}$ はイオンクロマトグラフィ、 $\text{NH}_4\text{-N}$ はマイクロケルダール法により定量した。

3 結果と考察

i かんびょう畑土壌の可給態窒素の動向

野菜の生育に適する土壌窒素 ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) は多くの場合100g当り5～40mg程度²⁾とされる。畑土壌では $\text{NH}_4\text{-N}$ は生育阻害を起こす場合が多く、したがって $\text{NH}_4\text{-N}$ の測定は畑作物ではむしろ生育阻害を知るために必要な分析項目となっている。かんびょう畑で水溶性 $\text{NH}_4\text{-N}$ が認められた土壌のうち12点を第2表に示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量の著しく高い6点 (G～L) のうち、3点 (G, I, J) はpHが5前後であったことから、このpHが硝酸化成を著しく阻害¹⁾したものと考えられ

Table 2 Nitrification in culture dish
(gourd field soils)

	before incubation		after incubation	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
A	152.4	2.1	172.0	1.1
B	106.3	3.6	123.8	3.4
C	82.8	4.4	93.3	1.1
D	94.2	5.6	94.3	4.2
E	68.4	7.7	84.9	1.2
F	97.4	7.8	111.2	2.0
G	92.4	15.6	87.5	13.2
H	35.7	20.3	75.0	6.1
I	64.6	64.3	72.5	57.4
J	40.7	100.0	67.1	85.0
K	96.2	109.6	109.6	124.1
L	30.3	156.0	46.9	144.6

(N mg/100 g)

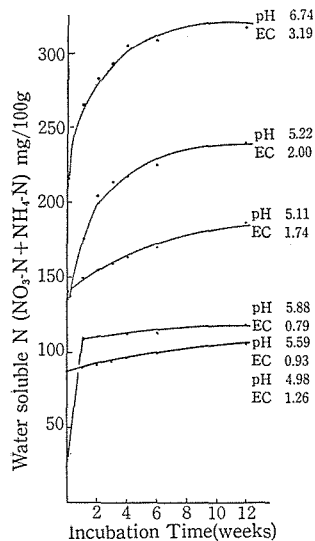


Fig. 8 Cumulative N mineralization by incubation-leaching method

るのに対し、他の3点(H, K, L)はpHが中性付近であるものの、アンモニウムイオン濃度や塩類濃度が高いことにより硝酸化成が阻害されているものと判断された。NH₄-N含量の比較的低い6点(A~F)については、pHや塩類濃度が硝酸化成の抑制要因になっているものと考えられる。土壌溶液(最大容水量の60%相当水分)にこれら水溶性(水/土壌=5/1)窒素が一時的にすべて可溶となると仮定してNO₃-NおよびNH₄-N濃度を推定すると、それぞれ398~2,000ppm, 28~2,047ppmとなり、窒素の多施用ぶりがうかがわれる。後述の第10図で触れるように、厳密にはpH条件を考慮に入れていないものの、土壌溶液中でNH₄-Nが100ppm以上になると硝酸化成が抑制されてNH₄-Nの比率がNO₃-Nを上回り、300~400ppmになると硝酸化成がほぼ完全に阻害されることから明白のように、窒素濃度の異常な高さを指摘しなければならない。

第8図には洗滌培養による無機窒素(NO₃-N+NH₄-N)を示した。洗滌には水100mlを用いた。水溶性無機窒素のうち、培養前に存在したNH₄-Nはほぼ2週目で洗滌され、それ以後は洗滌液の窒素はNO₃-Nのみであった。したがって3週目頃からの無機窒素(ほぼNO₃-Nのみ)は土壌の有機態窒素の無機化などによる、いわゆる地力窒素の発現によるものと推定された。この窒素は100g当り数十mgに達する土壌も見受けられた。

ii 畑土壌における可給態窒素の動向とその適量範囲
洗滌培養法は常法⁶⁾によれば存在する水溶性窒素(大部分は無機窒素)を洗滌除去し、その後の培養により生

成する無機化窒素量を求めるものであるが、これは作物の生育期間中における土壌溶液中の窒素の形態変化を適切に表現できない、そこで洗滌に使う水の量を少なくしてみることにした。

(i) 洗滌水量の違いによる無機態窒素の動向

第9図にはピーマン栽培土を用い、洗滌水量を25ml, 50ml, 100mlとした場合の洗滌無機窒素の推移を示した。現地の圃場では作物による無機窒素(NH₄-N+NO₃-N)の吸収や雨水などによる溶脱を考慮すると、洗滌水量をより少なくした方が実態に近いものと推定される。

(ii) NH₄-NとNO₃-Nの関係

第9図によれば、施肥窒素の少ない0~20mg区は最初からNO₃-Nとなって洗滌されることから少窒素区では硝酸化成はきわめて速やかに行われることを示している。窒素多用区(40~115mg)では洗滌培養時の土壌溶液中のNH₄-Nが200ppm前後まで減少すると、硝酸化成が進みNO₃-Nへと移行する。これは窒素多用畑でNH₄-Nが多量に蓄積し、硝酸化成が抑制されるためである。このことは上述のシャーレ法培養結果ともよく符号する。

第10図には無機窒素に占めるNO₃-Nの割合と培養土中の土壌溶液のNH₄-Nの濃度との関係を示した。NH₄-Nが土壌溶液中で約200ppm以下になると、硝酸化成作用が進み易くなり、NO₃-Nが無機窒素の50%以上を占めるのはNH₄-Nの濃度が100ppm以下になってからであることが分かった。硝酸化成作用に対するpH条件を厳密には考慮に入れていないが、土壌溶液中では、NH₄-Nが300~400ppmになると硝酸化成がほぼ完全に阻害されてNH₄-Nが蓄積し、生育障害を招く。

4 摘 要

今日のようにビニールマルチが普及した栽培様式のもとでは、かんびょう畑における窒素は洗滌を受けにくく、無機窒素の減少は作物の吸収によることが多い。したがって窒素の過剰施肥は一時的にNH₄-Nの蓄積を招く。土壌溶液中でNH₄-Nが100ppm以上になると硝酸化成は抑制されてNH₄-NがNO₃-Nを上まわり、300~400ppmになると硝酸化成はほぼ完全に阻害された。上古山地区のかんびょう畑土壌の容積比重、最大容水量を平均的に見積ると、NH₄-Nは100g当り7~8mgが100ppm, 23~30mgが300~400ppmのNH₄-N濃度に相当する。

第3章 要 約

栃木県の中南部で多く栽培されているかんびょうのう

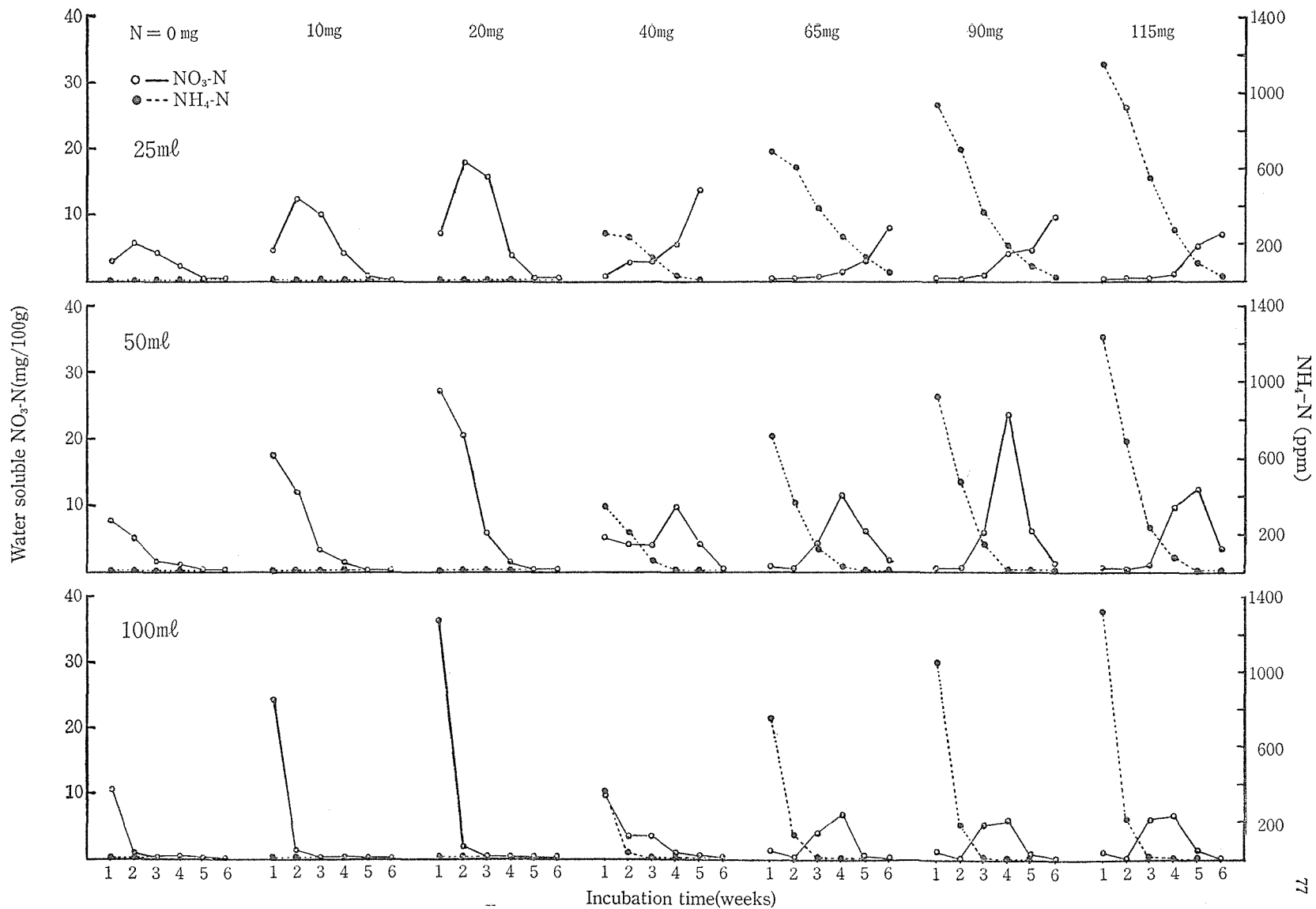


Fig. 9 Nitrification of $\text{NH}_4\text{-N}$ by incubation-leaching method

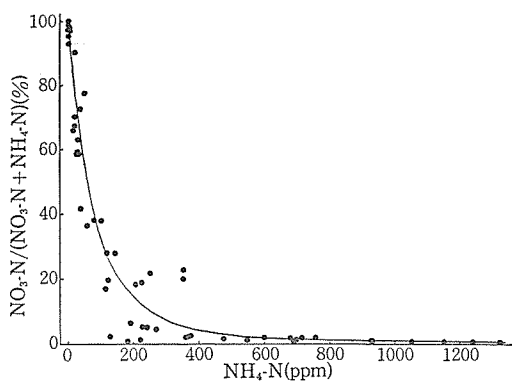


Fig. 10 Relationship between $\text{NO}_3\text{-N}$ in water soluble inorganic forms of nitrogen and $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration in soil solution

ち、石橋町上古山地区の84戸の農家を対象に聴き取り調査および土壌分析を行った。

(1) 地区全体でみると、聴き取り調査による施肥量と土壌分析結果との間の格差が大きく、窒素、リン酸、カリウムいずれも過剰傾向を示した。このような土壌の可給態成分と施肥量との大きな格差は土壌環境を一層悪化

させ、栽培管理上も好ましくない。三要素の減肥と土壌診断が望まれる。

(2) 土壌溶液中で $\text{NH}_4\text{-N}$ が 100ppm 以上になると硝酸化成が抑制されて $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_3\text{-N}$ を上まわり、300~400ppm になると硝酸化成はほぼ完全に阻害された。これは上古山地区のかんびょう畑では可給態窒素のうち $\text{NH}_4\text{-N}$ が 100g 当り、7~8 mg, 23~30mg にそれぞれ対応すると考えられる。

引用文献

- 1) 土壌微生物研究会編 (1981), 土の微生物, 博友社: 362-368
- 2) 位田藤久太郎 (1981), 野菜の土壌生態・検定と肥培, 博友社: 245-246
- 3) 関東農政局栃木統計情報事務編集 (1988), 第34次栃木農林水産統計年報 (1986-87)
- 4) 加藤秀正ら (1987), 土肥誌, 58, 27-34
- 5) 坂本敏雄 (1988), 宇都宮大学大学院 農学研究科修士論文
- 6) Stanford, G. and S. J. Smith (1972), Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36, 465-472
- 7) 栃木県 (1988), 農作物の施肥基準
- 8) 吉池昭夫 (1983), 土肥誌, 54, 255-261