

農業と科学

昭和47年4月1日(毎月1日発行)第186号
昭和31年10月5日 第3種郵便物認可

発行所 東京都千代田区有楽町1-12-1 日比谷三井ビル
チッソ旭肥料株式会社

編集兼発行人：伊藤和夫
定価：1部10円

農業と科学

1972

(別冊)
CANo.2

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO., LTD.

硝酸態窒素特に燐硝安加里の水稻に対する
農業と科学記載資料特集



チッソ旭肥料株式会社 技術開発部

チッソ旭肥料株式会社 第二販売部

2.1.1

目 次

1. 水稻の多収穫と硝酸態窒素の利用 山 田 芳 雄 1
(磷 硝 安 時 報 №1. 1969)
2. イネの栽培と硝酸性窒素肥料 山 崎 伝 5
(磷 硝 安 時 報 №1. 1969)
3. 米づくりに $\text{NO}_3\text{-N}$ をどう利用するか 寺 島 利 夫 12
(農 業 と 科 学 №1. 1970)
4. うまい米の多収穫法 その1 松 島 省 三 16
(" №2. 1970)
5. うまい米の多収穫法 その2 松 島 省 三 19
(" №4. 1970)
6. 硝酸系肥料の今昔と話題
(" №5. 1970)
7. 新潟県1位になった吉田さんを訪ねて 佐 藤 千 秋 22
(" №5. 1970)
8. 寒地稲作と窒素施肥の要点 南 松 雄 24
(" №7. 1970)
9. 水稻に与えた $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ 山 室 成 一 26
山 野 通 佳
(" №7. 1970)

10. 作物に対する窒素給源について	山田芳雄	28
	(農業と科学 469. 1970)	
11. 鳥取県の米と磷硝安加里の追肥効果	大野猛郎	32
	(" 4612. 1970)	
12. $\text{NO}_3 - \text{N}$ の植物生理学的意義	田中明	34
	(" 461. 1971)	
13. 北の米の味と硝酸系肥料	南松雄	38
	(" 466. 1971)	
14. $\text{NO}_3 - \text{N}$ と塩基の吸収	西川光一	40
	(" 469. 1971)	
15. 硝酸態チッソによる稲作の妙味	菊地年夫	44
	(" 469. 1971)	
16. 水稻に対する硝酸態窒素の利用と体内有機成分の変動		48
	小菅伸郎	
	(" 461. 1972)	

水稻の多収穫と硝酸態窒素の利用

九州大学農学部助教授

山 田 芳 雄

まえがき

変転きわまりない農政によって農家や技術者の蒙る迷惑ははかり知れないものがある。

しかし生産性の高い稲作技術がどのような時代になろうとも要求されることに変わりがあるはずはない。農家も技術者も腰をすえてこの問題になお一層の精進をしたいものである。

多収量には多量の肥料が必要

明治以来わが国の稲作の反収増と肥料消費量の増加とは相伴って来た。ことに最近の稲

作の飛躍的發展は肥料の増投がもたらしたものと云っても過言ではなからう。もっとも端的に肥料が増収に結びついている例をあげてみよう。最近十数年間の米作日本一の農家の収量は全国平均の約2.3倍。おなじく肥料の消費量は全国平均の窒素で2.3倍、リン酸で2.6倍、加里で2.9倍である。

おもしろいことに玄米100kgを生産するために稲が吸収する肥料成分は収量の如何に拘らず一定である。

玄米 100kg を生産するために吸収する肥料成分量 kg

肥料成分	N	P ₂ O ₇	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	SiO ₂
全吸収量	2.0	1.1	3.3	0.7	0.5	0.1	2.0

つまり玄米 1000kg をとりたいと思えば窒素として 20kg, リン酸として 11kg, 加里として 33kg の肥料成分を稲に吸収させなければならぬということになる。それだけの養分を土からか、肥料からか、とも角吸収させないとこれだけの収量をあげることは出来ない。

多収穫技術というのは、これだけの肥料成分を如何にして稲に吸収させ、栄養生長、生殖生長を円滑に行わせるかということだとも云えるのである。

高濃度にもとづく障害

400kg~500kg の玄米収量を考える場合は土からの分を除けば不足する肥料成分は僅かであるから、肥料の施し方もそれ程の苦勞はない。しかし700kgさらにはそれ以上の収量を望むとなると、不足分といえども施肥量が

多量となり、施用方法を誤れば高濃度に基づくいろいろの障害がおこってくる。したがって肥料の施し方は非常に難しい問題となるのである。

多収穫農家の施肥のもう一つの特長は堆きう肥の大量の施用である。米作日本一の農家では全国平均の数倍の堆きう肥が施用されていることを知ることが出来る。この様な莫大な堆きう肥の役割は微量元素を含めた肥料成分の供給源、光合成基質としての炭酸ガス供給源、その他土壌の物理性等いろいろ考えられるが、同時に無機質肥料の捕捉なかでも窒素肥料で考えるならばアンモニイオンの吸着あるいは有機化を通じて高濃度にもとづく障害要因の回避に役立っていることを指摘したい。

アンモニア障害

もともと植物は肥料など施されていない土壌に育ってきたものであり、人間が栽培するようになって、しかも極く最近になってはじめて莫大な無機質肥料を無理やりに供給されるようになったわけで、植物の側からすれば恐らくは非常に迷惑な話であろうと思われる。

特にアンモニア態窒素はそれ自身植物体中で高濃度になると呼吸作用を阻害し、光合成作用も阻害する働きがある。呼吸作用と云い光合成作用と云い、これらは植物の営む二つの大きな代謝活動であり、これが阻害されれば生育が順調に進まなくなるのは当然である。これを私達はアンモニア障害と呼んでいる。植物の種類によってはアンモニア障害に敏感なものから、そうでないものまで多様であるが、一般的には双子葉植物の方が単子葉植物より抵抗性が弱いと云われている。イネ科の植物特に稲は植物の中では抵抗力の最も強いものの一つであり、培養液の窒素が高濃度にならない限り、アンモニアでも硝酸でも一応よく育つ。しかしよく観察してみると、地上部に顕著な生育の差異を認めない程度の場合でも、少し培養液の濃度が高過ぎると(100ppm)根がよく伸びきらないし、色も褐色を帯びて所謂リグニフィケーションをおこしていることに気がつく。この様なイネを分析して低濃度のアンモニア(20ppm)で育てた稲や、硝酸塩で育てた稲と比較すると、ずい分相違が見られる。すなわち、アンモニアで育てた稲はカリ、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン等の塩基性成分の含量が低く、リン酸含量は高い。またシュウ酸、リンゴ酸、クエン酸の様な有機酸含量は低く、反対にグルタミン、アスパラギンの様なアミド、リジン、アルギニン等の塩基性アミノ酸およびグルコサミンというアミノ糖の含量が高くなっていることがわかる。これらの現象をどう解釈すべきであろうか。

私共はこれを次の様に解釈している。すな

わち、アンモニアはそれ自体アミノ酸あるいは蛋白質、核酸等の窒素源として植物に不可欠のものであるが、供給量がどんどん増加してくると、植物はアンモニアによる呼吸阻害光合成阻害から自らを守るためあらゆる自衛の手段をつくすものと考ええる。まず各種のケト酸を用いてアミノ酸を生成し、特に塩基性アミノ酸の合成をおし進める。さらにアスパラギン酸、グルタミン酸を用いてアスパラギン、グルタミンの生成を行い、猶アンモニアの供給が多い場合は糖に直接アミノ酸を結合させてグルコサミンの如きアミノ糖の生成を行い、体内のアンモニア濃度の高まりを防ぐつまりアンモニアの解毒を行うのである。

しかしここで考えなければならぬのは、この様にしてアンモニアイオンの直接の代謝阻害を防ぎ得たとしても、そのことによって起る有機酸の減少、可溶性窒素成分の増加が植物に与える影響である。こゝでは上記有機酸のうちクエン酸、リンゴ酸がTCA回路やグリオキシル酸回路のメンバーであり、これらの濃度減少は回路の回転不円滑を促すものであることを述べるに止めておこう。なおまたアンモニア栄養によって必然的におこる無機塩基の吸収低下も見逃せぬ生育阻害因子である。こゝではカリ、カルシウムが共に登熟に重要な関係をもっていることを指摘しておこう。

アンモニアと硝酸の同化のちがい

さて植物にアンモニアを根から与えると、アンモニアは大部分根で直ちに同化され、残りが地上部に運ばれると云う。一方硝酸は根から吸収されると、そこは素通りして地上部に運ばれ、光の存在下で光化学的に還元を受けアンモニアになると云われている。猶その際モリブデンが重要な役割を果すと云うことが知られている。硝酸はアンモニアと異り、植物体中でかなりな高濃度になっても植物体自体には殆んど影響を与えない。(乾物中硝酸態Nが0.2%を超えると、これを飼料としている家畜が倒れることがある)。つまり光が

充分存在していて、光合成が盛んに行われている段階では地上部で $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+$ への変化が行われ、さらに円滑にアミノ酸→蛋白質への同化が進む。光が不足な条件では $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+$ への変化が進まず硝酸態窒素のまま体内に蓄積している。この点がアンモニアと硝酸の大きな違いである。

水田における硝酸追肥の可能性

多収穫にはそれに相応しい多量の窒素の供給が必要である事は前に述べた。しかし多量のアンモニアの供給は水稲といえども好ましくない。特に土壌のアンモニア保持力が弱い場合には危険が伴うことを知るべきである。この辺にアンモニア態窒素の一部を硝酸態窒素に置き換えてみてはどうかという考え方が生ずるのである。

一方水田の水稲に対する硝酸態窒素の肥効は古くから知られており、アンモニア態窒素にくらべて著しく肥効が低いことが明らかにされている。その原因はよく知られている様に還元土壌中における脱窒現象によることは云う迄もないことである。土壌の還元が著しい場合は殆んど瞬時のうちに脱窒してしまふものである。したがって基肥としてこれらを用いるようなことはまず考えられない。しかし生育後期の出穂期頃になると酸化還元電位も高まってきて脱窒作用も衰えをみせはじめる。特に間断灌水を行うことによって土壌が酸化性的になれば、脱窒を免れた硝酸態窒素の水稲根による吸収の機会がないわけではない。こう考えると硝酸態窒素をアンモニアの替りとして、水稲の追肥として見直すこともあながち無意味ではない。それどころか、先程述べた硝酸がもっている生体内における好ましい性質を考えると、硝酸態窒素の追肥は今後の一つの研究課題と云えよう。

水稲の成熟期における窒素源

前に述べた様に水稲に対する硝酸態窒素の肥効は水田では従来アンモニアに劣るといわれ、確かにその通りであるが、これを水耕栽培でしらべてみるとかなり違った結果が出て

くるのである。水耕では脱窒現象がないから栄養生理学的な影響がそのまま現われてくるのであるが、その結果によると生育の前半はアンモニアでも硝酸でも大差はなく、むしろアンモニアの方が稍すぐれているが、生育の後半になると窒素濃度が高い場合、アンモニアよりも硝酸の方がずっとよい成育をし、高い収量を示すのである。生育の前半に硝酸が稍劣ったのは硝酸還元酵素が生長に伴って誘導的に作られるからだという見方もある。いずれにしても脱窒さえなければ、高い窒素濃度を与える環境では硝酸態窒素がアンモニア態窒素にまさる事はどうも確かなようである。とするとあとは硝酸の施肥の問題になる。

硝酸追肥が成り立つ条件

脱窒がおこる条件では硝酸の施用は無意味である。したがって基肥は勿論追肥でも常時湛水状態下ではまず殆んど効果がない。しかし水管理を十分に行って、土壌の酸化還元電位が高まった状態での硝酸追肥は意味がある。勿論頻繁な水管理は硝酸の溶脱にも結びつくので硝酸の施用はかなり多い目にしないと効果がない。

酸化還元電位が高まった状態での追肥と云えばまず晩期追肥ということになるが、これは先述の様に純栄養生理学的にみても理に合ったことなのである。

この時期になると新根の発生は殆んど行われなくなる。したがって既存の根の活性が高く維持されなければ硝酸はもとより、他の養分の吸収にもさしきわりが出て来る。この面からも土壌を酸化的に維持していく必要があり、硝酸の施用が矛盾なく行えることになる。

次に稲によって吸収が行われたとしてそれが同化されなければ意味はない。その為にはまず十分な日照と、日照を効率よく受けとめる水稲群落の受光態勢が必要である。このことは硝酸の還元が光化学的に行われるという点もさることながら、還元によって生成され

たアンモニアをアミノ酸、蛋白質へと同化していく材料の合成に絶対に必要だからである。

また硝酸態窒素を施用した場合にはアンモニア態窒素を施用した場合に比べてりん酸の吸収が低下する。ことに節水栽培の場合にはりん酸の土壌からの供給に頼りきれない面もあるし、一方ではりん酸は硝酸の還元過程で共役するATP生成反応の基質ともなるものであるから、その意味でもりん酸の供給については一応の考慮を必要としよう。

また硝酸態窒素が吸収され、同化されてもそれを容れる容器がなくては、あたり宝のもちぐされに終わってしまう。十分な容器とはこゝでは十分な粉数を意味する。硝酸追肥を行う前段階での稲のつくり方、すなわちワラの量に対して着粒粉数が相対的に多い稲を作っておくことが必要となろう。

こう云った条件を満足するならば硝酸の追肥は十分見込みのあるものであると考えてよい。事実硝酸態窒素を実肥に用い好成績をあげている幾つかの実例があるし、水管理の行

きとどいた多収穫農家の水稲は現実に硝酸態窒素をかなり吸収していると考えることが出来る。

結 語

猶最後に一言述べておきたいことは、実肥のアンモニアは日照が悪ければ、過剰となってマイナスの効果をもたらすことがあるが、硝酸ではその様な場合、プラスの効果が上らないまでも、マイナスの影響は恐らく極めて少く、日照がよいときにはアンモニアにまさる効果が予測されることをあげておこう。したがって所謂硝酸実肥の上のせ方式により、気象条件に左右されない水稲の多収栽培が可能ではなからうか。

本稿では苗代の硝酸については触れなかったが、故山崎伝教授によれば硝酸態窒素を吸収した苗は著しく発根力にすぐれていると云われている。そしてこの性質は収量に結びつける様な施用法の研究をはじめ、早くから硝酸態窒素の水田への利用に着目された教授の御見識に敬服する次第である。こゝにつゝしんで御冥服を礼るものである。

イネの栽培と硝酸性窒素肥料

鳥取大学農学部教授

(故) 山 崎 伝

植物に対して $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のいずれが勝るかという議論は古くからおこなわれておりますが培地の pH、共存イオンの関係通気の有無、光線の強さといったような条件によるものであって、条件が充分であれば、いずれも高等植物に対して差異はないという結論となっているようであります。

従来イネに $\text{NO}_3\text{-N}$ が用いられなかったのは次のような沼沢作物としてのイネの特性とその栽培環境によるものと考えられます。

① 畑で安定・水田で不安定

土壤が酸化的であるか、還元的であるかによって、土壤中に存在するいろいろな成分の化学的な形態が違うということは良く知られております。

Nについて申し上げますと、畑状態では NO_3 が安定であるし、畑作物は NO_3 を吸収し易い環境におかれていますが、水田の還元状態の土壤では NO_3 はNガスとなって空气中に失われ、イネは利用しにくい環境におかれております。

② 通 気

植物の根が、その機能を全うするためには根において好氣的な呼吸がおこなわれなければなりません、呼吸に必要な酸素は、畑作物では土壤を通じて分子状態で供給され、沼沢作物では葉の気孔(Stomata)からの O_2 、光合成の際に水の裂開によつて生ずる O_2 、これが何らかの形で植物の組織内を通つて根にあたえられるとして説明されております。そのためイネは還元状態の土壤中にありながら酸化力を保持して養分吸収をおこなっている

と考えられます。

③ NO_3 の役目

植物に吸収された NO_3 が硝酸還元(nitrate reduction)を経て、アミノ酸、タンパク質にまですくむ硝酸同化(nitrate assimilation)についてはよく知られており、Nの給源としての役割は NO_3 、 NH_4 いずれも本質的には差異がないとみなされていますが、嫌氣的あるいは全嫌氣的な微生物にみられるような硝酸呼吸(nitrate respiration)すなわち NO_3 の O_2 が水素の受容体として使われ、エネルギー発生を伴なうという現象は高等植物においてもみられ、とくに通気不足(deficient aeration)の状態におかれた場合に著しいということは、イネへの NO_3 利用ということと関連して注目すべきことであると考えられます。

つまり NO_3 の吸収は、植物体内でおこなわれる新陳代謝作用に、 NH_4 の吸収とはまた異つた影響をあたえるのではなからうかという推定ができます。

以上によつて、根の呼吸に必要な O_2 の供給経路と NO_3 呼吸とは相通ずるものがあることがうかがわれますが、植物体の組織の構造にも特徴的なものがあります。

沼沢植物では、植物体を通じて根に O_2 が供給され易いような構造をもっています。

自然界においては、土壤の還元に抵抗し得る能力、換言すれば、莖葉を通じて根に O_2 をおくる能力によつて Eh 0.3 volt を界として垂直的に分布しているともいえるのであります。

このようなことからイネは NO_3 を吸収しなくても正常に生育し得る能力をもつように進化してきたと考えることができます。

しかし一方、土壌の還元状態は人間が水田というものを造成した結果の産物であると考えれば、イネについての NO_3 も一般畑作物と同じような見方もできると思います。

従って次にイネの栽培と $\text{NO}_3\text{-N}$ がどのように結びつくか、あるいは利用し得る可能性があるのかどうかなどについて申し上げてみたいと思います。

1. 水稻の多収穫技術と $\text{NO}_3\text{-N}$

1949 (昭24) 年以來の米作日本一を得た農家の人々の収量は平均すると 91 kg/a となりますが、(表の1) のようにこれらの人々の施肥量が全国平均からみると 2~3 倍に達することもおどろくべきことだと思います。

これだけ多くの肥料(とくにN)を施用しながら、上手にイネに吸収させているのが、多収農家の技術水準の高さだと思いますが、その技術のなかでもっとも一般的におこなわ

れているものを2, 3考えてみますと、そのひとつは畑育苗であります。ほとんどの農家が健苗の育成に十分な注意をはらい畑苗を使って多収をあげて居ります。

畑苗を上手につくると発根がよく、従って活着が早く、養分の吸収を能率よくおこない初期の生育を促進する利点がありますが、これはNや炭水化物の含量が多いからだといわれております。しかし、畑で生育する作物はN源としては NO_3 を吸収しているのが通例であり、畑苗でも十分にその可能性がありません。

実際に私たちが、いろいろな畑苗、たとえば農業試験場でつくったもの、あるいは各地の農家がつくったものについてしらべてみますと(表の3)にみられるとおり、数10 mg から数100 mg にいたるまでかなりの量の NO_3 が含まれていることがわかりました。

水苗あるいは折衷苗では非常に少いかあるいはまったくみとめられないことも表でおわかりのことと思います。

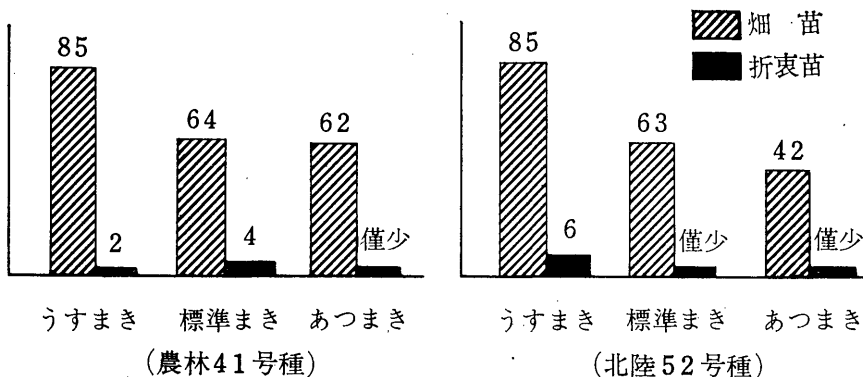
表の1 米作日本一の収量と施肥量

年度	氏名	玄米収量 (kg/10a)	肥料成分施用量 (kg/10a)			堆・ぎゅう肥 (kg/10a)
			チッ素 (N)	リン酸 (P_2O_5)	カリ (K_2O)	
1949	前 沢	766.1	22.4	14.4	18.0	750
50	西 村	777.0	18.3	14.3	16.6	750
51	土 肥	857.7	22.5	8.3	17.3	1,125
52	大 川	919.8	24.8	15.8	26.5	2,250
53	樽 見	875.1	23.2	16.6	26.2	2,625
54	川 原	994.2	33.8	24.3	43.2	3,000
55	上 楽	1,014.6	22.3	8.7	26.6	1,125
56	百 瀬	868.8	20.6	12.0	22.8	2,250
57	藤 森	855.9	22.0	9.9	25.1	1,125
58	北 原	1,023.9	20.1	14.3	25.3	1,875
59	加 藤	959.1	22.5	23.3	22.5	3,000
60	工 藤	1,052.1	20.8	19.0	29.5	2,250
61	小 池	975.0	28.5	27.6	31.9	1,601
62	小 池	862.8	29.1	54.6	30.2	1,500
平均		914.4	23.8	18.1	25.8	1,802
全国平均 (1966年推定)		400.0	10.4	6.9	8.8	300

畑苗をうすまきにした場合にはあつまきの場合よりも NO₃ が多く含まれまた茎葉よりも根の方が多いいこともみられます。(第2表)

多収農家の一般的技術の他のひとつは水管理、すなわち間断落水、中干しなどであります。これは水田土壌の還元にともなって生ず

表の2 畑苗の中にふくまれる硝酸態チッ素(乾物100g中のmg)



表の3 農家の畑苗における硝酸態チッ素

試料 No.	茎葉乾物 (苗1本あたり) mg	全チッ素 %	硝酸態チッ素 (乾物100g中mg)		品質	採取場所(栽培者)	
			茎葉	根			
畑苗	1	45.1	4.20	341	253	南栄	長野県富士見町(小池哲雄)
	2	51.4	4.22	215	172	ヤツガネ	同上
	3	55.7	5.69	202	280	越路早生	富山県入善町(池原吉右エ門)
	4	37.6	5.11	177	362	ハウネンワセ	長野県松本市(北原基)
	5	38.5	5.43	176	461	マンリョウ	富山県入善町(池原清作)
水苗	15	30.0	5.35	27	27	ハウネンワセ	富山県入善町(長田敏幸)
	16	37.1	4.60	20	49	同上	同上
	17	43.8	3.95	3	3	はたか	長野県松本市(北原基)
	18	86.0	4.50	僅少	僅少	マンリョウ	新潟県高田市(北陸農試)

表の4 土壌の中における落水期間の硝酸生成(乾土100g中のmg)

	落水前		落水後*	
	アンモニア態チッ素	硝酸態チッ素	アンモニア態チッ素	硝酸態チッ素
イネ作付区	12.1	0	1.3	0.2
イネ無作付区	12.8	0	6.2	0.0

* 容水量の70%程度にまで土壌水分が減少したとき、作土10cmの土壌を採取して定量した。

表の5 硝酸苗とアンモニア苗の発根力比較

	茎葉の重さ (1株あたり)	硝酸態チッ素 (乾物 100g中)	根を切って水にさしたあとでの	
			発根数	根の目方
硝酸苗	311mg	11.8mg	27.5本	56.4mg
アンモニア苗	288	僅少	22.0	32.7

表の6 NH₄-一苗, NO₃-一苗の酸化力

処 理	第 1 回 目 (1月育苗)	第 2 回 目 (5月育苗)	第 3 回 目 (7月育苗)
NH ₄ -一苗	0.03mg	0.83mg	0.67mg
NO ₃ -一苗	0.11	1.13	0.85

備考：酸化 α-naph/乾物 1g・1時間

るイネの根に好ましくない阻害物質を流し去ることと、土壤そのものを酸化的にする目的でおこなうわけですが、このとき土の中にあるNH₄がNO₃に変化することはほとんどありません。(表の4)

NO₃はNH₄とちがって土壤に吸着されにくい性質があるので、こゝにできたNO₃はイネに吸われると同時に水を入れると流亡してしまふ宿命にあります。

このことを考えると、米作日本一の農家では多量のNを施用して水管理を適宜おこなうことによってイネにNO₃を吸収させたり、また余分なNは流したりしながら、多収をあげているとみることができます。

2. 水稻がNO₃-Nを吸収することの意義

以上、多収のイネが、すくなくとも苗のときと、水管理をおこなう分けつ後期から出穂期までの間にNO₃を吸収している可能性のあることをのべましたが、このときにNO₃を吸収することがイネにどのような影響を与えるかを考えてみたいと思います。

育苗のときにNO₃-Nを施用した苗(硝酸苗)はNH₄-Nを施用したアンモニア苗に比べて、根を切って水にさしたのちにくる根の量が多いことがみとめられています。(表の5)

すなわち硝酸苗はアンモニア苗に比べて発

根力が強いということがいえるわけですが、これが体内に含まれるNO₃-N含量と関係が深く、NO₃含量の高い場合に発根力が強いといえるようです。従って、畑苗が水苗あるいは折衷苗に比べて活着が早いのもNO₃の影響とも考えられるわけで、また、イネの分けつ後期から出穂期にかけての一般に発根が劣る時期に多収のイネがNO₃を吸収している可能性があるということも意味のあることといわねばなりません。

NO₃を吸収したイネの特徴として発根力のほかに根の酸化力が強くなるということがあります。

(表の6)はアンモニア苗と硝酸苗の根をα-naphthylamineの溶液に浸し、一定時間後に酸化した量を示したのですが、いろいろな時期に栽培した苗についてみても、硝酸苗が常にまさっていることがわかります。

根の酸化力にはいろいろな測り方があってそれぞれ意味を異にしますが、硝酸苗の場合にはたとえば2価鉄を酸化する力もすぐれていることが示されており、水田土壤で酸素が不足すると2価鉄が多量に生成し、これがイネに吸収されて養分の吸収をさまたげている例がしばしばみられますが、硝酸を吸収したイネの根が、2価鉄を酸化して不溶態にしてしまふ力が強いことは根の活力を維持す

表の7 硝酸苗が収量に及ぼす影響 (北陸農試1964)

苗代の様式とチッ素肥料	本田チッ素肥料	収量 (kg/10a)		
		ワラ	玄米	玄米収量比
折衷育苗 (硫 安)	硫 安	742	514	100
畑育苗 (")	"	799	586	114
畑育苗 (硝安をふくむ化成肥料)	"	877	632	123
畑育苗 (チ リ 硝 石)	"	818	636	124

表の8 移植後の NO₃-N の消長 (mg%)

処 理	5月18日 地上部 根		6月19日 地上部 根		7月3日 地上部 根		7月25日 地上部 根	
NH ₄ -苗	79	8.7	—	—	1.7	0.3	0.1	—
NO ₃ -苗	175	482	2.1	10.3	t r	0.7	0.5	—

表の9 硝酸性肥料追肥試験 (旭化成)

	基 肥	早期追肥 (田植4週後)	穂 肥 (出穂3週前)	実 肥 (出穂2週後)	収 量 比	増 収 (kg)
A	—	—	—	—	100	—
B	⑧	②	③	③	103	20
C	—	②	③	③	100	—
D	—	—	⑤	③	106	35
E	—	—	⑥	③	105	30

⑧印は NO₃-N 上のせ分

るうえで注目されねばならないことと思いません。

3. イネの栽培に積極的に硝酸性窒素を使った例

NO₃を吸収するイネが、栽培上望ましい性質を示すことが明らかになりましたが、実際にこれを利用して積極的に増収をねらうことが可能かどうかということは大きな問題であります。

(表の7)は北陸農試でおこなった硝酸苗を使った試験例であります。折衷苗より畑苗、畑苗より硝酸畑苗が順次増収を示していることがみとめられます。

また(表の10)は千葉農試の例ですが、水

苗、畑苗いずれの場合にも、アンモニア苗に比べて硝酸苗は発根力が旺盛で、しかも収量増を得ております。水苗に硝酸を吸収させると畑苗に匹敵する収量をあげている点が注目されます。

NO₃を施用した苗の素質のちがいによる増収の可能性はこのように明らかにみとめられますが、次に移植後に NO₃-N を使うのにはどうしたらよいかについては、今なお研究途上にあります。一番問題になるのは、はじめに申し上げましたとおり、水田土壌のなかで不安定であるということです。しかしこの点も追肥に使うことによってある程度回避することができます。(表の9)は NO₃を

含んだ化成肥料を穂肥に使うと、アンモニアよりも多量に施用でき、しかも収量を上げることが可能であることを示しております。

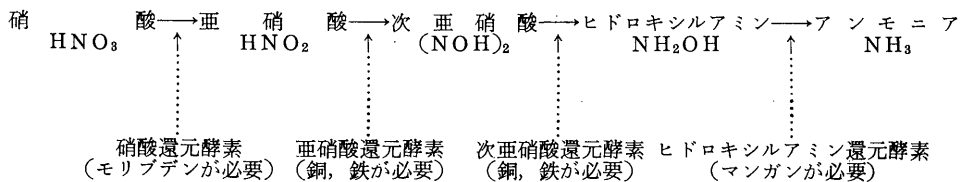
水田において、利用率が劣ることは NO_3 -N にとって不利な面といえるかも知れませ

んが、その吸収が根の活性維持に貢献するすれば、 NH_4 -N よりも量を増して施用することによる損失は補われて余りがあると考えてよからうと思います。

表の10 硝酸苗の発根力と収量への影響 (千葉農試1965)

苗の種類	再発根苗の総根長	発根数	収量 (kg/10 a)			
			ワラ	玄米	玄米収量比	
水苗	アンモニア苗	13.3cm	1.0本	525	357	100
	硝酸苗	17.9	4.4	540	380	104
畑苗	アンモニア苗	13.8	3.2	593	398	100
	硝酸苗	15.9	4.4	586	418	105

表の11 植物体内における硝酸からアンモニアへの変化



表の12 Mo の施用と NO_3 -N

処 理	風 乾 重 (地上部)	NH_4 -N	NO_3 -N	発 根 重	発 根 率
	(一株mg)	(mg%)	(mg%)	(一株mg)	(%)
NH_4 - 苗	262	7.5	49	18.1	6.9
// + Mo	267	6.1	27	16.2	6.1
NO_3 - 苗	257	6.1	208	16.3	6.3
// + Mo	225	6.1	29	12.2	5.4

表の13 かんがい水の成分

分 析 者	NH_4 -N	NO_3 -N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	SiO_2
平野 (1960)	0.00	2.12	0.06	4.75	48.6	11.1	0.02	22.3
滝島 (1959)	0.19	3.27	0.18	3.59	49.7	18.7	0.46	35.1
小林 (1960)	0.05	0.26	0.01	1.43	12.3	3.2	0.34	19.0
Clark (1924)	—	0.20	—	2.55	28.5	5.7	2.75	11.7

4. NO₃-N の施用効果を高めるには

水苗に NO₃-N を施用して吸収させると畑苗に近い性質を示すようになることは、さきに千葉農試の例で申しましたが、畑育苗の際に、さらに NO₃-N を施用すると、普通畑苗よりも NO₃-N 含量の高い苗が得られしかもいろいろの素質的な面で良い結果を示すことがみられています。(表の7, 表の10)

ところで NO₃-N が移植後何日間位までイネの体内にみとめられるかについてしらべた例が(表の8)であります。これによりますと、少くとも硝酸苗では1カ月後にも検出され、とくに根に多く残っていることがわかります。

このように意外におそくまで NO₃-N がイネの体内に存在していることは、イネが硝酸還元酵素(表の11)の金属部分として重要なモリブデン(Mo)の含量が少いことも理由として考えられますが、あるいは逆にイネ自身が硝酸を生成していることもあり得るかもしれません。この点については明らかな証明はなされておられません……。イネに Mo を施した場合には、明らかに NO₃-N が減少しますが、それと同時に発根力も低下することは(表の12)のとおりであり、発根力が NO₃-N と関係があることを示しています。

このように、これまでに得られた試験成績では、イネが含む NO₃-N 量が多いほど形

質的にはすぐれているような結果がみられません。

灌漑水には多量の NO₃-N を含む場合があります(表の13)では同時にカリ、カルシウム、マグネシウム、けい酸なども多い傾向にあります。平野氏はこの灌漑水を使って 80 kg/a 以上の多収を得ており、滝島氏もポット試験と圃場試験で傾向がことなった理由をこゝにもとめております。

イネに NO₃-N を吸収させた場合カリ、マグネシウム、けい酸などの吸収を増すことが知られておりますが、NO₃ を効果的に利用する条件のひとつとなるかもしれません。

5. ま と め

イネの栽培に NO₃-N を使おうとする試みは、ごく最近のことです。まだ技術としては明らかでない面を多くもっておりますが、しかし、イネの一生を考えてみると、NO₃-N のもっている利点を必要とする時期がいくつかあることに気づきます。

硝酸系肥料の特徴を理解し、多収獲の実例などを参考として、他の形態の窒素肥料と上手に組み合わせる技術を研究者はもちろんのこと、農家自身も早急に会得していただきたいと念願する次第であります。

(校正) 農林省九州農業試験場環境第2部
土壌肥料第2研究室長

清 野 馨

米づくりにNO₃-Nを どう利用するか

福井県肥飼料検査所
所長 寺島利夫

「これからの米づくり」

米づくりの進歩発展を評価するには、いろいろな方法があって、それぞれの意味を持っている。過去88年間の全国各県の平均収量を計算整理し、ベストテンの移り変りを調べて見たところ、各県各地域毎に特徴的な変動を示し、明治、大正、昭和、戦後と特異な時代を象徴し、数多くの話題や意義を含んでいることが明らかにたった。

そのうちの大切なものを一つ述べれば、米づくりの進歩についての各県の差は、自然環境条件の良し悪しが、大きく影響しているものと予想していたけれども、そうではなく、やはり人為的な条件である試験研究の進歩に基づいた指導方針の明確化と、その技術指導の普及徹底のたまものであるとの結果が出ている。

土壌や気象の環境を検討して、それとの関連を考えた時、内容に合致するような米づくり技術をまとめ、組織と指導力を上手に駆使して、一般農家まで普及することが何よりも大切なことだと、あらためて知らされた。

なお、これからの米づくりとしての基本的意見を述べれば、平均収量で500kg/10a以上の県は5県ほどあるけれども、これらの県は、今後は主として米の「味質」改善に重点をおいて農政を進めて良いであろう。

400kg/10a台の県においては、500kg/10aに達するような行政と技術普及に励みながら、しかも更に味質をうまくする両面作戦で行かなければならない。

300kg/10a台およびそれ以下のところでは、もちろん低収の理由を究明し、対策もいそいで解決し、それでも困難な場合は、作付転換などもやむ

を得ないであろう。

県平均収量600kg/10a以上は、誰れしも希望するところであるが、現状では、そこまで躍進するのは不可能に近いであろう。

そこで400~500kg/10a台の地方では、米飯粒の理化学的性の解明をすすめながら、日本人の嗜好性に合致し、しかも栄養価が高い方向で、うまい米づくりを達成するよう努力しなければならない。これが、米づくり農業経営近代化への前提であり、近道でもあろう。

「米飯粒の味質で大切なのは何か。」

米の「うま味」は今のところ化学分析により、有機化合物、或は、無機元素を直接測定した数字によって、判断するのはできそうでない。ところが一般的に「うまい」と言われている米については、組織学的、或は、炊飯特性の研究から、少しずつ正体が明らかにされつつあるようである。

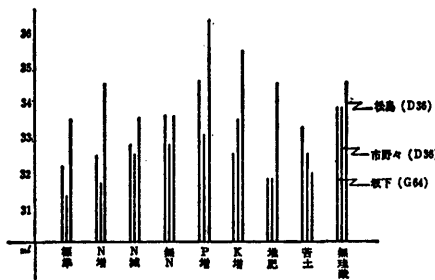
澱粉粒の集団特性、炊飯した米粒の弾力性、粘性、或は、米粒のアルカリ抵抗性を始め、更に米粒の透明度、光沢性、香気性などのように、人間の五感によっても少々判別できるもの、これらは近いうちに、カメラ、露出計、pHメータなどの改良によっても、数字に直して比較できるかも知れない。また米粒や飯粒の水分特性を調べることによっても、「うま味」の本体にふれることができるであろう。

これらの物理的な事項を、適当な測定器で簡単に測ることが可能になれば、間接ではあるが、米の「うま味」がつかめ、しかも栽培管理法との関係もつけられ、更に大切な項目まで出てくるかも知れない。

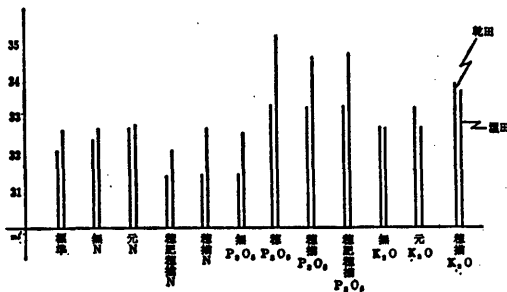
「米の物理性を良くする
栽培技術には何があるか。」

米の味質が、物理性によって左右されるものであれば、物理性の各項目をそれぞれ別々に、または、関連をもちながら、栽培技術、環境条件との適応性などで改善することが可能になる筈である。現在大切と思われるものは、次のことである。

① P_2O_5 の後期吸収をすすめて、澱粉のアミロペクチンの分枝構造を良く発達させて、米飯粒の弾力性を高めることができよう。土壌中の有効 P_2O_5 は土壌により、時期別に、有効性に変動が起るから、 $5mg/100g$ 以下になるような地帯では追肥にも P_2O_5 を施して、アミロペクチン生成に不足のないようにしなければならない。



第1図 施肥による白米の膨脹容積の変動



第2図 磷酸追肥と白米の膨脹容積の変動(乾田,湿田)

米粒中のP含有量は $30\sim 35mg/100g$ が適当と思われる、 $20mg$ 以下では不足であって、追肥の必要があり、 $50mg/100g$ 以上は障害をうけた米の場合である。

② 登熟期における NH_3-N の吸収濃度が不十分であったり、過剰にならないようにすることは、アミノ酸、蛋白質の合成蓄積を促進し、米粒

の透明度を高め、ガラス質の米粒にする極めて大事な技術である。

みだりに後期追肥や実肥を多用して、茎葉中のN濃度のみ高めて登熟障害をおこし、姥桜現象になるようなことは絶対やめなければならない。茎葉中のN濃度は、品種、環境条件によって違っているから、地方ごとに決められるべきである。

普通の米粒中のN濃度は $250mg/100g$ 程度である。

NO_3-N は NH_3-N とは化学性が違うので、茎葉中での生理作用、特に濃度の影響は異なっている。

NO_3-N 施用は NH_3-N 濃度障害回逃の面からも都合の良いもので、珪酸、有機態N、有機酸吸収と同様に考えられる。

③ 光沢を良くして銀白色にする必要がある。これは、反射、輝光、つやなどと称されるものであって、ミノルタオートスポット[®]/などの改良によって、数字に読みかえることができれば、非常にありがたい。

つやは主として、脂肪の働きと言われるので、脂肪含量が高いのが良い。脂肪の合成には、 MgO が関係を持っているから、 MgO の吸収が増加するような栽培が必要である。

「うま味」は、つやが弱いときや、つやが無くなったときに悪化するようである。

土壌によっては MgO の欠乏しているところがあり、また CaO や珪カルを増施した時には、相対的に不足になるから、今までよりは多く $10kg/10a$ ぐらい施さねば十分でないことがある。

④ 良い香気を長く保持しなければならない。

米も生鮮食料品と同じように、収穫後はどんどん酸化分解を続けるものである。なんらかの方法を用い、これをおさえなければならない。米がうまいとか、うまくないと言う比較をするときには、この点を十分考えて、同じような条件で検討しなければ、始めからなんの意味もない比較をしていることになる。刈り取り時の気象、収穫調整法、貯蔵法などは少なくとも調査整理しておいて、食味や理化学性を比べる注意が大切である。

良く乾燥するとか、低温貯蔵して分解をおさえるのも必要だが、塩基 ($CaO \cdot MgO$) の含有量を高めて、pHをあげるのも重要なことである。pH

が高いと、いちばん分解し易い脂肪が脂肪酸、アルデヒド、ケトンになるのが抑制されて、嫌なすっぱいにおいの米にはならない。新米はこの点から、葉緑素の良い香気が残っているものである。

これには、耕土のみを改良してCaO, MgOの含有量を高めても駄目であって、100cmくらいの土層全体がすべての塩基条件(塩基のバランス, 飽和度, 置換量, 塩基置換容量)が改善される必要がある。

しかし、塩基条件のみを良くしても、その塩基が吸収し、米粒中に、特にMgOは多く転流しなければならない。それにはやはり、NH₃-Nよりも、NO₃-Nの方がより相助的であるから、NO₃-N入り肥料を施したり、硝酸化成菌の繁殖を助ける土壌管理をしなければいけない。

⑤ 粘性を直接測定する方法には、プラスチックプレートによる方法があるけれども、間接的な方法として、白米のアルカリ崩壊度の指数によって現わすのも簡単である。

これは特に品種の特性を超越して、栽培環境に密接な相関があることから、栽培関係者には好都合な特性であって、粘性とは逆比例する。

また粘性は、登熟期の根圏や同化条件によって秋落ちと関係するので、水管理、根の健全化を図って、特にK₂Oの吸収量を増加させれば、澱粉の糊化特性も変るのではないだろうか。

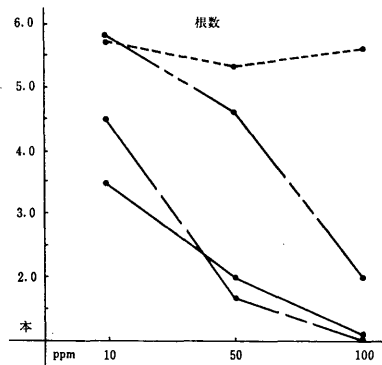
⑥ 含水特性

加熱吸水率、α澱粉のβ化、含水率、加水分解など、米飯粒の理化学性は、水分との関係も味質に関連することが大きい。茎葉中の水分はSiO₂が主導的機能を果たしているが、米粒中では何が働いているのだろうか。普通の米には5mg/100g前後のSiを含みSiの少ないときはPが多くなっている。

含水特性を明らかにすることは、うまい米づくりのうちでも重要課題の一つである。

「米づくりに果たすNO₃-Nの役割」

① 水稻の根は、幼穂形成期頃から活力が弱まり、土壌Ehが低下すると、根腐れが急に進行する危険性を持っている。これを防止するには、元肥Nや中間追肥を減らしたり、珪酸石灰の多用、



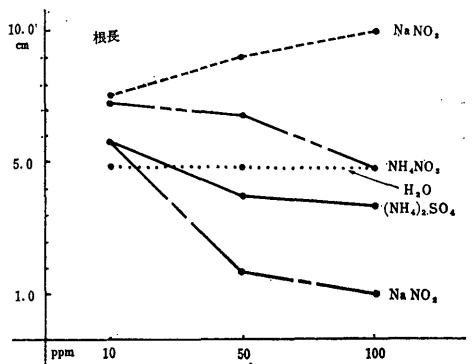
第3図 窒素形態と根数

中干し、間断排水なども効果があるが、近年NO₃-Nを施すと、Ehは幾分高まり、発根力、伸長力などの、根の生理作用が助けられて、丈夫になることが明らかになって来た。

したがって、水田にNO₃-Nを利用するのは、登熟期の根生理に良い結果が期待される。

② 米粒中にはNが最も多く含まれ、約250mg/100gも集積している、「うま味」に最も強く作用していると思われる。

ところが近年地力が低下して、後期のN栄養が十分でないことがしばしば起り、実肥の施用、緩効、遅効性の肥料を多用するようになった。



第4図 窒素形態と根長

登熟期の茎葉中のN濃度はやや低目の方が登熟が良く、しかもうまいガラス質の米粒になるが、濃度が高過ぎる場合は、澱粉、蛋白質の合成転流が阻害されて、乳白米などのいわゆるNH₃-N濃度障害が起る。このことが最もやっかいな問題である。

このとき $\text{NO}_3\text{-N}$ を同時に吸収するように施してあれば、障害が少なくなり、しかも $\text{NH}_3\text{-N}$ 不足の場合は、ピンチヒッターになることも予想される。

③ $\text{NO}_3\text{-N}$ を含む肥料を施して効果のあるのは、殆んどの場合、土壌中の塩基条件の良いときが多い。またそのときは、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、などの吸収量も増加している。したがって塩基吸収の増加をねらう登熟期には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を利用するのが良いと思われる。

どんなに土壌に塩基類を施して、塩基条件を整えても、それらが多く吸収されなければ、米の味質向上までにつながらないのだから、土壌改良と同時に $\text{NO}_3\text{-N}$ を施用しなければならない。

塩基のうち特に MgO は、土壌中の含有当量比は、 $\text{Ca}:\text{Mg}=10:1$ 前後が普通であるが、石灰、珪酸石灰類を多用したときは、当量比が更にひらくことになる。当量比は少なくとも $10:1$ を保持し、できれば $6:1$ くらいまでに小さくするのが良い。

また水稻茎葉中では、 $\text{Ca}:\text{Mg}=3:1$ くらいの当量比になり、更に米粒中では $\text{Ca}:\text{Mg}=1:2$ となって逆転しているから、一層 Mg の吸収を助けるよう考えねばならない。大量の施用とともに $\text{NO}_3\text{-N}$ との相助作用をねらうのが最良の策である。

これらが米づくりに果たす $\text{NO}_3\text{-N}$ の重要な後割であり、利用開発の方向でもある。

うまい米の多収穫法 <その1>

V字理論稲作

農業技術研究所調査科長 松島省三

1. うまい米の多収とV字理論稲作

これまででは、どんなにまずい米でも、量さえ多くとればよかった。しかし、最近米が過剰になるにつれて、「うまい米の増産」が必要になってきた。しかし、うまい米は品種に最も強く依存するので、まず食味のよい品種を選ばねばならない。

ところが、一般に食味のよい品種は倒伏しやすいか、または過繁茂になりやすく、概して作りにくい品種が多い。

このような、作りにくい品種を増収するには、従来の稲作法では困難で、筆者の提案するV字理論稲作を利用するのが、最も安全で的確であろう。そこで、以下にその概要を述べよう。

2. 多収穫の急所

米の収量は次式でほぼ決定されると考えてよい
収量 = 単位面積当たりもみ数 × 登熟歩合

(ここに登熟歩合というのは、着生したもみから商品価値のある玄米が何割えられたかを示す数字であって、具体的には比重1.06以上のもみ数割合で現わされる)

収量がこれら2要素の積によって決まるとすれば、多収をあげるためには、これら2要素を増大すればよいわけである。

ところが、悲しむべきことには、一般の稲作では、この両者の間には負の強い相関がある。

すなわち、もみ数が増大すると、登熟歩合が低下し、両者の積はかえって、もみ数を増大しない場合より低下することが珍しくないのである。これが稲作上の泣きどころともいえるのである。

したがって、多収穫上の急所というべき点は、「単位面積当たりもみ数の増大した場合に、どうして登熟歩合の低下を防ぐか」という点にしばられるのである。

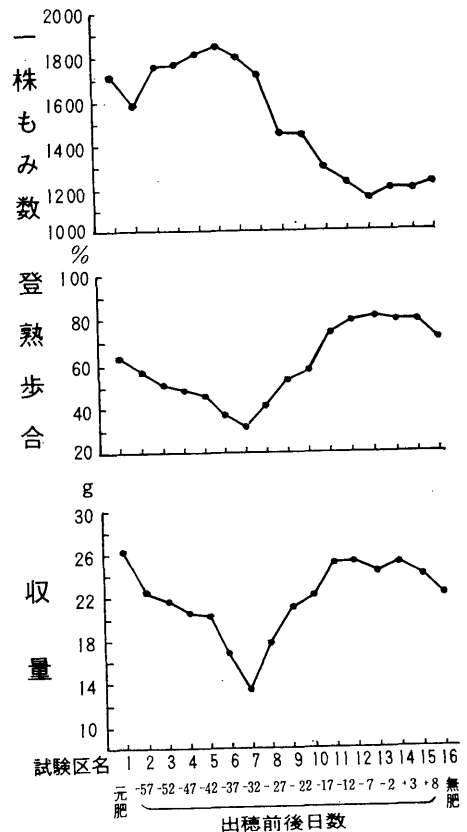
3. いつ窒素を吸収すると、登熟歩合は低下しやすいか

多収をあげるためには、まず単位面積当たりも

み数を飛躍的に増大しなければならない。このためには、肥料とくに窒素を多施しなければならない。窒素を多施すれば、必ず登熟歩合の低下は免れない。

しかし、この登熟歩合の低下の程度は、第1図のように、稲が窒素を吸収する生育時期によって著しく異なるのである。

第1図によれば、登熟歩合および収量の曲線はV字型を示し、第七区(出穂前32日、穂首分化期)



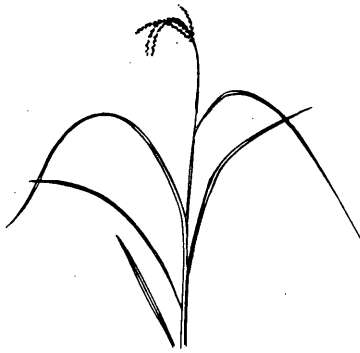
第1図 生育各期のチッソ多施が、もみ数登熟歩合および収量に及ぼす影響

が谷底となり、穂首分化期ころの窒素追肥が最も登熟歩合を低下し、この時期を前後に隔たるほど低下しにくいことがわかった。

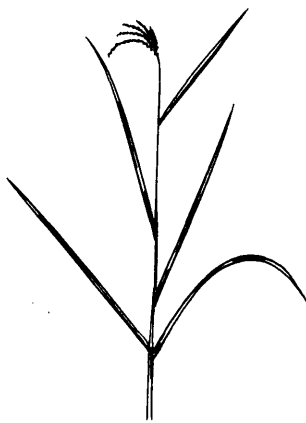
このV字型曲線から、V字理論稲作の名が生まれたので、このV字型曲線の生起する理由を探索した結果、新しい多収の理論が生まれた。

4. 理想型稲と多収穫

第1図のV字型曲線の生起する理由を探した結果、最大要因は稲の姿勢であることがわかった。



第2図 第7区の稲の姿勢



第3図 登熟歩合の高い稲の姿勢

そこで、理想型稲を作れば、地力が低くても、多収できるものと考え、理想型稲の具備すべき条件を検討して、次の6条件を設定した。

- (1)必要にして十分なもみ数をもっていること。
- (2)多穂・短稈(とくに下部三節間)・短穂であること。
- (3)上位三葉が短く、厚く、直立的であること。

(4)出穂後も葉色があせないこと。(5)一茎当たり生葉数が多いこと。(6)出穂後25日間は好天候であるよう出穂すること。

そして、さらに稲の姿勢調節方法を研究した結果、窒素の施し方を工夫することによって、理想型に近い姿勢の稲が作られることがわかった。

そこで、理想型の稲を隣耕群落栽培試験によって作った結果、10アール当たり1,020kgの玄米収量がえられ、普通の試験圃場でも従来えられなかった多収(768kg)がえられた。ここに、従来の地力第一主義の多収稲作に対し、理想型稲第一主義のV字理論多収稲作が生まれるに至ったのである。

すなわち、地力なしには多収がえられないという従来の稲作に対して、肥料の吸収を調節して、理想型の稲を作れば、地力があるていど低くても、多収が可能であると主張するのがV字理論稲作である。

5. V字理論稲作技術の概要

そこで、この理論を一般農家で用いやすいように技術化したものが第4図である。この図によって、V字理論稲作の概要を説明しよう。

まず、稲の一生を前期・中期・後期の3時期に分ける。

前期は発芽から葉令指数69(出穂前43日)までの期間、中期は葉令指数69~92(出穂前約43~20日)の期間、後期は葉令指数92(出穂前20日)以降成熟期までの期間である。

中期に稲の姿勢が決定的に運命づけられるのである。〔この3時期の分け方には、葉令指数(拙著参照)を用いれば、年度・品種を問わず、常にほぼ正確に分けられるが、出穂前日数を用いると、多少の誤差が起こる。〕

収量は単位面積当たりもみ数と登熟歩合の積であるが、単位面積当たりもみ数の増大は、もっぱら前期における管理の最大の目標であり、登熟歩合の向上は中期および後期の最大の目標である。

さらに、各期の目標を具体的に述べると、

前期では必要な穂数を確保することによって、単位面積当たりのもみ数を確保する。

中期には、稲の姿勢を調節し、倒伏を防止し、体質を改善し(C/N比を高め)て、登熟歩合を向上する。

後期には主として同化作用の能力を向上して、登熟歩合を高める。

詳しいことは次号に述べることでして、おおざっぱに各3時期の稲の育て方の気持を述べると、次のようである。

前期では、従来より数倍稲をかわいがって生育を盛んにし、極力大きくすることである。

中期は稲を鍛練し、堅くする時期であるから、気持を前期と全く変えて、稲の生育を抑制するよう努めねばならない。

後期には再び気持を変えて、稲をかわいがって、健康に、元気になるように育てるのである。

この稿の終りに……………

このように、生育時期別に気持を変えて、それぞれの目標をもって稲を育てていく点が、全期にわたって、目的なしに漫然と稲を育ててきた従来の栽培法と、大いに異なるのである。

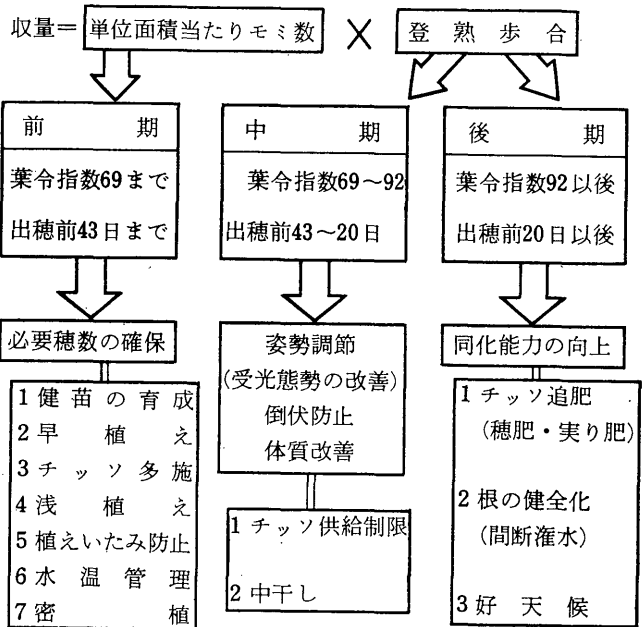
前期に必要な穂数を確保するためには、(1)健苗を育成し、(2)なるべく早期に早植を行ない、(3)中期に窒素吸収を抑制できる範囲内で、なるべく窒素を早期に多施し、(4)できるだけ浅植えとし、(5)田植時には植え痛みを少なくし、すぐ活着させるようにし、(6)活着時は水温は昼夜間でできるだけ高く、分けつ期には昼間は高く、夜間は低くし、(7)なるべく密植にするよう努めることである。

中期の具体的手段としては、この期間に窒素吸収をできるだけ制限するのである。

このための直接的手段は中干しであるが、これのみでは不十分であるので、前期における窒素の施用法によらねばならない。この点も次号で述べよう。

後期の同化作用の向上のためには、(1)穂肥(出穂前20~18日)と実り肥(穂揃い期肥)を施すこと、(2)根を健全にするために、間断かん水を励行すること、(3)出穂前15日間と出穂後25日間で好天候であるように、気象統計を利用して、最適出穂日を求め、この時に出穂させるように努めることである〔詳細は拙著「V字理論稲作の実際」(農文協参照)のこと。]

第4図 V字理論稲作の公式



うまい米の多収穫法(2)

— V 字理論稲作 —

農業技術研究所物理統計部長

松 島 省 三

6. 前期における稲作法

前期(出穂43日前まで)で最も大切な点は健苗の育成である。V字理論稲作では、苗で勝負するといつてよいほど健苗を重視する。これは、健苗を密植することが、穂数を確保する上に最も効果があるからである。

健苗を作るのに最も好都合なのは畑苗代であり、とくに早植の必要な点から、乾田ビニール・トンネル畑苗代をすすめている。

乾田ビニール・トンネル畑苗代の利点は、発芽時の灌水が便利であることと、苗取り時に床面上まで灌水ができて、苗が取りやすくなるばかりでなく、活着に必要な根がついてとれるからである。

健苗育成上でとくに注意すべき点は、3葉(第2本葉)まではなるべく高温にし、3葉が出始めるところから寒さに慣らし、4葉以後はできるだけ寒さにあわせ(ただし霜と雪は防ぐ)、葉数の増すのを防ぎ、苗代に長くおくことである。

この際、田植えを遅らすことができないので、できる限り早く播くことになるのである。(畑苗代では、土壌が強酸性でないと、立枯病が出やすい。このため、 m^2 当たり100~150gの硫黄粉を播種前に土壌中に混和するのがよい。)

基肥または初期の追肥に窒素を多施するほど、分けつが出やすく、穂数も多くなるが、中期に葉色を落すことが至上命令であるために、むやみに多施することはできない。一般には、窒素全量の3~4割を基肥に、3~2割を活着直後の追肥に施すことが多い。

このほか、できるだけ早植・浅植・密植にして、日中には新しい水を入れないようにして水温の上昇に努め、早期に基数を確保することである。

7. 中期の稲作とくに窒素制限法

早期(出穂前43~20日)には窒素の吸収制限を

して葉色をあせさせ、これによって稲の姿勢を正し(受光態勢をよくし)、倒伏を防止し、体質を改善し(C/N率を高め)て、病害や災害の抵抗力を高めるのである。

中期に入って直接に窒素吸収を制限する方法としては中干しである。従来の中干しは、土壌の還元を防止して根の健康を増進することが主眼であったが、中干し自体が窒素吸収を制限する力のあることがわかった。この際の中干しは、従来の中干しより強く、かつ長く行わねばならない。

いくら強度に中干ししても、葉が巻かないかぎりは、稲体に害を及ぼすことはほとんどない。また、中干しが幼穂形成期にかかるが、この悪影響もほとんど現われない。しかし、中干しの期間中に雨が降ることが少なくないので、中干しだけで十分に窒素吸収制限することはむづかしい。したがって、どうしても、前期から次の点に意を用いねばならない。

① 健苗を密植すること。健苗を密植すると、早くから土壌中の窒素を吸いあげて、土壌内の窒素が欠乏してきて、早くから葉色が落ち始める。これが最も安全な窒素制限方法の一つである。

② 田植え時期を早めること。早く植えるほど、一般に早くから肥料欠乏の兆候が現われる。

③ 基肥の窒素を節減すること。基肥の窒素を節減するほど、中期に窒素を制限しやすいが、穂数が少なくなるので、必要な穂数や粒数をえられる範囲内で節減しなければならない。

草でぎの割に米のとれない田、シイナや、くず米の多い田は、かなり節減した方がよい。一般に全窒素量の3~4割を基肥とする場合が多い。

④ 中間追肥を中止・節減または、くり上げること。田植直後から穂肥までの期間の追肥を中間追肥とするから、この中には分けつ肥や、つなぎ肥が入っている。これらの追肥を中止や、節減したり、従来よりくり上げることによって、中期の窒素供給が制限できる。

⑤ 中期の追肥をくり下げること。中期には追肥しないのが原則であるが、一般の稲作では、この期間に追肥することが少なくない。これらの窒素の施肥時期をくり下げて、出穂前18~20日ころ(幼穂長1~2センチ)に施すようにする。

⑥ 全層施肥を表層施肥に改めること。基肥の

窒素の一部(ときには全量)を代かき終了後か、または最後の植え代かき直前に施す方法を表層施肥という。表層施肥は全層施肥にくらべて、稲の初期生育がよく、早く肥切れ状態になる。

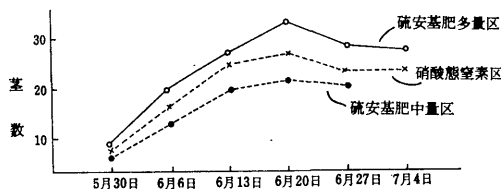
⑦ 硝酸態窒素を利用すること。硝酸態窒素は土壤に吸着されず、水とともに流亡するばかりでなく、脱窒することも多いので、不経済な肥料として、水田では施用することが禁ぜられてきた。

しかし、任意の時期に窒素をきかし、すぐその肥効を中断できる点で、利用価値があり面白い。

アンモニア態窒素に比べて、利用率は $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ に落ちるが、分けつ期でも肥効は現われる。

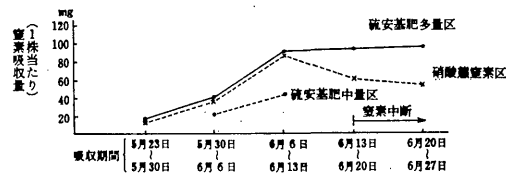
硝酸態窒素は分けつ期にはきかないという人が多いが、第3図と第4図にみられるように、保水力のよい田では肥効が明らかに現われる。(この試験では水中に追肥したが、水を落して、したした水として追肥し、その後田面が露出しても、そのまま数日放置する方法をとれば、さらに吸収率もよくなる。))

第3図 硝酸態窒素追肥が莖数増加に及ぼす影響



(注) 確安基肥多量区は基肥に確安を窒素成分として10a当たり25kgを施したもので、確安基肥中量区は10kgを施したもので、硝酸態窒素区は基肥として確安を窒素成分の10kg施したうえ、5月23日(田植後8日目)、5月30日、6月6日の3回に、それぞれ硝酸石灰を10a当たり窒素成分として5kgずつ追肥したのである。

第4図 硝酸態窒素追肥および窒素中断処理が水稻の窒素吸収量に及ぼす影響



(注) 前図と同様、窒素中断は6月14日に水を替え、その後、中干しを行った。中断すると、硝酸態窒素区の吸収量はすぐ低下する。

硝酸態窒素は水中に追肥されると、水を取り替えずに、1週間でもほとんど消失する。昭和42年の兵庫県・京都府・山口県、44年の新潟県の多収穫県一位はいずれも硝酸態窒素を用いている。

中期に窒素制限が困難の場合や、分けつ期間の短い晩植や早生種の場合には、硝酸態窒素はきかめて好都合である。現に群馬県館林市では、6月中下旬の田植えの稲に、広い面積にわたって磷和安加里を用いて、めざましい効果をあげている。

⑧ PCPを利用すること。前期の終わりに、田植時に用いる3倍量を施用して、直ちに中耕する方法である。根の吸収機能が抑制されて、窒素吸収も制限される。

8. 後期における稲作

後期(出穂前20日以降)の目標は、同化能力の向上である。それには、一度黄化した稲に穂月(出穂前20~18日)と穂ぞろい期肥を施して、直ちに葉色を回復させ、収穫期まで葉色を維持させる必要がある。一般に両時期とも、窒素成分として3~4kgは施さねばならない。(NK化成がよい)。

また、同化能力向上のためには、根を健全にしなければならない。このための唯一無二の方法は、間断灌水である。

間断灌水の方法は、1日湛水して1~4日落とし、これを繰り返して過度に土が乾きすぎない範囲内で、なるべく落水し根に空気を入れる。

さらに、同化能力を向上さす上に必要なのは、出穂前15日間と出穂後25日間の合計40日間に、できるだけ日照を多くすることである。このためには、各地で過去の気象統計を利用して、いつ出穂させれば、最も有利であるかを調べるがよい。多くの地において、7月下旬から8月上旬までの期間に、最適出穂期が現われることが多い。

9. む す び

うまい米を作るには、第一に品種を選ぶこと、第二に登熟をよくすることである。うまい米の品種には倒伏しやすく、過繁茂になりやすい品種が多く、このような品種で多収を計るには、V字理論稲作が最適であろう。また、登熟をよくして、しかも多収を計るにも、V字理論稲作によるのが安全的確である。したがって、うまい米の多収のために、今後V字理論稲作が大いに活用されるであろうことを信じて疑わない。

(前・農業技術研究所調査科長)

硝酸系肥料の

今昔と話題

南米チリーから産出される硝酸ソーダーすなわち智利硝石は、欧米では今から約1000年前から肥料として使われていたが、我国でも戦前一時これがかんり輸入され使用された。最近では硝酸系肥料として我国では智利硝石のほか硝安、ごく最近では少量ながら硝酸石灰も輸入されている。

また複合肥料には多数の硝酸系化成肥料が出廻っているが、当時としては智利硝石は我国で唯一の硝酸性肥料であった。

その後国内の合成硫酸の製造が盛んになったこと、硝酸性窒素は土壌に吸収されないため、降雨の多い日本では不向だということで、その消費は次第に硫酸におき替えられて来ておった。

次で戦時中は硫酸工場が火薬の原料としての硝安製造に駆り出されたが、終戦と同時に、これを肥料として転用したり、アメリカからも輸入して配給された。

硝酸態窒素は、脱窒や流亡による損失が大きいので、水田肥料ではないとされていたが、何といっても当時は肥料が足りない、硝安を何とか水田に使えないだろうかということで、農林省のお声がかかりで数県の農業試験場(当時の農林省農事改良実験所)で連絡試験を行なったことがあった。たしか昭和25、6年頃であったと思う。

当時私もその試験を担当した。元肥はともかく穂肥追肥の頃なら、稲根も作土いっぱい張りめぐっているし、その時期なら窒素の吸収利用率も高いから、硝酸態のもので、或る程度利用されるだろうというねらいであった。

細かい数字は忘れたが、結果は元肥施用では問題にならないが、穂肥として施用すると、硝安は硫酸にくらべて窒素の利用率は明らかに劣ったが、玄米収量としても硫酸に勝りはしなかったものの、大きな差はなく、時には微かに劣る程度であったと記憶している。もちろん当時は、元肥重点で穂肥量が少なく、10アール当り窒素で1.5~

2.0kg程度の施用であった。

やがて肥料工業が再び復興し、硫酸の生産、出廻りも回復し、尿素、塩安と相次いで生産が始められ、硝安は専ら畑作用に追いやられ、水田への利用は陽の目をみなかった。

しかし畑作では、硝酸性肥料はその速効が買われて、野菜の初期生育の促進や追肥に、また桑、果樹などの不慮の凍害時の芽出し肥に利用されたり、低温時の肥効促進に、また野菜などでは生理的な障害(アンモニア障害)が少なく、石灰、苦土などカチオン吸収の促進、引いては品質の向上といった有利性が認められて、近年の園芸作振興とともに、年々硝酸性肥料の消費が伸びつゝある。こうした中で、最近硝酸性肥料の水稲への利用が再び問題視されている。数年前、松島省三氏が提唱されたV字理論稲作で、硝酸態窒素の施用で巷間話題を呼んだことは周知のとおり。

論議はともあれ、硝酸性肥料の水稲苗への利用の方法は、故山崎博士や千葉県農業試験場その他の研究で、苗の発根、活着に有利なことが明らかにされ現に苗代用肥料として一部普及されている

過般開かれた硝酸系化成肥料研究会の連絡試験によると、硝酸系化成肥料(アンモニア態窒素と硝酸態窒素の含有比6:4)を穂肥として施用した場合、同量のアンモニア系肥料と比較すると、ワラ収量は劣るが玄米収量はほぼ同等で、硝酸系肥料を増施上乗せすると、北海道や東北地方のような寒冷地で(たまたま昨年東北地方では気候不順であった)登熟に好影響を来し、増収が認められたと報ぜられ、新たな話題を呼んでいる。

経済効率の点だけからすれば、硝酸態窒素の水田利用はマイナスかもしれないが、さきに述べたような障害回避、登熟良化という事実があるとすれば、不利を補って余りあるかもしれない。いずれにせよ、硝酸性肥料の水田施用による土壌への影響、水稲や体内代謝生理面からの今後の研究に期待し、確然とした理論づけ解明を望みたい。乾田直播栽培が始められた当時、これが元肥窒素の硝化損失を防ぐことにはじまって、開発登場した硝化抑制剤が、田圃から畑へ上って、畑で利用されてきたり、また一方、畑作専用とされていた硝酸性肥料が水田に利用されたり最近の変転は誠に目まぐるしい。

新潟県1位^(44年産米)になった

吉田さんを訪ねて

佐藤千秋

磷硝安加里を使って昭和44年度産米多収穫で、美事に新潟県第一位(10a当り802kg)を獲得された吉田兼治さんを、まだ雪深い3月、新潟県中頸郡吉川町のお宅にお訪ねした。H課長代理とともに北陸農業試験場を訪問した翌日である。

直江津から車で約1時間、道の両側には雪が積み上げられ、水たまりが連続した道を、海岸から山手の方へ進む。歌で有名な「米山」さんが、雪をいただいて左前方に見える。いかにも美しい。

吉川農協から更に奥にはいって車をおりた。「農家の出だ」という運転手さんも興味をもち、同行することになった。

案内を乞うと、やや小柄なチョビひげのオヤジさん？が現われた。吉田さんだ。挨拶もそこそこに、額にかざられた賞状の前に案内される。多収穫一位賞、技術賞は県知事名で、その他新聞社からの賞状等いっぱいだ。今年だけでなく、昨年立派な成績をあげて賞をもらい、息子さんも賞をもらっているという精農一家である。

「祝」の金盃で酒をふるまわれながら吉田さんは「あんたがたのクスリのおかげだ」といわれたときは、さすがに良い気分だったが、肥料を「クスリ」とは、また、面白い表現だな…と思いがら話をうかがった。

なかなか意気軒昂で、「俺は仕事は徹底的にやる、最後の勝利を得るまでは…」、「41年100万ト達成運動の時から本気にやりはじめて以来、部落の役職もやめて稲作りに打ち込んだ。農協の松本技師が非常に熱心に相談にのってくれたが、それでもなおわかんことは、北陸農業試験場の中山先生に教えて戴いた。わかるまで訊いたよ。松島先生のV字型理論も片倉理論も勉強して良い所をとり入れた。松島先生から手紙をもらってデータと意見を申し上げたこともある。減反問題はあつ

ても、やはり反当りの生産性はたかめなければならぬ。今年は900kg目標で設計を立てている。天候が普通だったらとれる筈だ。今はこういう時代になったが、“まずい米”はあまっているが、“いい米”はいいのだ。私はタバコもやっているが、この辺は半湿田だから転換がむずかしい。“いい米”でとらねばならぬ」

今年の競作は2,000点参加があり、この中で吉田さんは良質米といわれる“トドロキワセ”を作って、多収穫品種である“レイメイ”、“フジミノリ”等を堂々40kg以上もはなしてトップをとった。良質の米は多くとれないという——これまでの観念を打ちやぶって、良質米をつくっても減少しないということを実証したわけだ。

これが多収穫一位とともに、技術賞を獲得されたゆえんである。だから、良質の米をたくさんとるんだ…という言葉は、吉田さんなればこそいえる事であろうか。

「今年は“トドロキワセ”が県でも広まるだろう。これを私が選んだのは、松本技師と中山先生と相談してきた。登熟歩合のいちばん良いのを選んだわけだ。二位もこの近くから出た。私が悪くても良くても皆がまねをするから、リーダーとしてしっかりやらねばならぬ。私は雨が降っても風がふいても、1日3回は田んぼに出た。地温、水温等みな調べるんだ。夏のむし暑つくて寝苦しい夜は、田んぼに出る方がよっぽど良いよ。」稲を大切に、可愛がる姿はさこそと思われた。

今年は部落の若い連中にハッパをかけたそうである。「若いものが明治にまけるな」と。「だが県一位になって、やっぱり“ヒゲはえらいなあ”…ということになった。県一位をとって新聞やテレビにのり、色々の講演会にもひっぱられた。俺はその時は“先生”だからなあ。アッハッハ」と笑いとばした。なかなか面白いオヤジさんであった。(鼻下にチョビヒゲをたくわえていることは前述のとおり)今年からは例の生産調整で新潟県の多収穫競作も中止になるが、稲作が大切であることにはかわりはない。

話がはずんで、吉田さんのお宅を辞した頃は、金盃の酒にすっかり良い気分になって、雪の上を吹きまくる寒風もまるで気にならなかった。

(チョン旭肥料開発技術開発部)

〔吉田さんの耕種概要〕

それでは、参考までに吉田謙次さんの耕種概要を付記しておきましょう。

収量目標 800kg, 坪当り75株, 1株24本, 出穂(坪1,800本), 1穂平均粒数80粒, 登熟歩合90%, 千粒重21g (75株×24本×80粒×90×21g×300坪, 823.28kg)

苗代施肥 (3.3m² 当り元肥) 苗代配合 500g (N40g,

P40g, K40g), 過石200g, (P34g), 塩加60g (K36g)

追肥 (3.3m², 田植え10日前) (5月8日)

硫安20g (N4g), 過石100g (P17g)

播 種 4月9日

本 田 栽培様式 36cm×12cm=75株×3~4本植

田 植 5月18日

施 肥 法

肥料名	施肥期	田植後 日 数	出穂前 日 数	施用量 kg	成 分 (kg)			備 考
					N	P	K	
珪カル 燐	4.30	-18	91	210 90				耕種前元肥。稲の健全化を図る耕種前全面散布。
硫安 塩加	5.3	-15	-87	15 10	3.15		6.0	耕耘後元肥。灌水になるべく近づけて散布。
磷硝安 加里 重過石	5.24	6	66	15 10	2.25	2.25 3.4	1.8	活着及び分けつ促進肥と第1回追肥。活着時に浅水として散布するが、活着がおくれたので、深水のまま散布。
磷硝安 加里	6.3	16	56	15	2.25	2.25	1.8	浅水とし、水の移動のないようにして散布。
塩 加	6.22	35	37	5			3.0	稲作健全化を図るため、中干前6日、出穂前約40日に散布。
尿 素 塩 加	7.10	53	19	10 5	4.6		3.0	1回目の穂肥、穎花退化防止のために、出穂20日前頃幼穂の長さが5mmの時期。
磷硝安 加里 塩 加	7.17	60	12	10 5	1.5	1.5	1.2 3.0	2回目の穂肥、減数分裂期の栄養補給、おしべ、めしべの発育促進のために、出穂前13~14日頃、幼穂が2.5cmの時期。
尿 素	8.4	78	6日後	10	4.6			実肥として穂揃期に。
計					18.35	27.40	19.80	出穂期7月29日, 穂揃期8月4日。

(注) 出穂期より見て-40日から-20日までNが効くと無効分けつが多くなり、節のびシイナが多くなるので、その間にNが中断すべく磷硝安加里を追肥し6月3日(出穂56日)から7月10日(出穂前19日)までにN肥

を中断した。そのため6月25日頃から稲の色があせてきた。それと合せて6月28日から7月5日まで完全落水して中干を行なった。

用 水 管 理

5月18日 田植 5月28日 活着 6月28日 中干 7月5日 間断灌水 → 灌水

除 草 及 び 防 除 (略)

収 量 構 成

$$75株 \times 18.4 \times 107粒 \times 84.7\% \times 21.9g \times 300坪 \times 1.0083 = 802.034kg (10アール当)$$

坪 当 り 株 数	一 株 穂 数	一 穂 平 均 粒 数	登 熟 歩 合	千 粒 重	10 ア ー ル 換 算
-----------------------	------------------	----------------------------	------------------	-------------	-----------------------------

寒地稲作と 窒素施肥の要点

北海道立上川農業試験場

南 松 雄

寒地稲作の自然的環境は、気候的にも、土壌的にも暖地の稲作とは対照的であるが、近年、寒地の施肥技術は、幾多の冷害の体験とその対策樹立によって進歩をかさね、最近では安全確収法より、むしろ積極的な多収施肥法に発展している。

従って本稿では、主として寒地稲作における新しい窒素の施肥法について述べる。

1. 窒素の後期追肥

従来、寒地における窒素の施肥法は、追肥なしの全量基肥主義が原則的に行われて

来た。しかし、昭和29年～31年の冷害が契機となって、天候が不順で冷害の危険性が予想される年には、基肥窒素量を平年の2割程度減らし、天候が好転した場合には、減施した窒素を幼穂形成期から止葉抽出期までの間に追肥する、いわゆる窒素分施肥法が採用されるようになった。

こうして天候に即応して窒素施用に弾力性を持たせ、しかも、安全性をまず可能性を生じてきたことが、同時に、寒地水稻の生育調節方式をも加味した多収化方式へのスタートとも云える。

もちろん、寒地では、水稻の収量向上を図るためには、健苗利用、栽植密度の増加、水温上昇、磷酸多用などによる初期生育の促進、出穂の遅延防止などの安定性を附与する栽培法が、前提条件となっていることは申すまでもない。

一般に、寒地の水稻品種は短稈多けつ型で、多

第2表 窒素追肥が登熟・収量に及ぼす影響 (昭和40年)

試験区別	m ² 当たり 総えい花数 (×100)	登熟歩合 (%)	玄米重 (kg/10a)	同比率 (%)
6 kg基肥区	290	70.2	450	100
6 kg (有効分けつ終止期区)	321	58.0	454	101
	341	60.1	463	103
2 kg (最高分けつ期区)	353	58.4	466	104
	294	72.3	485	108
8 kg基肥区	335	53.6	444	99

収の目標粒数の確保が容易であるが、第1表に示すように、寒地稲は粒数に比して茎葉が少なく、粒数生産能率が高いので、単位面積当たりの茎葉同化力は、暖地の稲よりも高いことが要求され、また、その重要性も大きい。このためには、葉身中の窒素濃度を高めることが効果的である。

これを達成するために、基肥窒素を増加したり、また、幼穂形成期に窒素を多量に追肥すると、茎葉の過繁茂、着生粒数の過大を招き、登熟のための充分な炭水化物を粒に送り込むことが困

第1表 寒地・暖地稲の出穂期における粒数生産能率

地域	玄米収量 (kg/10a)	m ² 当たり 総粒数 (×100)	粒数生産能率		
			葉身1g当り	茎葉1g当り	N1g当り
北海道	611	332	198	40.4	35.2
東北	611	288	152	38.6	30.4
北陸	602	353	108	34.5	29.2
中国	661	343	97	31.1	24.3

難になり、粒の充実度が悪く、登熟不良を起し易い。

このような時には粒数も決定し、葉の生長速度もほぼ確定した以降に窒素を施用して、稲の草態を増大させず、純粋に葉身の窒素濃度のみを高める施肥法が有効である。止葉期以降の窒素追肥がこれに相当し、登熟良化への効果、並びに顕著な増収効果は第2表の中に認められる。

このように、窒素追肥による登熟良化は総粒数のレベルで左右され、北海道内の農業試験場の連絡試験の結果によると、基肥による総粒数が少ない時には、幼穂形成期の追肥が効果を示すが、一定粒数(約30,000~33,000/m²)以上では、幼穂形成期の窒素追肥は殆んど効果を示さず、むしろ過大な粒数のために、登熟性の低下を来す。

しかし止葉期以降の追肥は、いずれも増収する場合はあっても、減収することが多かった。

以上のように、寒地においても、窒素の後期追肥は冷害年においてさえ、弾力性ある安全施肥法として成立することが明らかであり、平年においては、積極的な増収施肥法(登熟良化を加味した施肥法)として展開しつつあると云えよう。

2. 硝酸系化成の追肥効果

一般に、窒素の追肥効果は水稻の態勢、栄養条件、土壤型、施肥時期などによって異なり、画的に表現できるものでなく、また、追肥する肥料の形態や施肥位置などによっても異なる。

従来、硝酸性窒素は、水田土壌中からの流亡と脱窒の現象両面から、アンモニア性窒素より肥効が劣り、水田肥料ではないと云われていたが、北海道立上川農業試験場の試験結果によると、硝酸系化成肥料（アンモニア態窒素と硝酸態窒素の含有比は6：4）を、後期追肥に利用した場合は、

第3表 硝酸系化成肥料の追肥が収量性に及ぼす影響 (昭和44年)

試験 区 別	m ² 当り 総粒数 (×100)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米重 (kg/10 a)	同比率 (%)
8 kg 基 肥 区	277	45.7	20.4	394	100
幼穂形成期 { AN	326	42.7	20.0	407	104
2 kg追肥区 { NN	321	51.5	20.8	417	106
止 葉 期 { AN	272	56.3	21.3	415	105
2 kg追肥区 { NN	273	65.8	22.3	446	113
穂 揃 期 { AN	279	64.5	21.5	424	108
2 kg追肥区 { NN	305	68.1	23.0	451	114
10kg 基 肥 区	323	44.1	20.2	382	97

AN：アンモニア系化成肥料 NN：硝酸系化成肥料

平年、冷害年を問わず、アンモニア系化成肥料よりも安定的に増収することが明らかになった。

硝酸系化成はアンモニア系化成に比較して、生育中期の乾物生産能率はやや劣るが、生育後期には吸収窒素の粒の生産能率が高く、昨年度のような強度の冷害年にも、硝酸系化成肥料の追肥効果が顕著に認められ、特に幼穂形成期の追肥より、登熟良化に働く止葉期以降の追肥の方が、収量的にも、また、千粒重や登熟歩合の増加など品質向上の面にも、遙かにアンモニア系化成肥料の追肥効果よりまさっており、寒地水稻の登熟性向上に対して有効な追肥技術であると云える。

また、硝酸系化成肥料の追肥量は窒素として、2 kg/10a より 3.3 kg/10a 追肥の方が良好であった。

寒地水稻の後期追肥における硝酸系化成肥料の利用は、窒素の過剰障害回避や登熟性の向上面でも充分期待でき、アンモニア系化成肥料より有意な安定多収、品質改善の方途と考えられる。

3. 窒素追肥の簡易判定法

稲の窒素栄養の状態（窒素追肥要否決定の目安）を簡易に測定する方法として、ヨード・ヨードカリによる判定法がある。

稲の葉身はもっぱら光合成の場であるのに対し、葉鞘は過剰の同化産物を、一時澱粉として蓄積する能力を持ち、葉鞘中の窒素と澱粉含量との間に、負の相関があると云われている。

従って、葉鞘中の澱粉を調べることによって、稲の窒素栄養の状態を判定する技術がヨード・ヨードカリによる簡易判定法である。

この方法は、幼穂形成期においては主稈の最上位葉の葉鞘を、また止葉期においては、止葉から3枚目の葉鞘を取り出して8等分し、 $\frac{1}{8}$ の部位を0.2 ヨード・ヨードカリ液に3分間浸漬してその切口のヨード・澱粉反応による呈色強度を検定する。

その際に鮮明な青紫色になる時は、水稻体内の窒素含量が相対的に不足して窒素追肥が望ましく、反応が認められないものは、窒素栄養に恵まれているものと判断してさしつかえない。

第4表はこのヨード・澱粉反応強度

第4表 ヨード・澱粉反応強度

強度	呈 色 反 応	追肥の要否
0	呈色反応が認められない	不要
1	不鮮明な青紫色を呈する	不要～要
2	鮮明な青紫色を呈する	要

と、窒素追肥要否との関係を現わしたものである。なお、品種によって幾分、その程度を異にし、「ニューカラ」、「そらち」、「ささほなみ」ではより明瞭であるが、「ふくゆき」、「しおかり」のように糖分を蓄積する力が強い品種では、反応度合が比較的小さいようである。

以上、いずれにしても、窒素の後期追肥、硝酸系化成肥料の利用などを、寒地稲作における安全確実な施肥技術として確立して行くには、他の栽培技術と合理的に組合わせて、注意深く行うべきであり、なお多く検討を重ねることが望まれる。

水稻に与えた

NO₃-NとNH₄-N

北陸農業試験場

山室成一・河野通佳

植物の生育に影響するNO₃-NとNH₄-Nの相違についての基礎的な試験は、すでに90年ほど前からあるが、いまだにこれについての総合的な結論を出すにはいたっていないように思われる。

NO₃-NとNH₄-Nは形態が異なっているので、多くの相違点がある。そのために、NO₃-NとNH₄-Nの真の相違をみるには、どんな試験方法をとったらよいかという大きな問題にぶつかってしまう

ここがしっかりしていないと成績も多分に一面性を免れず、総合的、統一的な考察はできない。

PH問題、水耕と圃場の相違—土壌のNH₄-Nの吸着やNO₃-Nの脱窒等—はすぐに窒素成分の量的な吸収差をもたらす、このことがNO₃-NとNH₄-Nの植物に対する真の相違をつかめなくしている。

何故かといえば、各生育時期に、吸収量に大きな差があれば、その差そのものが水稻生育に大きな影響をもたらす、しかもこの差は、いつの時期の吸収量の差であるかによって、また異なった差をひきおこすからである。

そこで、少なくとも出穂期までの窒素の吸収速度を同じように経過させることが重要であろうし、水稻の生育レベルが粒数レベルで4万粒/m²ぐらいないと、窒素形態の違いによる影響ははっきりしてこないという水稻の耐肥性の問題もある。

このような観点から、水稻に対するNO₃-NとNH₄-Nの相違について、ここ数年とりくんでいるので、ここに圃場試験の一部を紹介したい。

1 試験方法

施肥設計は第1表に示したが、これはNO₃-NとNH₄-Nの利用率をあらかじめ測定し、各生育時期の窒素吸収量が同じになるように配慮してある。

なお実肥のNO₃-NとNH₄-Nの効果にはあまり相違がなかったため、NNN, NAN, ANN, AAAの4区(区名はNO₃-NはN, NH₄-NはAで表わし、分けつ期肥, 穂肥, 実肥の順に記した。例えば、NANは分けつ期NO₃-N, 穂肥NH₄-N, 実肥

第1表 施肥設計 (NKg/10a)

区名	施肥期		穂肥	実肥	合計	
	元肥	分けつ期肥			NO ₃ -N	NH ₄ -N
月日	4/24	6/5~6/23	6/30~7/19	8/4~8/12		
N*NN*	5	24	18	8	50	5
NN*A*	5	24	18	2.8	42	7.8
NAN*	5	24	6.5	8	32	11.5
NA*A*	5	24	6.5	2.8	24	14.3
AN*N*	5	6	18	8	26	11
ANA*	5	6	18	2.8	18	13.8
AA*N*	5	6	6.5	8	8	17.5
A*A*	5	6	6.5	2.8	0	20.3

注) *印はN¹区を併設、なお供試品種はレイメイ、栽植様式は42cm×12cmである。

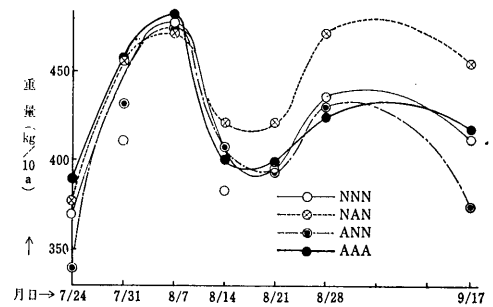
NO₃-Nである。)の結果を中心に述べてみたい。

2 全乾物量および稈と葉鞘の乾物量

出穂後の全乾物増加量は、後期生育の健全度を示す標識だと思われる。NAN, NAAはそれが一番優っていた。NNN, NNAも後優り現象を示したが、ANN, ANAは、はじめはNANに劣らなかつたが、出穂後約3週目で頭打ちになった。

AAA, AANはそれがはじめから劣っており、しかも約3週間目には頭打ちになった。これらの現象は、稈+葉鞘の乾物量の違いに特徴的にあらわれている。(図一参照)

図一 稈+葉鞘の乾物量



3 窒素および乾物と収量構成要素

では、窒素吸収量、乾物増加量と収量構成要素とはどんな関係になったのだろうか。(第2表参照)これから明らかなように、粒数レベルはほとんど同じようになった。これは穂数、一穂粒数がほとんど同じになったためであるが、水稻の健全生育のパロメータである登熟歩合という質の問題まで、考察できる成績が得られた。

分けつ期にNO₃-Nを施用したものは、NH₄-Nを施用したものに比べて、出穂期までは窒素吸収量、乾物量は同じように経過したが、出穂以後の窒素および乾物の増加量は大きく経過し、登熟歩

第2表 収量調査成績 (1969年)

区名	全重	粒数	登熟歩合	千粒重	くず米重	精玄米重 (kg/10a)	
	(kg/10a)	(10 ⁴ /m ²)	(1.06塩水選)	(g)	(kg/10a)	1969年	1968年
NNN	1516	3.84	83.6	21.7	12.5	753	716
NAN	1581	3.97	84.1	21.8	6.1	770	748
ANN	1436	3.87	80.9	21.5	10.7	746	—
AAA	1467	4.00	78.1	21.3	15.8	734	697

合、千粒重も高かった。特に、NANは出穂以後の吸収窒素量および乾物の増加量は最も大きく、また各部位の乾物量については、穂の部分のみならず、稈と葉鞘も大きくなり(図-1参照)、くず米重は少なかった。このように、NANの施肥法は安定多収の可能性をはっきり示した。

分けつ期にNH₄-Nを施用したものは、出穂以後の窒素と乾物の増加量はNO₃-Nより小さく、穂肥、実肥のNO₃-Nによる影響も、水稻体の体質を変えず、部分的に収量構成要素の一部が変っただけであった。穂肥に施用したNO₃-NはNH₄-Nより千粒重を少し高め、くず米重を少し減少させた。

実肥は量的に不足しなければ、一般には問題はないのであって、水稻が出穂期までに形づくってきた質を、これによって変えるものではない。ただNO₃-NはNH₄-Nに比べ穂ノワラを少し高めた。

4 出穂期の葉身の質

それではこのような結果は、どうして出て来たのであろうか。それは主として、出穂以後の水稻の光合成量の問題と思われる。この差が各区の乾

第3表 出穂期の葉身長と葉身乾物重

区名	葉身長 (cm)			葉身1枚当りの重さ (mg)		
	止葉	第2葉	第3葉	止葉	第2葉	第3葉
NNN	25.8	38.0	41.6	118	170	152
NAN	26.4	38.9	37.8	143	184	140
ANN	28.3	40.4	40.2	136	182	160
AAA	25.3	38.5	42.0	100	170	160

物量、精玄米重、くず米重、登熟歩合、千粒重等に差をもたらしたことはまちがいない。

光合成量の問題は葉身の質の問題であり、それは葉身の活力と、その活力がどれだけ長く続くかである。いいかえれば、出穂期の上位葉の質と、葉身の物質の転流のタイプの問題だと思われる。出穂期の上位葉はどうであったか。第3表は、出穂期の葉身長と、葉身1枚当りの乾物重を表わしたもので、NANとANNは出穂期の上位葉が重く

厚い葉を作っていたとみられる。

5 葉身窒素の穂への転流の相違

次に、葉身の窒素の穂への転流の相違はどうか。各生育時期に施用した窒素を、重窒素でラベルして調べた結果、NANは分けつ期肥のNは転

流しやすく、穂肥のAは転流しにくいことがわかった。ANNは反対に、分けつ期肥のAは転流しにくく、穂肥のNは非常に転流しやすい。NNNは分けつ期肥および穂肥のNとも比較的転流しやす

第4表 収穫期の各部位のラベル部分の窒素量の割合

区名	部位	葉身	葉鞘	稈	穂
5*A (元肥)		18.7 %	9.5 (%)	7.7 (%)	64.0 (%)
A*A A		18.1	9.1	6.4	66.4
N*N N		15.5	9.2	5.9	69.4
A*A N		17.5	9.3	6.5	66.7
A N*A		14.4	7.6	6.0	72.0
N A*A		17.8	9.5	6.5	66.3
NN*A		16.9	9.1	5.4	68.7

いが、穂肥のNの方がわずかに転流しにくい。これに対しAAAは分けつ期肥、穂肥のAとも転流しにくい、穂肥の方がわずかに転流しやすい。これらの関係について、収穫期における各器官のN¹⁵ラベル部分の窒素量の割合を第4表に示した。それでは、葉身の質と葉身窒素の穂への転流を結びつけて考えればどうなるであろうか。

NANは葉身の質、とくに止葉の質はよく、しかもそれが長く続くタイプになっている。

ANNも葉身の質はよいが、それが長く続かないタイプである。

水稻を健全に生育させるためには、分けつ期から幼穂形成期にかけて、大きな問題がある。

NO₃-NとNH₄-Nを手段にしてみた場合、NANの施肥法が一番よいことがはっきりしたが、これで問題が解決したわけではない。

分けつ期のNO₃-Nの利用率が、15%前後であるという大きな問題がある。これをどうしてのりこえるか。一つは、脱窒抑制剤の使用であり、いま一つは活着期落水によるNH₄-NのNO₃-Nへの変換、幼穂形成期湛水、さらに少量のNO₃-N施肥を結びつけることにより、NAN、NAAと同じような効果を出すことを主目的とした、新しい観点にたつ水管理と施肥の開発である。

作物に対する窒素給源について

九州大学農学部教授 山 田 芳 雄

1. 緒 言

土壌に加えられる窒素の主な給源は、動植物および微生物の遺体の中にある有機の窒素化合物である。そのほか雨雪に溶解して地上に落下する NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- があり、また肥料として加えられる NH_4^+ 、 NO_3^- 、尿素および尿素誘導体などがある。

これらのうち、有機態窒素は微生物の働きでまず NH_4^+ に変わり、さらに微生物の作用で NO_3^- に変わる。植物が吸収利用する窒素の主な形態は、上に述べたアンモニア態窒素および硝酸態窒素である。

アンモニア態窒素、硝酸態窒素等、窒素給源の形態と作物の生育との関係については、従来から多数の研究があるが、今日も依然として新しい問題を提起している。またアンモニア態窒素による生育障害現象は、農業の実際面からも問題となる場面が多い。

以下に、作物に対する窒素給源の相違による窒素の吸収、同化生理の差異を私共の研究室の仕事を中心に述べてみよう。

3. アンモニアによる生育障害

種々の幼植物を供試して人工気象室において、温度、窒素源の種類、窒素の濃度等の組合せをいろいろ変えて水耕栽培を行ったところ、つぎのよ

第1表 各種幼植物の生育と窒素の給源
(新鮮重mg/個体)

双子葉植物	ダイコン		ハクサイ		キウリ		カンラン	
	20℃	25℃	20℃	25℃	20℃	25℃	20℃	25℃
NO_3^- -100	538	620	487	520	1,200	1,600	418	460
NH_4^+ -100	220	510	174	400	600	1,100	200	280

単子葉植物	クマネギ		トウモロコシ		ライグラス		ヒエ	
	20℃	25℃	20℃	25℃	20℃	25℃	20℃	25℃
NO_3^- -100	40	50	2,560	3,400	75	80	30	50
NH_4^+ -100	40	50	1,650	3,450	60	80	30	50

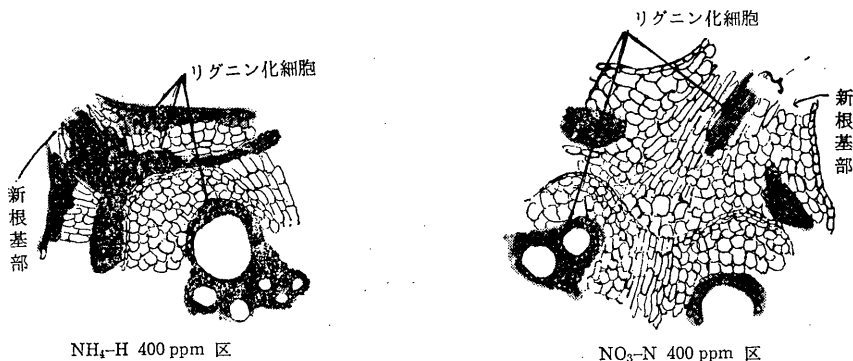
発芽後 18日目

うな結果が得られた。

窒素源としての硝酸態窒素とアンモニア態窒素の優劣は、作物の種類によって異なる。すなわち水稲、小麦、タマネギ、トウモロコシ、ライグラス、ヒエ等単子葉植物にくらべて、トマト、テンサイ、ダイコン、ハクサイ、キュウリ、カンラン等双子葉植物は、アンモニア態窒素では生育が不良である。とくに第1表に見るように温度が低く、窒素濃度が高くなると、その差は著しい。

アンモニア態窒素により生育障害のあらわれた植物の葉色は、正常なものにくらべ暗緑色であり根は木化現象を呈し褐変している。石塚らはヘチマの根の顕微鏡観察を行っているので第1図に示

第1図 根の顕微鏡観察 (発根部位茎組織の横断面) (石塚、尾形)



$\text{NH}_4\text{-H}$ 400 ppm 区

$\text{NO}_3\text{-N}$ 400 ppm 区

そう。

3. 窒素給源と体内諸成分

硝酸態窒素とアンモニア態窒素の吸収、同化生理の相違を明らかにする目的で、とくにアンモニア態窒素で生育障害のあらわれ易いテンサイ、トマトの幼植物を供試し、アンモニア態窒素と硝酸態窒素を窒素源として水耕栽培を行ない、体内諸成分の分析を実施し、比較検討を行なった。

(1) 無機成分

第2表に見るように、アンモニア態窒素を供給したものは、硝酸態窒素を供給したものにくらべK, Ca, Mg とくにKの含有率が低い。

第2表 無機成分含有率と窒素の給源
(テンサイ葉、乾物中%)

無機成分	NO ₃ -N	NH ₄ -N
P	0.80	1.16
K	7.50	4.35
Ca	0.57	0.39
Mg	0.46	0.31

この原因については、放射性カリウムを用いた実験では、培養液中に共存する各種イオン間の拮抗作用によることが明らかになった。このようなことから、アンモニア障害すなわちカリ欠乏であると考えられたこともあった。

そこで私共は、カリウムを十分に供給して、植物体中のカリウム濃度に関しては差異がないくらいにまで、植物体にカリウムを吸収させても、なおアンモニア態窒素を過剰に与えると、アンモニア障害が残ることを見出し、アンモニア障害とカリ欠乏とは直接の関係がないことを明らかにした。

なおリンの含有率は、硝酸とリン酸の拮抗のためか、硝酸態窒素を供給した植物の方が低かった。

(2) 含窒素成分

第3表に見るように、アンモニア態窒素の植物は硝酸態窒素の植物にくらべて、多量の遊離のNH₄-Nを含むほか、アマイド態窒素、アミノ態窒素ともに著しく含有率が高かった。

Mendel らによれば、根からアンモニア態窒素が吸収された場合には、根の組織内で直ちにアミノ酸に同化されて地上部へ運ばれ、一部はアスパラギンのグルタミンのようなアマイドとして貯蔵されるものと考えられている。

第3表 含窒素成分および炭水化物含有率と窒素の給源
(テンサイ葉 乾物中%)

含窒素成分および炭水化物	NO ₃ -N	NH ₄ -N
可溶性-N	1.014	1.622
NO ₃ -N	0.212	0
NH ₄ -N	0.018	0.306
アマイド-N	0.009	0.070
α-アミノ-N	0.206	0.782
不溶性-N	2.228	3.012
還元糖	5.47	7.98
非還元糖	1.11	1.08
粗デンプン	8.87	11.22

ところがアンモニア態窒素を多量に供給した植物に、遊離のNH₄-Nが異常に集積しているのは同化速度が吸収速度に及ばなかったためと考えられる。

NO₃-Nは硝酸態窒素を供給した植物にのみ大量に検出されたが、これはある程度まで濃度が高くなっても、植物にとっては無害であり、必要に応じて還元をうけ同化されるものと思われる。

(3) 炭水化物

第3表にみるように還元糖、非還元糖および澱粉ともにその含有率は、アンモニア態窒素を供給した植物の方が高かった。NH₄-Nは後に述べるように、光合成を阻害するともいわれているし、NH₄-N同化のためには、炭水化物→有機酸→アミノ酸と反応が進み、炭水化物の消耗が起ることを考えれば、一見矛盾するようだが、一植物体あたりの絶対量からすれば、アンモニア態窒素を供給した植物の方が低いので、必ずしも矛盾はしていない。

(4) 有機酸

第4表にみるように、アンモニア態窒素を供給された植物では、硝酸態窒素を供給された植物より著しく有機酸含量が低かった。

とくにリンゴ酸、クエン酸は1/40~1/20であった。アンモニア態窒素栄養で、有機酸の含有率が極めて低くなることの原因としては、吸収されたNH₄-Nが、後で述べるTCAサイクル上の有機酸と反応して、アミノ酸を生成するためと一応は考えられる。

有機酸は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る。また体内pH

第4表 有機酸含有量と窒素の給源
(テンサイ葉 $\mu\text{e}/\text{乾物}/\text{g}$)

有機酸	葉		根	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
酢酸	3.4	1.6	2.6	1.2
ギ酸	2.6	0.3	1.2	0.9
フマル酸	8.9	1.3	2.1	1.1
シユウ酸	219.6	45.3	119.4	48.7
リンゴ酸	63.2	4.1	17.4	3.3
クエン酸	67.2	1.7	34.1	5.9
合計	364.9	54.3	176.8	61.1

を一定に維持するための、緩衝系の役割も果たす。かかる重要な有機酸含量が著しく低下することは、アンモニア障害発現の一因と考えられる。

(5) 遊離アミノ酸およびアミノ化合物

第5表にみるように、硝酸態窒素を供給された植物にくらべ、アンモニア態窒素を供給された植物には大量のグルタミン、アルギニンおよびリジンが集積している。

第5表 遊離アミノ酸含量と窒素の給源
(テンサイ $\text{mg}/\text{乾物 } 1\text{g}$)

アミノ酸	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
アスパラギン酸	0.06	0.15
スレオニン	0.35	0.62
セリン	0.40	1.70
アスパラギン	0.67	1.11
グルタミン	0.84	9.05
グルタミン酸	0.36	0.43
プロリン	0.21	0.46
グリシン	0.15	0.35
アラニン	3.00	4.16
バリン	0.36	0.73
イソロイシン	0.24	0.57
ロイシン	0.39	0.85
チロシン	1.33	3.26
フェニルアラニン	0.08	0.36
γ-アミノ酪酸	0.18	0.45
酸中性アミノ酸合計	(8.62)	(24.25)
トリプトファン	0.43	3.46
リジン	0.16	1.40
ヒスチジン	0.06	Tr.
アルギニン	0.16	5.68
塩基性アミノ酸合計	(0.81)	(10.54)
全合計	9.43	34.79

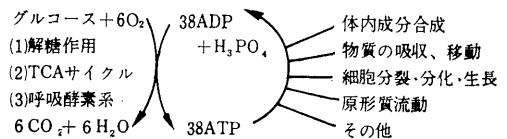
なお表中には示さなかったが、アミノ糖の一種グルコサミンがアセチルグルコサミン、あるいはアセチルグルコサミンのリン酸塩として、顕著に植物体中に存在することが明らかになった。これらの異常な集積も、体内代謝を攪乱する一つの要因と考えられる。

4. アンモニアによる呼吸阻害

アンモニアは、生体にとって有害であるとよくいわれるが、その理由については未だよくわかっていない。しかし幾つかの考え方はある。その一、二を説明してみよう。

生物はすべて有機物を基質として、これを酸化燃焼し、その間にひき出されたエネルギーを、ATPの高エネルギーリン酸結合に移して貯え、生体の種々の生命活動の原動力としている。たとえば代表的な呼吸を図示すれば第2図のようになる。

第2図 ATPの生産とその利用



これからわかるように、1分子のグルコースが解糖作用系、TCAサイクル、呼吸酵素系を辿って、6分子の CO_2 と H_2O に分解すると、38分子のATPが形成される。

ところでアンモニアは、(2)のTCAサイクルの阻害をするといわれている。

話の順序として、TCAサイクルの説明を簡単にしよう。

よく知られているように、解糖作用の結果生成したピルビン酸は、アセチルCoAを経てTCAサイクルに入り、クエン酸→イソクエン酸→オキサロコハク酸→ α -ケトグルタル酸→スクシニルCoA→コハク酸→フマル酸→リンゴ酸→オキサザル酢酸と回転し、再びアセチルCoAと結びついてクエン酸を生ずる。

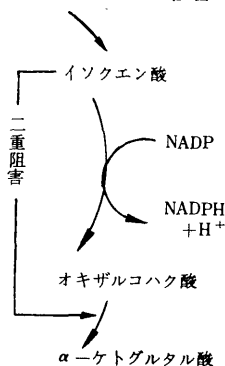
このサイクルを回転する間に NADPHやNADH, あるいはFADHなどの還元物質を形成し、これらは結局は酵素によって酸化され、ATPを形成するのである。

したがって、このサイクルの回転が不円滑にな

れば、ATPの生産が衰え、生命活動そのものが影響を受ける。

Warcel, Slater らはTCAサイクルのα-ケトグルタル酸がアンモニアを添加することによって、グルタミン酸としてサイクル外に引き出されるために、サイクル後半が回転しなくなってしまうと主張しているし、勝沼らはアンモニアを1μmolも添加すると、イソクエン酸の脱水素反応の渋滞がおこり、イソクエン酸が蓄積し、さらに蓄積したイソクエン酸が、オキザルコハク酸からα-ケトグルタル酸への反応を阻害すると主張している。つまりアンモニアは第3図にみるように、TCAサイクル上のイソクエン酸→オキザルコハク酸→α-ケトグルタル酸の部分で二重阻害をひきおこし、回転を不円滑にするのである。

第3図 アンモニアによるTCAサイクルの阻害



この説は植物ではまだ確認されていないが、アンモニアが著しく過剰になった段階では、このような呼吸阻害が起る可能性は十分ある。

5. アンモニアによる光合成阻害

植物は太陽エネルギーの力を借りて、CO₂とH₂Oから炭水化物を合成するが、その際、太陽エネルギーは、前にも述べたATPという化学エネルギーに形を変えてから、合成の仕事をするのである。この作用を光リン酸化反応と呼んでいるがアンモニアは実はこの作用にも阻害的に働くことが知られている。

第6表にみるように、葉緑体を用いて行なった実験で、添加アンモニアの濃度を増すとATPの形

成が減ることがよくわかる。

第6表 光リン酸化反応のNH₄⁺による阻害 (Avron ら)

NH ₄ ⁺ の濃度	形成されたATP μ mol
0	0.36
2 × 10 ⁻⁴	0.32
6.6 × 10 ⁻⁴	0.11
2 × 10 ⁻³	0.016
4.7 × 10 ⁻³	0.000

6. 結 語

植物は動物と違って、無機態の窒素を同化しなければならぬ宿命をもっている。したがって、いわゆる呼吸毒といわれるアンモニアに対しても動物ほどには敏感に反応しないで、なんとか環境に適合しようとする。

すなわち、窒素源としてのNH₄-Nの濃度が高まると、植物はこれに対応して、まず有機酸を使い、アミノ酸としてNH₄-Nを同化し、さらに余剰のNH₄-Nはアミド、あるいはグルコサミンとして解毒貯蔵する。この間には、むしろ呼吸が増加するのが一般的である。

しかしさらにNH₄-Nが過剰に供給される場合には、遂には呼吸作用、光合成にも阻害的な影響があらわれてくるものと考えられる。

これに対して硝酸態窒素は、本来植物に毒性が少ないため、そのままの形で存在し得るので、炭水化物の消耗も少く、健全な生育をし易いと考えられる。

植物の種類によって、アンモニアに対する抵抗性に差異があり、アンモニアでも極端な高濃度にならない限り、正常な生育をする植物があるのは興味がある。これらの植物では、呼吸作用や光合成が行なわれる場でのNH₄-Nの濃度を、どのようにして低めているのか、今後の研究が期待されているところである。

鳥取県の米と

燐硝安加里の追肥効果

鳥取県農業試験場

大野 猛郎

はじめに

鳥取県の米の産地は大ざっぱにみて、日本海に注ぐ3河川を中心に、東部の粘土質、中部の黒ボク、西部の砂質の3地帯に分けることができる。

水田は地勢的に北国の性格をもっている。しかし、温暖、多雨の環境条件にあるため、夏ばは栽培上に暖地的に不利な面をかなりうけている。

雑草が出やすく、病虫害も多い。また腐植の分解が早いだけでなく、とくに特徴的なことは、土壤の硝酸化成能が高く、作用が早いことである。

したがって、米の収量は低いが米質はよい。昭和44年産米では県平均反収が454kg、上位とは云えないが、産米の検査等級は2等が27.4%、3等級が55.9%で、品質のうえでは全国一に相当する。麦でも良質の産地として知られている。

しかし、収量では十分とはいえず、もっぱら穂数の確保と登熟の良化を目標としている。

施肥技術の改善も、数年前まではチッ素で6:2:2の分施方式から6:0:4となり、最近では5:0:5となつて、穂肥期以降の追肥で出穂22日前、12日前の2段階分施から、さらに穂揃期をいれて、3段階分施が実施されだしてきている。

穂数の確保では、多けつ短稈品種の採用、早植、植付密度を高め、とくに元肥の適施肥などによつて、ほぼ満足できる域にある。

けれども、生育中期の無効分けつは免れることはできない。中期以降の過剰生育にともなう登熟歩合の低下を防ぐことが、目下の改善策のツメとして残されている。

一般には、梅雨が明けてなか干をすると、(東部地域の普通植では7月下旬頃)地力チッ素が大きく出てくる。

そのため穂肥と重なって、受光態勢を悪くしたり、下部節間が伸びて倒伏しやすい。

また8月~9月の真夏の頃になると、土壤の還元がすすみ、根の働きの衰えて、加里、苦土、石灰など塩基の吸収がわるくなり、これらが登熟を阻んでいる大きな問題となっている。

梅雨明け1週間くらいすると、葉色は減退して、いわゆるムラできがはつきりしだし、一見して肥料不足の観となるが、土壤は決して肥料不足ではない。

むしろ、中ばしなどによって、土壤のチッ素濃度はかなりの高まりをしめす。

当然、ツナギ肥はやらないことを基準としているが、農家は往々にして、このとき追肥しがちである。

したがって、幼穂形成期以後の追肥の調節がむずかしくなっている。

幼穂形成期以後の施種体系と燐硝安加里

そこで、以後の施肥体系を確立するため、根の働きを活発にしようとして、間断かんがいはもちろん、根の呼吸源としての硝酸系のチッ素の役割に期待し、この種の化成肥料を追肥して加里、苦土などの塩基の吸収をうながし、同時にNO₃-Nの体内取り込みによって、好氣的代謝を起し、葉身の若がりりと、穂への転流をたやすくしようとした。

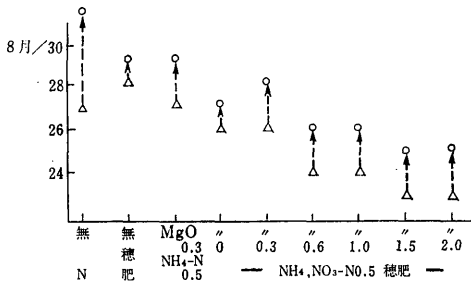
まず、単体の硝酸態チッ素を硝酸加里の形にしたものと、硝酸とアンモニアを等量に含んだ粉状の硝安を穂肥にして、硫安と比較してみたが、これらの肥料は収量だけでなく、利用率がいちじるしく低いことがわかった。

穂肥チッ素の6kgを用いてその吸収率は、それぞれ28%、40%、51%にすぎない。

第1表 穂肥期の苦土添加効果 (鳥取農試 昭42)

処 理 区	生育調査 (cm)		収量調査 (g/pot)		もみ重 指数	N吸収量 (g/pot)			穂 肥 N 利用率	
	稈長	株当穂数	わら重	もみ重		わら	もみ	計		
無 N 穂肥	53.9	9.4	41.5	34.5	54	0.186	0.292	0.478	—	
	63.5	11.7	61.0	43.0	81	0.262	0.385	0.647	—	
硫安穂肥	MgO 0	68.9	13.5	86.5	63.5	120	0.388	0.556	0.944	59.4
	0.3	67.3	12.3	85.0	62.5	118	0.372	0.594	0.966	63.8
	0.6	69.3	12.7	90.0	63.0	119	0.389	0.564	0.953	61.2
硝安穂肥	MgO 0	65.5	12.3	68.5	53.0	100	0.341	0.474	0.815	33.6
	0.3	67.0	13.0	73.6	57.5	108	0.335	0.495	0.830	36.6
	0.6	67.7	13.3	74.0	60.0	113	0.331	0.533	0.864	43.4
	1.0	66.7	13.7	79.0	62.5	118	0.335	0.542	0.877	46.0
	1.5	66.8	14.2	86.0	65.5	124	0.360	0.581	0.941	58.8
2.0	66.1	12.5	69.5	55.5	105	0.322	0.521	0.842	38.8	

そこで苦土肥料を穂肥に併用すると、どうなるだろうか。第1表のように、かなり向上することが確認された。



さらに特徴的なことは、苦土の量を増すと出穂期が早くなることである。

このことは、穂揃いにも影響し、登熟の向上は明らかである。

このように、硝安系肥料に苦土を併用増施すると、籾の生産能率を高めることがわかった。そこで、苦土、加里、磷酸を含む硝安加里複合(16:10:14:2)を穂肥に分施してみた。第2表によると、かなり増収し、利用率の向上が著しい。

硝安加里の16%のチッ素は、アンモニアと硝酸が6:10の割合に含まれるが、この化成肥料は苦土を配した点や、粒状化されていることなどが、前にのべた粉状単体よりも、流亡、脱室を少なくし、水稻によるチッ素の吸収率を高めているものと思われる。

一度に施肥するよりも

2回に分施する方が効果的

調査結果からも、一度に施肥するよりも、幼穂

形成期、減数分裂後期に2回に分施する方がよい。8月の土壤中のアンモニア、硝酸態チッ素の数回にわたる分析経過をみても、減少はみとめられず、茎葉中の濃度に、著しい低下もみとめられなかった。

硝安加里は含有苦土が少ないので、さらに単体の苦土肥料を併用すれば、穂肥に用いて品質、収量の向上を十分に期待することができる。

実肥の効果も出ているが、なお十分とはいえず、この時期の施肥の効果を發揮させるためには、出穂期前後の好天を迎えるよう、現在の生殖生長期を1旬早める栽培法をとらねばならない。

本県で奨励している、いわゆる中期栽培法もこ

第2表 硝安加里の穂肥の効果 (kg/a)(鳥取農試 昭44)

※区名 (穂肥N分施量)	わら重	もみ重	玄米重	同%	N吸収量	穂肥N吸収率
無穂肥区	63.8	54.1	43.8	94	0.675	—%
NK化成穂肥分施 2:2:0	68.2	58.1	46.8	100	0.828	38.5
硝安加里 6:0:0	69.1	61.5	49.8	106	0.886	35.2
同上 4:2:0	71.7	64.6	52.5	112	0.906	38.5
同上 2:4:0	71.6	65.8	53.3	114	0.965	48.3
同上 4:0:2	71.8	63.8	51.6	110	0.915	40.0

(注)各区元肥はチッ素、リン酸、加里各5.0kg/10aをNK化成倍リンで施用。穂肥はマグポロンでMgO 5.0kg/10aを各区に8月5施用、穂肥Nの分施時期は8月5、8月15、9月3。

れをねらいとしている。

なお穂肥の効果を高めるに重要なことは、どの場合でも、最高分けつ期以降の根の活力を長期に維持するよう、間断かんがいの実施が必須条件である。

NO₃-Nの植物生理学的意義

北海道大学農学部教授・農学博士

田 中 明

窒素質化学肥料としては、現在いろいろのものが使用されているが、その主体はアンモニア態〔NH₄-N〕、尿素態〔CO(NH₂)₂-N〕、硝酸態〔NO₃-N〕に大別される。

このように、いろいろの形態の窒素があるが、どの形態の窒素も、水田状態の土壌の場合は別として、畑土壌が良く管理されていると、速かにNO₃-Nに変化する。もちろん、窒素の肥効がゆっくりと出て来るように工夫してある肥料を用いた場合には、状況が違って来る。

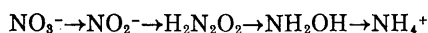
いずれにしても、畑状態では、窒素はNO₃-Nになって作物に吸収される割合が多く、施肥された窒素が、NO₃-Nに早く変る土壌で作物が良く生育するのであるから、NO₃-Nが、作物にとって良い窒素源であることは議論の余地がない。

上記のようにたとえNH₄-Nとして施肥しても、土壌が良い状態にあれば、土壌中の微生物の作用によってNO₃-Nに変化するのであるから、各形態の窒素肥料を、植物に対するNH₄-NとNO₃-Nの供給源と言う意味で、厳密に区別するのは困難である。

そこでここでは、このような土壌中における形態の変化は一応考えないで、NH₄-NやNO₃-Nがそのままの形態で吸収された場合、作物の側からみて、どんな差が考えられるかを記述して、NO₃-Nの意義を考えてみることにする。

NO₃-Nの植物による同化

NO₃-Nは、植物に吸収されると還元を受けて、NH₄-Nになってから、アミノ酸を経て蛋白質等の合成に関与し、作物の増産に関与する。この還元過程は次のように想像されている。



この一連の反応は、すべて還元過程でエネルギーを必要とする。この反応の中で、最初のNO₃⁻→NO₂⁻の反応は詳細に研究されており、硝酸還元酵

素が関与する。

この酵素は、モリブデンを含むフラボプロテインであるために、NO₃-Nが窒素源の時には、モリブデンが特に重要なわけである。

いずれにしても、NO₃-Nは還元を受けなければならないが、そのためにはエネルギーと水素が必要であり、これらは植物体内で、呼吸や光合成で生成するNADPH₂という物質に依っている。

そこで問題となるのは、NO₃-Nが窒素源の場合には、呼吸や光合成で生産されたNADPH₂の消費でNH₄-Nが生成するのであるから、NH₄-Nそのものとして吸収された場合に比べて、この分のNADPH₂だけが、損になるのではないかということである。

ところが実際には非常に良く出来ていて、NADPH₂によってNO₃⁻が還元される場合には、NADPH₂の持っているエネルギーの、少なくとも半量は、生理的に重要エネルギー供給源となるATPという物質として回収されるので、想像されるほどのエネルギーの損失はない。

さらに、NO₃-Nが還元されてNH₄-Nになった場合、このNH₄-Nと反応してアミノ酸を作る、もう一方の原料であるケト酸は、先きのNO₃-Nの還元に必要なNADPH₂の生成のための、呼吸の結果生成して来るので、NADPH₂生成のための呼吸は、NO₃-Nの還元に必要なエネルギーを供給しつつ、アミノ酸生成の原料を作るという意味で、非常に好都合な呼吸である。

言い換えると、アミノ酸生成のための二つの原料が、バランスのとれた量だけ生成されるわけである。

さらに、呼吸や光合成で生産されるNADPH₂は、NO₃-Nの存在によって速かに消費されて、その蓄積が起らないので、NO₃-Nが吸収されている場合には、呼吸や光合成が順調に進行する。

また NO_3^- は、光が当たっている時は、水の分解によって生じる水素の受容体として、また光のない時には、呼吸に必要な O_2 の代りとして、各種代謝によって生成する水素の受容体として、両面的な働きをする。

このように見てくると、 NO_3^- -Nは、 NH_4^- -Nになるまでにエネルギーを必要とするから、不利な窒素源ではないかと考えられるが、事実は全く逆であるということになる。

NH_4^- -Nは植物に吸収されると、根でアミノ酸になって、アミノ酸として地上部に向う。そして NH_4^- -Nは、健全な植物体内にはほとんど含まれておらず、これが微量でも蓄積すると有毒で、光合成作用等のいちじるしい低下が起る。

一方、 NO_3^- -Nが吸収されると、根においては変化を受けず、そのままの形で地上部に移動する。

そして地上部で還元されるが、吸収速度と還元される速度のバランスで、場合によってはかなり高濃度で植物体内、特に茎や葉柄等の緑色でない部分に蓄積し、数パーセントにも達することがあるが、 NO_3^- -Nは植物には無害である。

それ故、 NO_3^- -Nは窒素の貯蔵形態で、条件が悪ければ NO_3^- -Nとして蓄積され、条件が改善されると、利用されて蛋白質になって行くのである。

このように NO_3^- -Nは、一時的な窒素の貯蔵形態でもあって、有利な窒素源であるが、その原因の一つとして、硝酸還元酵素がいわゆる誘導酵素である点を挙げることができる。

培地中に硝酸がなかったり、光が当たっていない場合には、植物はこの酵素作用力を示さない。そして、光の当たっている状態で硝酸が供給されて、初めて、その作用力が現われて来、その作用力は光の強弱や、硝酸の供給状態によって強くなったり、弱くなったりする。

このことは、植物にとって非常に有利な性質である。たとえば、 NH_4^- -Nが窒素源の場合には、吸収された NH_4^- -Nは条件がどうであっても、植物体に貯蔵されている糖を消費してアミノ酸になり、蛋白質になって葉面積が大きくなってしまふ。

ところが植物の生育にとっては、与えられた光の強さに対応した最適の葉面積があるので、 NH_4^- -Nが窒素源の場合には、最適葉面積を上廻り、

いわゆる過繁茂の状態になってしまうことがしばしばある。

ところが、 NO_3^- -Nが窒素源の場合には、与えられた光の強さに対応した量だけが、還元されて NH_4^- -Nになるから、その強さに対応しただけの葉面積が作られて、過繁茂になる可能性が少ないのである。

NH_4^- -Nが窒素源である水稲では、多量の施肥により、高収量を目標としている場合には、この過繁茂が非常に重要な問題となるのであるが、多くの畑作物では NO_3^- -Nが窒素源であるために、過繁茂が重要な問題になる可能性が少ないと言われている。

通常の植物は、排水の良い土壌で生育するのが普通で、この状態に適応している。この状態では、土壌中の植物が吸収する窒素の主体は NO_3^- -Nであるから、一般に植物は、 NO_3^- -Nで調子良く生育する様にできていると考えるのが自然であって、事実、上記のように植物は、 NO_3^- -Nを上手に利用する性質を持っているのである。

NO_3^- -Nと植物の生育

植物の主要窒素源は、 NO_3^- -Nと NH_4^- -Nである。この両者の間に、優劣があるか否かを知るために、これまでに多くの研究がなされて来た。そして、最終的な結論には到達していないが、多数の知見が得られている。

植物はこの両者のうち、どちらを好んで吸収するかと言うと、通常の作物では、生育の初期は NH_4^- -Nを NO_3^- -Nよりもより多く吸収し、生育後期には、この逆になると言うことが古くから知られている。

植物にはいろいろの器管があるが、それぞれの器管の発育に対して、両者は多少違った反応を示し、たとえば根の発育は、 NO_3^- -Nの場合には NH_4^- -Nの場合より遙かに良好である。水稲では、稈の発育には NO_3^- -Nの方が良く、分けつに対しては、 NH_4^- -Nの方が良い傾向が認められる。

これらのことを総合すると、水稲では、生育初期の分けつが盛んな時には NH_4^- -Nが、生育後期の伸長期以後は、 NO_3^- -Nがより良いのではないかと想像される。

いずれにしても、このような差が認められるのは、窒素がある程度以上の濃度で供給された時で

あって、窒素濃度が低い場合には差が全く認められず、ある程度の濃度の場合には、条件によって優劣が決って来るが、さらに高濃度となると、どんな条件においても $\text{NO}_3\text{-N}$ の方が優れているという状態になる。

このように、高濃度で窒素が供給された場合には $\text{NO}_3\text{-N}$ の方が良い原因は、先に述べた体内における $\text{NH}_4\text{-N}$ の有毒性と、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の貯蔵で説明することができるわけで、実際、作物栽培における窒素の多量施肥の場合には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ として培地中にあった方が、 $\text{NH}_4\text{-N}$ としてあった場合より安全なことは疑問の余地がない。

窒素の多量施与の場合、 $\text{NO}_3\text{-N}$ で吸収されれば、過剰部分は $\text{NO}_3\text{-N}$ のまま植物体内に蓄積されて、植物に対しては有害に働かないのであるが、ここで注意しなければならないことは、この蓄積が、動物に対しては問題となることがあるということである。

たとえば牧草の場合、多量に $\text{NO}_3\text{-N}$ を含む牧草を家畜が摂取すると、腸内で $\text{NO}_2\text{-N}$ に還元され、これが吸収されて血液中に入ると、ヘモグロビンと結合して、その作用を阻害する。

それ故、窒素の多量施与の場合、 $\text{NO}_3\text{-N}$ については、作物の生育と言う面からのみでなく、この作物を、食糧や飼料として使用した場合の問題まで、考えて行く必要が出て来るわけである。

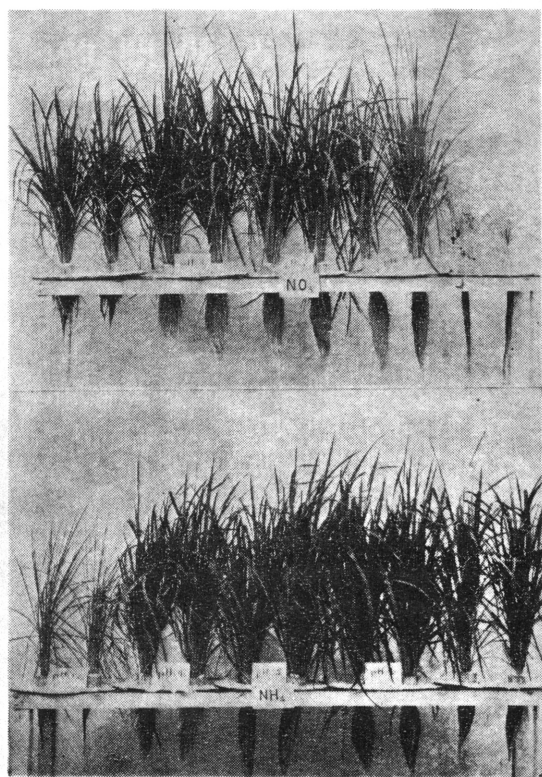
作物の最適pHと窒素の形態

作物には、それぞれの品種に特有な最適pHがあるといわれている。しかし、少し詳しく研究して行くと、教科書に書いてあるように割り切ってしまうことは、なかなかできない。

一例として、水稻を水耕培養して、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ を窒素源としたものを作り、pHを3.5、4.0、5.0、6.0、7.0の5段階に分けて生育させると、写真でわかるように、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の場合はpH4で、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の場合にはpH6で生育が一番良かった。

この最適pHは、培養液の組成等によっても変化するもので、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の場合はpH4が最適であるといった、単純な結論を出すわけには行かない。しかし、少なくとも傾向としては、培地のpHが低い場合は $\text{NO}_3\text{-N}$ の方が、高い場合は $\text{NH}_4\text{-N}$ の方が有利な窒素源であるということができる。

$\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ が窒素源の場合の水稻のpH反応性の比較



なぜこのような相違が生じるかと言うと、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はアニオンであり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ はカチオンであるという点に、その原因を求めることができるのかも知れない。

たとえば、硝酸カルシュームは生理的アルカリ性肥料であり、作物による窒素の吸収によって培地のpHは上昇し、硫酸は生理的酸性肥料で、培地のpHが低下する方向をたどるから、培地が酸性の場合は、硫酸に比べて硝酸カルシュームの方が有利であり、一方、土壤がアルカリ性の場合には逆のことが言えることになる。

しかし、このような単純な考え方からのみでは、必ずしも事実を説明することはできない。というのは、先きに示した水稻の実験は、培地のpHが、設定したpHから変動しないように、最深の注意をしつつ実施したのであるが、写真に示すような結果になったからである。

そこで、培地のpH変化以外の原因を考えてみると、他のイオン吸収に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の働き掛けの違いを挙げることができる。

作物が養分を吸収するに当って、ある養分の吸収が、培地中における他の養分の状態によって変化することは周知の所である。とすると、窒素が $\text{NO}_3\text{-N}$ が $\text{NH}_4\text{-N}$ として供給された場合には、他の養分の吸収が違って来ることは、当然予測される所である。そして、pHが養分吸収に与える影響と相まって、上記の結果を起すのかも知れない。

窒素源の形態が、養分吸収に及ぼす影響としては、たとえば煙草やビートは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ のみでは非常に生育が悪く、どうしても $\text{NO}_3\text{-N}$ を供給してやらなければ、健全に生育しない。そして、その原因の一つとしては、 $\text{NH}_4\text{-N}$ がカリの吸収を極端に阻害し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が与えられなければ、カリの順調な吸収は行なわれず、カリ欠乏になってしまうということが挙げられる。

この場合カリのみでなく、カルシウムやマグネシウムの吸収も、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の時に比べ $\text{NO}_3\text{-N}$

の 때가遙かに良好である。

この点は目下のところ、あまり関心を集めていないが、牧草に多量の窒素肥料が使用されるようになると、窒素の両形態間で、牧草のカルシウムやマグネシウム含有率に、大きな差が生じて来る可能性があるので、家畜の栄養の面から注意しておく必要があるかも知れない。

さらに、マンガンも $\text{NO}_3\text{-N}$ の場合には盛であるが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の時にはこれが抑えられる。

水田土壌中では $\text{NH}_4\text{-N}$ が、畑状態では $\text{NO}_3\text{-N}$ が、土壌中における主要な窒素の形態であるが、陸稲が水稲に比べて生育が悪いのは、陸稲の場合マンガンが吸収され過ぎて、マンガン過剰症になるからだと言っている人が（アメリカなどでは）いるが、この考え方は多少行き過ぎではないかと私は考えている。

以上、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生理学的意義を、 $\text{NH}_4\text{-N}$ との比較で述べたが、実際の施肥と関連してもう一度注意しておきたいことは、畑土壌が良く管理されていると、どんな肥料を施与しても、結局は $\text{NO}_3\text{-N}$ が主体になるということである。

北の米の味と

硝酸系肥料

北海道立上川農業試験場

南 松 雄

最近、米の生産過剰或いは消費量の減少など、需給情勢の変化に伴って、米の品質や食味に対する要求度がとみに高まって来ており、米作りも量より質へと転換するに至った。

流通消費過程における商品としての米の品質には、搗精歩止り、食味、貯蔵性、基本形質、混入物などがあり、その他に実際取引のうえでは量目や包装なども重要視されているが、現在、特に食味の問題がその品質評価の中心をなしている。

従って本稿では、主として品質的に批判の多い北海道産米の食味特性、および食味と窒素施肥法との関係について述べる。

1. 米の食味評価

一般に、米の食味評価は米飯の官能審査（食味試験）によって判定しているが、パネルの構成や時代とともにその判定が変動し、絶対的な基準がないことである。栽培技術が、最終的には収量という明瞭な基準をもっているのと、根本的に異なる点である。

米の食味に影響する要因は、米飯を口の中に入れた時のねばりとか、硬さに関係する物理的性質と、香り、うまみの元になる化学成分に大別されているが、農林省食糧研究所において、米飯の食味評価と最も相関が高く、且つ、数量的にも表示できるうへ、再現性も高い米飯の科学的測定法が開発された。

第1表 北海道産米の食味特性値（昭和38年産米）

種 別	測定項目	炊 飯 特 性				アミログラム特性値		米 飯 の 特 性		6要素による総合評価
		加 熱 吸水率	膨 脹 容 積 (C・C)	糊 化 温 度 (°C)	ブレーク ダウ ン (B. U.)	粘 性 ($\times 10^6$ Poise)	弾 性 ($\times 10^5$ dyne/cm ²)	大	大	
北海道 産 米	農林20号	2.34	32.2	87.0	190	4.60	11.06	Bノ中 Cノ中 Cノ下		
	新 雪	2.20	30.6	84.0	165	3.14	7.76			
	ユーカー	2.27	31.7	86.0	110	2.43	6.84			
府 県 産 米	ハツニシキ	2.83	32.1	82.5	250	6.90	12.84	Bノ中 Aノ下		
	ミホニシキ	2.53	31.9	80.5	230	7.83	14.07			

それは精米の炊飯特性における加熱吸水率、膨張容積、精米粉のアミログラム特性値の中の糊化温度、ブレークダウンおよび、米飯の粘性と弾性の6要素で食味を判定する方法であり、米の食味の70%は、これら6要素の理化学的測定値から推定できると云われ、現在、全国的にも認められている食味評価法である。

2. 北海道産米の食味特性

気候的にも、土壌的にも、南の米とは対照的に厳しい自然的環境の下で生産される北海道産米の食味特性を、前記6要素によって調査した結果は第1表に示す通りである。6要素による食味の総合評価では、北海道産米はいずれもBまたはCに格付されており、明らかに府県産米よりも劣っている。

総体的にみて、北海道産米の食味が劣る原因は、米飯の粘性および弾性が小さいことと、米の澱粉が糊化する時の性質がよくない（澱粉粒の膨潤開始温度が高く、ノリの安定性が小さい）ことの2点にほぼ集約されると思われる。

また、米飯の粘りや硬さなどの食味は、米成分の約75%を占める澱粉の理化学的性状による影響が極めて大きいと云われていることから、第2表によって澱粉成分のアミロース含量についてみると、北海道産米は府県産米に比して明らかにアミロース含量が多く（逆にアミロペクチン含量が少ない）、農林20号を除いていずれも20以上である。従って、北海道産米が府県産米よりも米飯相互の粘着性が小さく、老化し易い（炊飯後一定時間放置すると硬さを増してポロポロになり易い）原因は、アミロース含量の多いことに基因するものと思われる。

次に、登熟期間中の気象条件と食味の関係についてみると、第3表に示すように、高温多照下で

登熟した昭和45年産米は、3品種とも、低温寡照年であった昭和44年産米に比して、明らかに食味傾向が良くなること（6要素による食味評価がCからBにアップ）が認められ、特に、この傾向は、米飯の粘弾性とアミログラム特性面におい

第2表 澱粉のアミロース含量 (昭和43年産米)

成分	北海道産米					府県産米		
	農林20号	ふくゆき	しおり	ささほな	そらち	ユーカラ	越路早生	コシヒカリ
アミロース(%)	19.2	20.9	20.2	21.3	20.9	21.9	17.1	16.5

て顕著である。

このように、登熟期間中の気象要素（特に登熟気温）が米の食味に及ぼす影響が極めて大きいことが窺われ、寒地においては、高温登熟が産米の検査等級のアップのみならず、食味向上に対して如何に重要であるかを示唆している。

3. 米の食味と窒素追肥

米の生産段階で、食味に最も関係深い要因としては品種、産地、栽培方法などの生産要因と収穫、乾燥調整、貯蔵法などがあげられているが、ここでは米の食味と窒素施肥法の関係について調査した結果を述べる。

近年、寒地においても、窒素の後期追肥が登熟良化を加味した安定多収施肥法として、発展しつつあることは申すまでもない。確かに止葉期以降の窒素追肥は収量的にも、また、登熟歩合や千粒重の増加、青

しかしながら、米の蛋白含量が増加し、米飯の粘性および弾性が低下して、逆に食味が悪くなる傾向を示しており、特にその傾向は、窒素追肥の時期が遅いものほど顕著である。

このように、米の一次的品質（形態的、物理的品質）と食味特性とは必ずしも一致せず、窒素の後期追肥は米の蛋白含量を増加させ、食味を不良にするものと思われる。

また、追肥窒素の形態では、アンモニア系化成

第3表 高温年と低温年産米の6要素

年次	品種	炊飯特性		アミログラム特性値		米飯の特性		6要素による総合評価
		加熱吸水率	膨脹容積 (C.C.)	糊化温度 (°C)	ブレークダウン (B.U.)	粘性 (×10 ⁶ Poise)	弾性 (×10 ⁵ dyne/cm ²)	
低温年 (昭和44年)	農林20号	2.40	32.5	86.7	96	2.20	7.69	Cノ中
	しおり	2.42	32.9	88.4	68	2.14	7.40	Cノ中
	そらち	2.37	33.2	87.6	55	1.43	7.15	Cノ中
高温年 (昭和45年)	農林20号	2.40	33.2	88.7	135	5.40	13.85	Bノ中
	しおり	2.39	32.5	88.4	120	4.80	12.10	Bノ中
	そらち	2.35	33.3	84.8	115	4.50	12.07	Bノ中

登熟期間中の平均気温；44年-17.8°C、45年-20.0°C

肥料よりも硝酸系化成肥料の方が、追肥時期の如何を問わず、常に米の蛋白含量が低く、かつ、米飯の粘性および弾性が高い値を示して、食味の面では明らかに有利で、極めて注目に値する事柄である。

更に、窒素追肥に関連している問題として、玄米の蛋白含量と食味との関係についてみると、図に示すとおり、両者の間に明らかに高い負の相関 ($r = -0.530^{**}$) が認められ、米の蛋白含量が多くなると食味が悪くなる傾向を示し、特に、生育後期における窒素吸収力の強い品種ほど、その傾向は顕著である。

米の生産が過剰になればなるほど、品質、食味についての評価が厳しくなるので、今後は米作から消費に至るすべての過程について、商品的な考え方を徹底させることが根本的な態度であろうと思われる。

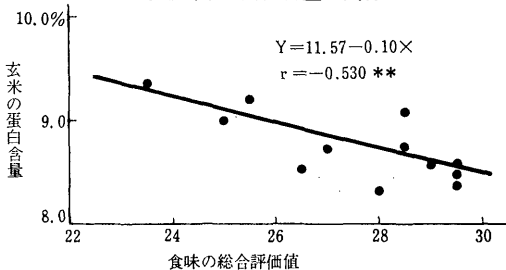
第4表 窒素追肥と米の品質 (昭和45年)

処 理	一次的品質				食味評価		
	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	青歩合 (%)	玄米蛋白含有量 (%)	米飯の粘性 (×10 ⁵ poise)	米飯の弾性 (×10 ⁵ dyne/cm ²)	6要素による総合評価
8 kg 基肥区	78.6	20.7	19.6	8.57	5.00	13.07	Bノ中
幼穂形成期 AN	79.0	20.8	18.6	8.58	5.20	14.00	Bノ中
2 kg追肥区 NN	81.0	21.2	15.2	8.58	5.49	14.05	Bノ中
止葉区 AN	85.4	21.0	13.8	8.69	4.89	10.37	Bノ下
2 kg追肥区 NN	87.1	21.4	13.1	8.61	5.16	11.88	Bノ中
出穂期 AN	81.0	21.2	8.0	9.04	4.32	8.91	Cノ上
2 kg追肥区 NN	90.4	21.4	7.1	8.92	4.72	10.59	Bノ下

AN；アンモニア系化成肥料 NN；硝酸系化成肥料

米歩合の低下など、米の一次的品質の向上の面にも、幼穂形成期の追肥より遙かにまさっている。

食味と玄米の蛋白含量の関係



〈新しい米づくりと施肥〉

NO₃-N と 塩 基 の 吸 収

石川県農業試験場

西 川 光 一

はじめに

近年農業技術がいちじるしく進歩し、毎年1,400万トンの米が生産されて過剰となり、昭和45年からは、これまで考えられなかった生産調整が行なわれており、本年は更にきびしくなると、米の量よりも質へと転換し、収量は高くてもまずい米は敬遠され、うまい米に関心が集まって来た。

これに対応して、施肥法も従来の多収を主眼としていたものが、省力で、しかもうまい米を作ることを目的とするようになって来た。

米の味は肥料以外に稲の種類、品種、気候、土壌、調整方法等多くの要因に左右され、また食べる人の好み、水加減、新古によっても異なり、極めて複雑で判定法もむずかしい。

米の外観的検査は基準が定められ、以前からきびしく検査されて来たが、うまさとは直接の関係はなく、上位等級米が必ずしもうまい米でなかった点に問題があり、将来は両者が一致するように定めるべきではないかと考えられる。

また従来の米成分の研究は窒素、リン酸、加里等無機成分の動きを主に追求しており、蛋白質、アミノ酸、澱粉、糖類等有機成分の解明にはあまり努力が払われなかったが、今後、分析機器の進歩に伴い、有機成分を解明して、組成的にうまい米の基準を定めるべきである。

施肥とうまい米

1. 窒素施肥

これまで窒素は、限界線ギリギリまで施用されており、倒伏させなければ多収は得られないとの考えから、元肥を多量に用いて分けつを多くし、できた多くの籾を十分に稔らすために穂肥も多量に用い、とくに実肥として出穂後も、極端な場合には刈り取りの7日~10日前にも施用して、刈り取り期には田全体が倒伏することが多い。

従ってとれた米は窒素過多となっており、アンモニアやアミンの形のまま残って味を悪くしたり、光合成の結果できる炭水化物からのケト酸が不足するために、蛋白質の合成や移動が阻害されて、乳白米が多くできて粉質米となり、更に味を悪くしている。

また穂が出た後遅くまで施用した実肥によって、イソロイシン等苦味に関係する塩基性アミノ酸がたまって、味を悪くする。

これに対してニシン粕のように、窒素が過不足なく効いて蛋白質の多くなった米は、ガラス質うまい米となるのである。従って多収を得るための窒素の施用量、施用法よりもうまい米を作るための量、法を再検討すべきである。

この場合、地力窒素は金肥のように急激に肥をあらわさず、水稻の生育に合致した肥効をだし、うまい米を作るに大いに役立つので、労力足のために軽視されている一稲わら施用等によ地力の培養に努力すべきである。

酸性ことに硫酸酸性肥料を施用すると、水稻蛋白質合成は盛んに行なわれて体が大きくなり後半の登熟に対してアルカリ性肥料の施用、あるいは土壌がアルカリ性でないと、登熟が促進されない。

ことに生育初期にアンモニアを使うと、酸性ミノ酸が増えて非常に稲体が大きくなるし、確を与えるとアルカリ性アミノ酸がふえて、体はそれほど大きくなる。

畑苗あるいは硝酸態窒素を与えた苗を植えると、有効分けつ決定期までは、窒素濃度は高く過したが、その後最高分けつ期頃までは、濃度低くなりやすいので、この時期の窒素追肥が必要となって来る。

硝酸態窒素を与えた苗は根の活力(根の酸

力、発根力などが) 大きいため加里、石灰、苦土、マンガン等の体内濃度は高くなっている。すなわち栄養生長期間中から、体内の反応を生理的に中性に保つ塩基の吸収を盛んにして、稲を健康にすることが認められている。

常に大きな関係をもっている珪酸、石灰、苦土、加里等の塩基の吸収を促進して、更に登熟を良くする効果が期待できる。

昭和45年に行なった試験では、硝酸態窒素を追肥することによって生育、収量はアンモニア態窒素追肥と大きな差はないが、第3

第1表 硝酸態窒素施用苗の養分吸収 (北陸農試 昭42)

苗の種類	生育期間	乾物生産量 g/m ²	期間中の吸収養分の平均濃度							
			N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe mg%	Mn mg%	Si %
折衷	NH ₄ -苗 I-II	112	2.3	0.32	2.0	0.18	0.15	90	12	2.1
	NH ₄ -苗 II-III	172	1.0	0.42	2.0	0.22	0.17	91	12	2.6
折衷	NO ₃ -苗 I-II	127	2.8	0.39	2.4	0.19	0.18	109	11	2.5
	NO ₃ -苗 II-III	181	1.2	0.37	2.5	0.25	0.16	46	9	2.5
畑	NH ₄ -苗 I-II	98	1.6	0.32	2.3	0.14	0.14	114	11	2.2
	NH ₄ -苗 II-III	140	1.7	0.41	1.9	0.22	0.18	77	14	3.0
畑	NO ₃ -苗 I-II	96	3.0	0.36	2.0	0.16	0.16	97	17	2.3
	NO ₃ -苗 II-III	137	1.4	0.38	2.8	0.27	0.20	59	15	2.1

注) 生育期間: I (移植) II (有効分けつ決定期) III (最高分けつ期)
水稲品種: マンリヨウ

第2表 分けつ期における追肥窒素の形態と収量構成 (北陸農試 昭42)

苗の種類	追肥 N	乾物重 (g/株)		穂数 (本/株)	もみ数 (×10 ²)	稔実歩合 (%)	稔実もみの千粒重 (g)	もみ/おら	Nの穂への移行率 (%)	もみ100g当りN吸収量 (g)
		莖葉	もみ							
折衷苗	— 安	25.5	25.6	19	11.0	95	24.7	1.00	69	1.4
	硫 安	39.4	28.5	27	13.9	88	23.3	0.72	67	1.5
	硝 安	31.5	27.2	19	11.6	95	24.6	0.86	70	1.3
	硝 (倍量) 安	49.4	34.1	29	15.9	90	23.9	0.69	63	1.8
畑	— 安	30.9	32.5	19	14.0	97	23.9	1.05	73	1.2
	硫 安	24.1	34.8	16	10.0	96	25.9	1.03	74	1.3
	硝 安	42.1	34.0	26	15.8	92	23.5	0.81	69	1.6
	硝 (倍量) 安	32.5	28.4	19	12.8	91	24.4	0.87	69	1.4
畑	硝 安	37.4	38.6	27	17.5	96	23.0	1.03	69	1.0
	硝 (倍量) 安	33.2	28.2	22	11.6	96	25.3	0.85	65	1.3

注) 追肥期: 7月1日 (分けつ盛期)
追肥量: 250mg N (5000分の1アールポット当り) 倍量は500mg N
水稲品種: マンリヨウ

次に分けつ期に施用したアンモニア態窒素と、硝酸態窒素とを比較すると、折衷苗と畑苗とでは反応はやや違っているが、第2表に示すように、硝酸態窒素を施用した場合には稔実歩合が高く、もみわら比、窒素のもみ生産能率が向上していることは、両苗共に認められる。

生育後半にアルカリ性アミノ酸が増えると、登熟が非常に促進さ

素追肥と大きな差はないが、第3表に見られるように2mm以上の玄米粒が多く、稔実は良くなっている。

これは硝酸態窒素の効果以外に、第4表に示すように、硝酸追肥によって吸収が促進された石灰、苦土、加里等塩基が稔実を促進したものである。

玄米中に石灰、苦土、加里等の含有量が少なくpHが低く、単糖類等の多い状態では、貯蔵性は悪く、自己消化が早く、脂肪はアルデヒドになり、貯蔵後の食味も劣るので、この作用を抑制するためには石灰、苦土、加里を多く吸収させ、pHの高い米にする必要がある。

苦土を多く吸収した米は、飯に炊いた場合には銀白色になって、第1印象が良く、うまい米になる。このように塩基類を十分に吸収するとpHが高く、米粒の自己消化力が弱まって、貯蔵性が良くなる。

珪酸も登熟に関係が深く、また水分保持にも非常に関係が深い。最近刈り取り労力の不足で、バインダー、コンバイン等の機械が多く用いられており、田面を固めて、これらの機械が働きやすく

れてくる。また硝酸態窒素はアンモニア態窒素と異なり、多量に追肥に用いても、味を悪くする可溶性窒素との関係は少なく、まずくする心配はない。従って硝酸態窒素を後半に用いると、味を良くする以外に登熟を良くする。

また稲体を生理的に中性に保ち、登熟に非

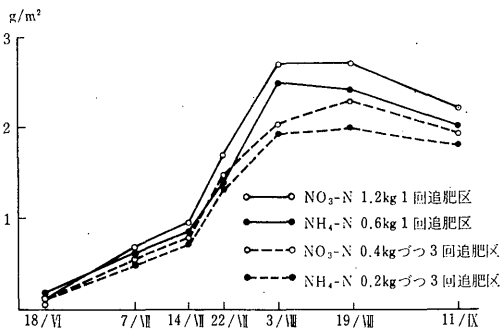
第3表 収量と粒厚分布 (%)

試験区名	穂数 (本/m ²)	玄米重 (kg/a)	2.2 mm	2.1 mm	2.0 mm	1.9 mm	1.8 mm	1.7 mm	1.6 mm	残	2.0mm以上
1. NK 穂肥標準区	425	53.6	3.2	25.9	42.2	15.5	5.2	2.3	1.5	3.2	72.3
2. NK 穂肥1.5倍量区	427	54.8	2.8	20.1	47.8	18.2	5.1	1.7	1.2	3.1	70.7
3. NN-NK 穂肥標準区	457	53.2	1.3	13.8	59.9	13.3	5.2	2.3	1.8	2.4	75.0
4. NN-NK 穂肥1.5倍量区	464	53.4	1.2	13.9	59.8	13.0	5.5	2.1	2.0	2.4	75.0

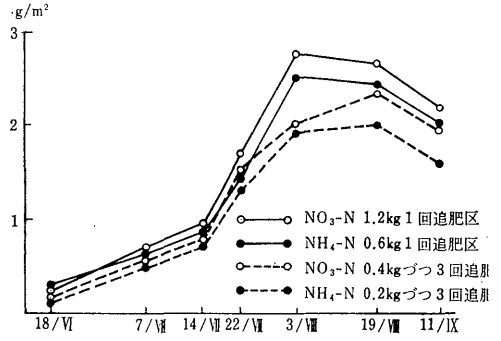
注) 1区 穂肥 アンモニア態窒素 0.4kg
3区 " " 硝酸態窒素 0.6kg

第4表 玄米の無機成分含有率 (%)

試験区名	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
1. NK 穂肥標準区	1.84	0.49	0.31	0.03	0.13	0.09
2. NK 穂肥1.5倍量区	1.87	0.48	0.33	0.03	0.16	0.11
3. NN-NK 穂肥標準区	1.74	0.51	0.38	0.08	0.14	0.15
4. NN-NK 穂肥1.5倍量区	1.74	0.51	0.37	0.08	0.14	0.15



第1図 Ca吸収量(北陸農試 昭45)



第2図 Mg吸収量(北陸農試 昭45)

するため、早くから落水するようになった。そのため水分蒸散生理に異常を来し、登熟が阻害される傾向がある。

また登熟期に異常高温になったり、フェーン現象等で過乾になって、葉面の水分蒸散がはげしくなると、アルカリ反応による溶解性が低くなり、まずい米になる場合が多い。

これは根からの吸水と、表皮からの水分蒸散による温度の調節作用がコントロールできないため、炭水化物の中から結晶水が脱水されて、酸素環を生成して硬化するのではないかとされている。

これらの現象を防ぐために、水分をぬけにくくする珪酸の吸収を促進するとともに、機械導入とにらみ合わせて、遅くまで通水することが必要である。

畑苗代の苗の優秀性は、硝酸態窒素に由来しており、また多収農家が窒素の吸収を抑制するため、中干しを徹底して行ない、土壌中のアンモニアを硝酸に変えて稲に吸収させ、窒素の吸収抑制とは相対的に石灰、苦土、加里、マンガンの吸収を増して水稻の健全化をはかり、あるいはまた窒素の肥効中断、V字農法の手段として、多収面で着目されて来た硝酸を、前に述べたように、うまい米を作るための硝酸と見方を変えて、その効果を再確認する必要がある。

2. 磷 酸 施 肥

光合成によって同化された炭酸ガスはブドウ糖になり、これが酵素(ヘキソナーゼ)とアデニンリン酸の作用で、グルコース6リン酸塩になり、さらに酵素の作用でグルコース1リン酸になり、次に酵素の作用でリン酸を遊離してでん粉になる。

このように、米の主成分であるでん粉も蛋白質も、磷酸縮合物が磷酸を含む酵素の働きでできるものであり、磷酸も登熟に大事な成分である。

磷酸の施用法としては、従来、元肥施用で十分であり、元肥に施用しておけば生産が進み、地力上昇し酸化還元単位が低下して、土壌がアルカリ性になると溶けてくるので、追肥の必要性はないと考えられていたが、最近の稲作では根を健康にする目的で、間断かんがいや中干しを徹底して行なうために、土壌中の有効磷酸が少なくなっており、時には根に障害を生じて、生育後半に磷酸吸収が抑えられることがある。

磷酸の吸収が抑えられると、グルコース磷酸塩からでん粉への変化が完全に進まないで、中間物として残るために米の品質が悪くなる。

磷酸を登熟期にも吸収させると、でん粉の化学構造に変化が起り、分枝組織が発達するといわれている。これは、炊飯特性の膨張容積や可熱吸水率が增大することでわかるし、飯に炊いたときの弾力性も高くなる。

磷酸追肥と登熟の関係について無磷酸、磷酸元肥、過磷酸追肥、硫加磷酸追肥、塩加磷酸追肥、磷酸安追肥の6区を設けて検討した。

その結果生育、収量に大きな差はなかったが、硫加磷酸、塩加磷酸、磷酸安追肥によって整粒割合、等級は高まり、玄米硬度、2mm以上の粒分布割合も多くなっており、磷酸追肥によって、玄米の品質が良くなる事が認められているので、追肥は窒素、加里だけでなく磷酸を含めて、要素を施用した方が良いと考えられる。

玄米粒中の磷酸の適当な含有量については、500mg%以下や1,000mg%以上では過不足である。

考えて良く、700~800mg%が適当であるといわれている。くず米類は1,000mg%以上の磷酸濃度が多い。

第5表 収量と玄米物理性

試験区名	穂数 (本/m ²)	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	硬 度 (kg)	搗精 歩会%
1. 無 磷 酸 区	354	46.5	20.2	10.0	91.0
2. 磷 酸 元 肥 区	405	49.1	20.8	10.2	91.2
3. 過 石 追 肥 区	444	49.2	21.0	10.8	90.8
4. 硫加磷安追肥区	444	49.7	20.8	10.2	91.8
5. 塩加磷安追肥区	449	50.0	20.6	10.3	91.8
6. 磷加安追肥区	464	51.2	20.8	11.0	92.0

注) 磷酸元肥 0.8kg/a 追肥 0.5kg/a

3. 加里追肥

加里はでん粉の合成に関係深く、根腐れ等の障害により最も抑制されやすい成分である。抑制された場合には稈が弱くなって倒伏したり、同化作用が衰えて稔実が悪くなり、粘弾性の弱

第7表 無機成分含有率 (%)

試験区名	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
1. 無 磷 酸 区	1.43	0.48	0.31	0.03	0.24	0.11
2. 磷 酸 元 肥 区	1.43	0.53	0.31	0.03	0.26	0.09
3. 過 石 追 肥 区	1.50	0.55	0.25	0.05	0.26	0.09
4. 硫加磷安追肥区	1.60	0.55	0.31	0.05	0.24	0.10
5. 塩加磷安追肥区	1.57	0.65	0.26	0.05	0.20	0.11
6. 磷加安追肥区	1.57	0.65	0.31	0.04	0.21	0.11

い米となりやすい。

また窒素との拮抗作用もあり、窒素以上に必要な成分であるが、灌漑水、土壌からの天然供給量が多いため、加里施肥は重要視されなかったが、塩基の吸収のところでべたように、うまい米作りに重要である点を再認識して、できるだけ吸収させねばならない。

根の障害により最も吸収の抑制されやすい成分であるので、乾田化、徹底した水管理により、根の健全化をはかる必要がある。珪酸、熔磷の多量施用により、登熟期になっても根の珪酸含量を10%前後に保って、根の活力を強くする方法もある。

む す び

うまい米づくりには磷酸や加里は大事であるが、窒素は特に重要である。とくに硝酸態窒素の施用による直接の効果以外に、吸収を促進された(%)

第6表 粒厚分布

試験区名	2.2 mm	2.1 mm	2.0 mm	1.9 mm	1.8 mm	1.7 mm	1.6 mm	残	2.0mm 以上
1. 無 磷 酸 区	1.1	14.9	44.2	30.7	7.0	1.2	0.4	0.5	60.2
2. 磷 酸 元 肥 区	0.8	8.6	41.2	34.2	8.5	2.8	1.7	2.2	50.6
3. 過 石 追 肥 区	0.4	6.8	44.4	34.2	8.8	1.4	1.4	1.6	51.6
4. 硫加磷安追肥区	0.9	10.6	48.6	30.5	6.2	1.5	0.7	1.0	60.1
5. 塩加磷安追肥区	1.5	17.5	47.7	24.8	5.7	1.4	0.5	0.9	66.7
6. 磷加安追肥区	1.5	16.1	49.8	25.5	5.2	0.9	0.5	0.5	67.4

塩基による相乗的な効果も期待できるし、現在最も求められている形態の肥料と考えられる。

しかし硝酸態窒素は土壌吸着がないので、流亡量が多いため、多量施用か分施肥回数をもくしなければ、その効果は期待できない。

多量施用では経済的な問題、分施肥回数を多くすると労力的な問題を伴い、米の生産費てい減の目標に反することになるので、硝酸態窒素の肥効の持続性をはかる方法を考えねばならない。

たとえば硝酸態窒素を主体とした緩効性肥料、あるいは被ふく肥料の開発等を考える必要があるのではないだろうか。

 <新しい米づくりと施肥>

硝酸態チッソによる 稲作の妙味

兵庫県主任専門技術員

菊 地 年 夫

◇ 稲作の5カ条

70年代の農業は「もうけ主義」, 「能率主義」「利己主義」などの経済合理性を脱し, ようやく新しい時代に対応しようとしている。

それは単に食糧の供給という機能だけではなく, 生活と文明の保護つまり人間性回復のための, 自然環境改善産業としての役割りを果さねばならなくなった。

したがって単に健康を害するほど無茶苦茶に働いて, ガムシヤラに儲けるような, 弱肉強食の農業は締め出されるものとみられる。

その中で, 稲作は一体どうなるのかということになると, 甲論乙駁いろいろあるが, つまるところ装置化とシステム化に集約されるようである。

ところが装置化とシステム化の土台になる技術の内容が不明確で, 今は文学的な表現に止まっているというのが実情であろう。

第1表 稲作の5カ条

No.	事 項
1	国際生産性 (最低コスト、高額配当)
2	最高品質性 (オール上米、屑米ゼロ)
3	完全登熟性 (転流中心、無選別出荷)
4	絶対健康性 (無病患災、安全食品)
5	快適作業性 (明るく楽しい作業)

そこで筆者はとりあえず第1表のように, 「稲作に対する5カ条の緊急課題」を提案し, 関係各位に建設的なご批判を賜りたいと思っている。

この5カ条については詳しくふれないが, 要するに, 稲作が終わったというのは全くの錯覚で, 世界の稲作をリードするためには, 最少限, これだけの課題を解決しなければならない—ことを訴えたい。

◇ 硝酸態チッソ肥料とハサミの関係

これまでのクラシックな常識によれば, 水田には硝酸態チッソは向かないと云われていたものである。

これは幾多の試験結果から得られたもので, 理論的にもスズは通っているとは思いますが, その試のやり方と硝酸態チッソ単用の点には, いささか問題が残っていると思われる。

つまりこれまでのテストはアンモニア態チッソと硝酸態チッソの比較で, 水田でロスが多い硝酸態チッソは肥効が劣り, どの試験成績も殆んど外なくアンモニア態チッソ有利を示した。

今回ご紹介しようとする「硝酸態チッソ稲作」というのは, アンモニア態チッソに対抗しようとするのではなく, むしろ硝酸態チッソとアンモニア態チッソとの相乗作用をねらうものである。

もっと詳しくいえば, 土壌改良資材などとの合効果を図ろうとするもので, 特に稲を健康に登熟を良好にするとともに, オール上米の稲作実用化するのが本旨である。

ところが各地の研究成績をみると, 必ずしう一定の傾向が認められないのは, アンモニア態チッソと硝酸態チッソを全く等量にし, その単収果だけにこだわり過ぎている試験が多い。

よく, ハサミと何とやらは使いよう—と云えるように, 硝酸態チッソの性質をよく生かしていないのは, 全くナンセンスといわねばならない。

◇ 硝酸態チッソで上米を増収した例

ここでは兵庫県内各農業改良普及所と筆者が, 1点5カ所の部分別と, 5斜線法などの方法的なやり方で得た成果をご紹介します。

1. 小粒食用米の場合

昭和42年から45年までの主なものをあげる。第2~8表のようアンモニア態チッソ区との量差は, 10a 当りの最高が約250kg(昭和42年三に達している。

その収量構成要素をみると, 少しの例外は; が, 多くの場合, 登熟歩合, 玄米千粒重がミ

り、米質も同等以上を示している。

なおこれらの優良事例では、肥料要素量を慣行田に比べると、ケイサン、チッソ、リンサン、カリ、苦土、石灰などの施用量が、約2〜3倍になっているのが注目される。

2. 大粒酒米の場合

山田錦の場合も、ほぼ小粒食用米と同じ傾向を示しているが、中には出穂期で4日、成熟期で7日の早熟化が認められた。

その主な成果は第9〜10表のようで、酒米の生命ともいべき心白の発現の差は、信じがたいほどに素晴らしい例がみられている。

なお不作といわれた昭和43年に、第10表(社普及所)のとおり登熟歩合が約30%の大差を示し、収量差も10a当り111kgとなっているほか、検査で1等米合格を得ていることは特筆に値する。

◇ 稲の生育調節も

硝酸態チッソで

忘れもしない昭和42年の西日本大干ばつのと看、例年より半月〜1カ月も田植が遅れた稲の生育促進に、筆者は硝酸態チッソの活用をすすめて好評を得た。

その後も分けつ後期の生育促進用には、迷うことなく硝酸態チッソの施用で、殆んど例外がないほどに、スカッとした効果をあげている。

第2表 昭和42年兵庫県米作王(豊岡農業改良普及所)

Table with 6 columns: 区分, 玄米重(kg/10a), 穂数(本/3.3m²), 1穂粒数(粒), 登熟歩合(%), 玄米千粒重(g). Rows include Ammonia and Nitrate treatments and their differences.

第3表 昭和42年多収種総合指導園 その1(柏原農業改良普及所)

Table with 6 columns: 区分, 玄米重(kg/10a), 穂数(本/3.3m²), 1穂粒数(粒), 登熟歩合(%), 玄米千粒重(g). Rows include Ammonia and Nitrate treatments and their differences.

第4表 昭和42年多収種総合指導園 その2(社農業改良普及所)

Table with 6 columns: 区分, 玄米重(kg/10a), 穂数(本/3.3m²), 1穂粒数(粒), 登熟歩合(%), 玄米千粒重(g). Rows include Ammonia and Nitrate treatments and their differences.

第5表 昭和42年現地展示園(福岡農業改良普及所)

Table with 6 columns: 区分, 玄米重(kg/10a), 穂数(本/3.3m²), 1穂粒数(粒), 登熟歩合(%), 玄米千粒重(g). Rows include Ammonia and Nitrate treatments and their differences.

第6表 昭和42年現地展示園(三原農業改良普及所)

Table with 6 columns: 区分, 玄米重(kg/10a), 穂数(本/3.3m²), 1穂粒数(粒), 登熟歩合(%), 玄米千粒重(g). Rows include Ammonia and Nitrate treatments and their differences.

注、A区の元肥は普通化成

第7表 (昭和43年 兵庫県農業改良普及所)

Table with 9 columns: 項目, 品 質, 玄米重(kg/10a), 収 量 構 成 要 素 (穂数, 総粒数, 登熟歩合), 玄米千粒重(g), 上 葉 身 位 長(cm), 稈 長(cm). Rows include Ammonia and Nitrate treatments and their differences.

その根拠は農林省北陸農業試験場で行なわれた、「水田における窒素の制御に関する研究」で、硝酸態チッソの有効期間が、その施用した成分量に正比例することである。

つまり硝酸態チッソの追肥をする場合、10a当りのチッソ成分量2kgでは2~3日間、5kgでは5~7日間という具合になっている。

特に有効分けつ決定期頃に、分けつ茎の有効化と稲の姿勢向上には、アンモニア態チッソは不向であることから、勢いこの硝酸態チッソの活用が安全なうえに、効果が出やすいのはいうまでもない。

ここで田面水中の硝酸態チッソの消長をみると、第1図のように10a当り2kg, 5kg, 14kgと、有効な日数の動きが理解できるので参照された。

◇ 肥料も量から

質の段階に

これまでの稲作は素朴なアンモニア態チッソ方式が中心に進められたため、健康という文字とスローガンはあっても、稲は全く病弱で、農薬なしには栽培不可能な状態であった。

まずチッソの適量をとってみても、アンモニア態チッソおよび硝酸態チッソの各単用と、その併用では全く異なり、チッソの偏用と多要素との混用でも、稲の反応が多様であることはいうまでも

ない。

もちろん分けつ依存度の高い手植稲と、母稲に近いバラまき稲の場合でも、肥効のテンポの関係で、必ずしも一定の傾向を示すとは限らない。

第8表 (昭和45年 兵庫県農業改良普及所)

普及所	区 分	項 目	品 質	玄米重 (kg/10a)	収 量 構 成 要 素				穂 長 (cm)	倒伏
					穂 数 (本/m ²)	総粒数 (粒/m ²)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)		
三原 (はりま) (元)	ア区	アンモニア態チッソ	—	497	379	—	—	24.0	85	多
		硝酸態チッソ	—	544	412	—	—	24.0	80	△
		差	—	47	33	—	—	0	(-) 5	
山崎 (みずほせ) (追)	ア区	アンモニア態チッソ	上	509	415	30,690	87	20.3	85	△
		硝酸態チッソ	上	563	620	43,130	87	21.4	78	△
		差	—	54	205	12,440	0	1.1	(-) 7	
山崎 (日本晴) (追)	ア区	アンモニア態チッソ	中	460	371	38,910	80	22.0	85	中
		硝酸態チッソ	上	583	416	45,560	90	24.0	87	△
		差	—	123	45	6,650	10	2.0	2	
篠山 (近畿33号) (追)	ア区	アンモニア態チッソ	—	468	272	—	—	—	74	△
		硝酸態チッソ	—	519	312	—	—	—	76	△

第9表 昭和42年 酒米の現地技術確認圖 (三木農業改良普及所)

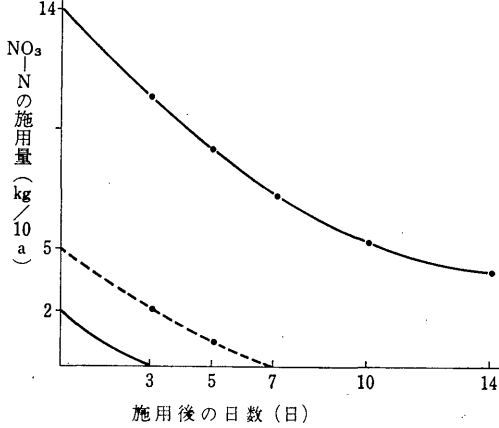
区 分	玄米重 (kg/10a)	穂 数 (本/3.3m ²)	1穂粒数 (粒)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	検査等級	備 考
横行肥料 (A)	475	994	73	78	27.5	2	山田鋪 6月20日 26×26cm 植 N-7.7 P ₂ O ₅ -3.5 K ₂ O-7.2
燐硝安加里 (B)	486	931	75	80	28.2	1	N-13.9 P ₂ O ₅ -13.3 K ₂ O-12.
A-B	11	-63	2	2	0.7	-1	

第10表 (昭和43年 兵庫県農業改良普及所)

普及所	区 分	項 目	品 質	酒米重 (kg/10a)	収 量 構 成 要 素				上 業 身 位 長 (cm)	稈 長 (cm)
					穂 数 (本/m ²)	総粒数 (粒/m ²)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)		
山崎 (元+追)	ア区	アンモニア態チッソ	中中	414	328	25,750	76	25.6	114	97
		硝酸態チッソ	上下	438	335	26,020	69	25.5	116	99
		差	—	24	7	270	(-) 7	(-) 0.1	2	2

普及所	区 分	項 目	品 質	酒米重 (kg/10a)	収 量 構 成 要 素				出 穂 期 (月日)	成 熟 期 (月日)
					穂 数 (本/m ²)	総粒数 (粒/m ²)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)		
社 (追)	ア区	アンモニア態チッソ	中上 (2等)	302	349	23,380	50	25.6	9.8	10.2
		硝酸態チッソ	中中 (1等)	413	320	19,010	78	26.3	.4	.1
		差	—	111	(-) 29	(-) 4,370	28	0.7	(早) 4	(早) 7

第1図 NO₃-Nの施用量と有効期間 (例) 第2図 稲の生育時期別チッソの好適比の例 (推定)



ただ共通していることは、稲が病弱化するようなチッソの与えかたを、これ以上続けることは、安全食品を生産する立場から問題である。

ここでチッソ肥料だけを取り出していても、生育

	栄 養 生 長 期		生 殖 生 長 期	
アンモニア態チッソ	6	5	4	3
硝酸態チッソ	4	5	6	7

アンモニア
態チッソ
硝酸
態チッソ

ステージ毎にアンモニア態チッソと硝酸態チッソの混合比をコントロールし、栄養生長と生殖生長に、それぞれ適応せしめるべきものと考えられる。

たとえばアンモニア態チッソ：硝酸態チッソは生育の初期と後期で逆転し、第2図のように6:4~4:6などのように改めるほうが、無毒の上米の高能率生産に有効となる可能性がある。

もちろん他の主な栄養も、ケイサン、カリなどすべてチッソと同じようなことが期待されるので、単成分のほかに肥料の質的な吟味が必要であろう。

●特集 植物に対する代謝栄養——その3

水稻に対する硝酸態窒素の利用と 体内有機成分の変動

北陸農業試験場 小 菅 伸 郎

1. はじめに

水稻に硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) を施用することが、抵抗なく受け取られるようになったのは、割合最近のことではないかと思う。

$\text{NO}_3\text{-N}$ がアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) に比べて、水稻に対する利用率が劣ることはまぎれもない事実であるが、その逃げ易い性質を逆用すれば、水稻の欲する時期に窒素をあたえることが可能で、水稻の生育をコントロールするに適しているといえる。が、それだけではなく $\text{NO}_3\text{-N}$ の施用にはいろいろなメリットが考えられる。

硝酸態窒素肥料に関しては多くの神話がある。この神話は仮空の伝説という意味ではなく、多くの経験的事実から来ているものである。硝酸態窒素肥料を使ってよい結果をあげた人達が、米作りに熱心な篤農家の方々だったことも、神話づくりに一役買っているようである。

この一つに、 $\text{NO}_3\text{-N}$ で作った米は品質や味が良いというのがある。この品質とか味は人間の感覚による判定で、多分に主観的であるために、科学的な裏付けがされにくいからいがある。

$\text{NO}_3\text{-N}$ を水稻に施用すると、体内のカルシウムやマグネシウムの含有率が高くなるという事実がある。これは陰イオンである $\text{NO}_3\text{-N}$ を吸収した場合に、植物体内のイオンのバランスを保つために、カルシウムとかマグネシウムのような陽イオンの吸収が助長されることが、以前から理論的に説明されている。このことは、本誌9月号にも品質や貯蔵性に関連して詳述されているので、本稿では割愛する。

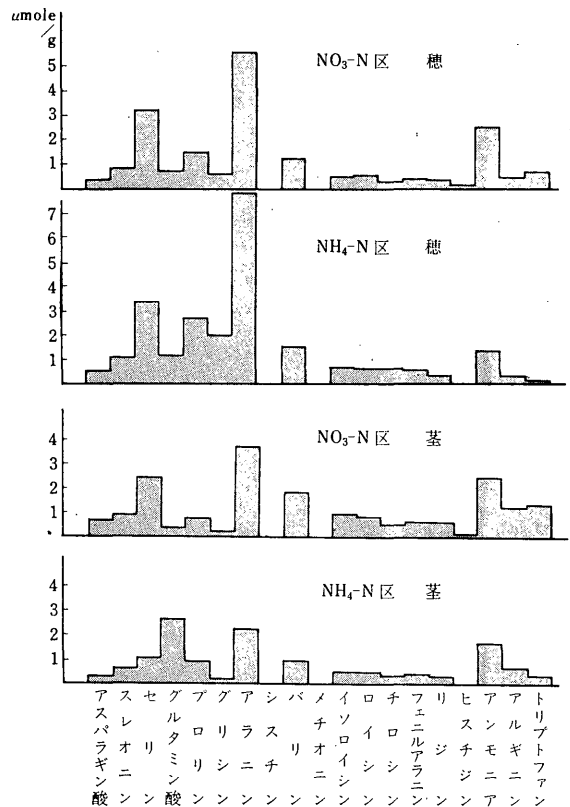
$\text{NO}_3\text{-N}$ を水稻に施用した場合、体内成分がどのように変わってくるかについては、水耕

試験でのデータが多く、圃場試験によるものは未だ積み重ねが少ないが、以下、北陸農業試験場でおこなわれた試験結果について、若干述べてみたい。この試験は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を穂肥から実肥にかけて追肥した区と、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の追肥区を対比したものである。

2. 窒素化合物特に遊離アミノ酸について

水耕試験と圃場試験の水稻では、同じ $\text{NO}_3\text{-N}$ をあたえた場合でも、窒素代謝にかなりの差があるようである。

圃場試験の水稻では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を追肥した直後
第1図 穂揃期の遊離アミノ酸含有率



でも、莖葉部で NO₃-N が検出されることはほとんどなく、吸収された NO₃-N は、すみやかに NH₄-N に還元されている。

このことは、NO₃-N を追肥した水稻の、アンモニア含有率が、NH₄-N 追肥区よりむしろ高くなっていることからいえる。

これに反して、水耕試験とか苗代の水稻体には、乾物 100g に数mg から、時には数 10mg の NO₃-N が貯えられ、必要量が徐々に NH₄-N に還元されて、高次な窒素化合物に合成されるという過程をたどるようである。

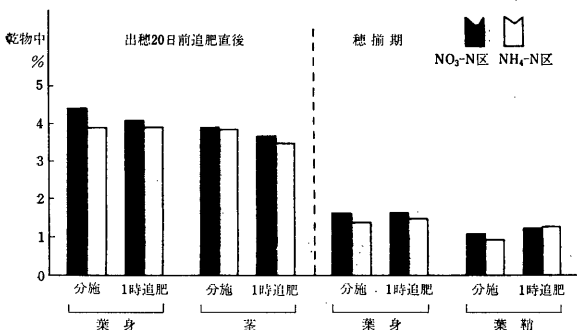
圃場試験で穂肥を施用した水稻について、穂揃期の遊離アミノ酸を測定した結果によると、NO₃-N 区と NH₄-N 区で、それほど顕著な差はあらわれていない。アミノ酸総量は、この時期がアミノ酸と蛋白質の反応が流動的であり、同じ試料について水溶性蛋白質を分析してみると、遊離アミノ酸の高いものは低く、低いものは高いことから、水溶性窒素化合物としては、大体同じくらいの含有率を示している。

個々についてみると、中酸性アミノ酸については一定の傾向がないが、塩基性アミノ酸すなわちアルギニン、リジン、トリプトファン、ヒスチジン等が、NO₃-N を追肥した水稻で多くなっているのが一つの特徴といえる。

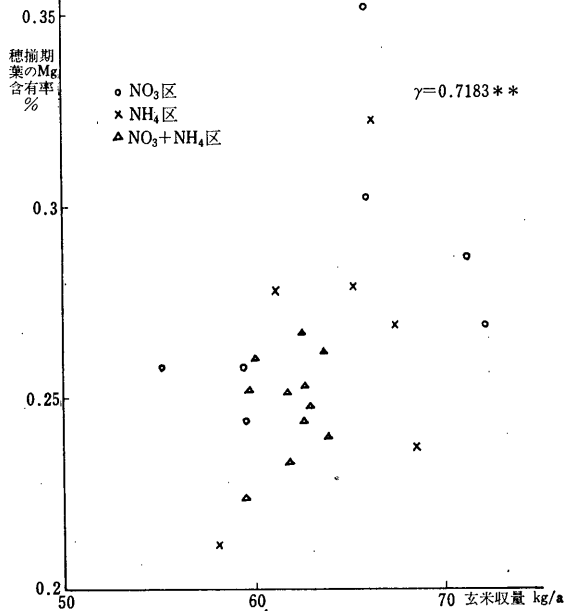
図には載せていないが、葉身や葉鞘でもこのことがいえるし、幼植物を NO₃-N で育てた場合でも、同様に塩基性アミノ酸の含有率が高くなっている。

これらのアミノ酸は栄養的にみて重要であり、また塩基性アミノ酸の多い米は食味がよいといわれているので、NO₃-N 施用と米の味の関連を解

第3図 水稻体中の還元糖含有率



第2図 穂揃期葉身中のMg含有率と玄米収量



く一つの鍵になると考えられる。

たゞし、米の蛋白質の大部分を占めるグルテリンの構成アミノ酸を分析した結果では、NO₃-N 追肥区と NH₄-N 追肥区の間、塩基性アミノ酸の差はみとめられなかった。

3. 炭水化物および磷酸について

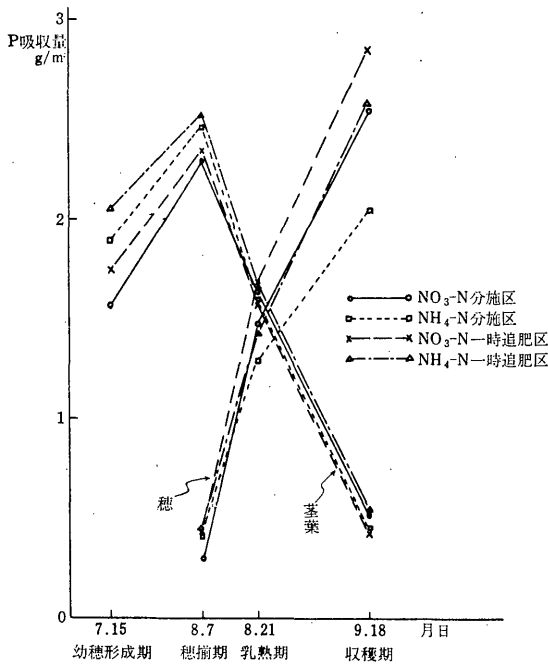
NO₃-N を吸収した水稻は、乾物生産能率とか玄米生産能率、すなわち吸収された窒素 1kg が、何kgの乾物なり玄米を生産するかをあらわした数値であるが、この値が NH₄-N を吸収した水稻より高いことが、数多くのデータからいえる。

これは最初に述べた NO₃-N 追肥区のマグネシウム含有率が高く、これが光合成をおこなう葉緑素の構成成分であることが一つの要因と考えられ、穂揃期の葉身のマグネシウム含有率と収量の間には、かなり高い相関がみとめられる。

炭水化物を分析した結果によると、追肥直後から穂揃期の葉身と葉鞘で、NO₃-N 追肥区の還元糖含有率が対照区より高く、光合成能力が旺盛なことを意味している。また過去の成績によると、苗代に NO₃-N を追肥した場合にも、還元糖の含有率は高くなっている。

次に磷酸の行動についてであるが、磷酸は陰

第4図 茎葉と穂のP吸収量の時期別変化



イオンであるために、NO₃-Nの施用によって、一時的に吸収が抑制されているが、乳熟期から収穫期にかけて、茎葉から穂へ移行する量がNH₄-N追肥区より多い傾向にある。

このことは、カリウムの転流についてもいえるが、磷酸は糖の代謝に密接な関係があり、NO₃-Nを追肥した水稻では、葉身で生成された糖の穂への転流が、より円滑におこなわれる結果、玄米生産能率が高くなるのではないかと推定される。

また還元糖は次に述べる根の活力に、酸化呼吸酵素系の基質として関係するのではないかと考えられる。

4. 根の活力と酸化酵素

NO₃-Nを吸収した水稻の発根力や、根の酸化力が高いことは、苗についての試験結果でもあきらかであるが本田での追肥についても、各種の根の活力診断をおこなった。

たゞし本田に生育した水稻では、根の先端を損なわずに採取することが、ほとんど不可能なために、水稻試験を併

用した。

その結果によると、NO₃-N区はNH₄-N区に比較して、発根率（水稻根を切断して蒸留水中に稈基部を浸し、再生してくる根の乾物重を地上部乾物重で除し、100を乗じた値）、根のα-ナフチルアミンおよび二価鉄(Fe⁺⁺)の酸化力、根のカタラーゼおよびパーオキシダーゼ活性、青酸による根の呼吸阻害等がいずれも高く、NO₃-N追肥区は鉄系の酸化酵素（カタラーゼおよびパーオキシダーゼ）の働らきが活発であり、これが根の酸化力を旺盛にしていると考えられる。

強湿強還元の水田では、根の障害によるいわゆる秋落ち現象がおこりやすく、NO₃-Nの追肥が、これに対抗する根の活力を高めることに効果があるといえる。

また土壤の面からみても、NO₃-Nの施用にともなう脱窒は、一面からいえば土壤に酸素をあたえるわけで、肥効の面からはマイナスであるが、土壤の酸化還元電位を高めて、還元状態を緩和する仕事をしていることになる。

水稻が生活を営むためにはエネルギーが必要であるが、このエネルギーは糖の酸化による呼吸によって、ATPと呼ばれる磷酸化合物の形であたえられる。

糖が焦性ブドウ酸（ピルビン酸）を通して、炭酸ガスと水に分解される過程には、有機酸が順次酸化されてATPを生産するクエン酸回路があるが、この他にもATPの生成が少ない呼吸系が考えられる。

カタラーゼとパーオキシダーゼは、過酸化水素(H₂O₂)を分解する作用を持つので、この酵素系が働らくことは、体内でH₂O₂を生産する酵素系が強いことが推定される。これには特に水稲

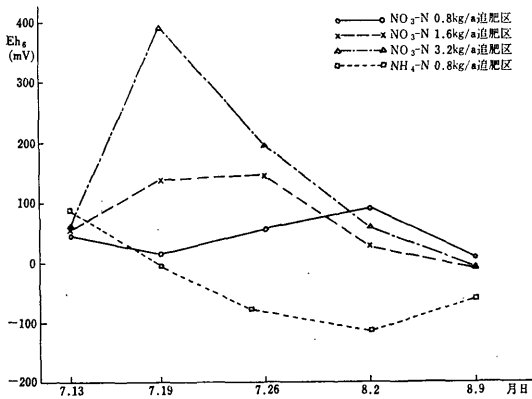
根の酸化力の測定(水耕試験)

区名	項目	Fe ⁺⁺ 酸化力 (γ/根の乾物mg)	αナフチルアミン酸化力 (γ/根の乾物mg)	KCNによる呼吸阻害率(%)
NO ₃ -N区		62.8	1.252	23.2
NH ₄ -N区		42.5	0.684	18.8

酵素活性の測定(水耕試験)

区名	酵素名 部位	カタラーゼ (Qkat 30分)		パーオキシダーゼ (Qco ₂ 5分)		チトクロムオキシダーゼ (Qo ₂ 60分)	
		根	葉身	根	葉身	根	葉身
NO ₃ -N区		37.1	30.6	149	50.5	0.505	—
NH ₄ -N区		9.2	14.9	123	46.5	0.428	—

第5図 土壌酸化還元電位の変化 (概試験)

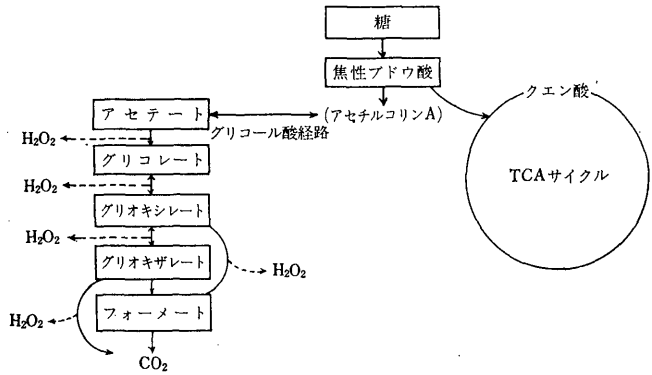


でみられる、ピルビン酸からクエン酸回路を通らないグリコレート—グリオキサレート系の回路が考えられる(ピルビン酸から5分子のH₂O₂が生成される)。

NO₃-Nを追肥した水稻の有機酸を分析した結果によると、NH₄-N追肥の水稻に比べてグリコール酸が多い。

このことと、カタラーゼ、パーオキシダーゼ活性の高いことから、NO₃-N追肥区でグリコレート—グリオキサレート系の酸素回路が、

第6図 糖のグリコール酸回路による酸化



水稻体中の有機酸含有量

区名	有機酸の種類						
	フマル酸	コハク酸	グリコール酸	リンゴ酸	クエン酸	α-ケトグルタル酸	
NO ₃ -N区	葉身	+++	++	++++	+++	+++	—
	茎	++	+++	—	+	++++	—
NH ₄ -N区	葉身	++	+++	++	++	++++	—
	茎	+++	++	—	++	++++	+

活潑に働いていることが推定される。

5. 結 語

はじめに述べたように、圃場試験で水稻にNO₃-Nを施用した場合の代謝成分については、

まだ十分なデータがあるとはいえない。

一つには、これらの成分は消長はげしく分析結果はある断面をとらえたものであるともいえるが、養分吸収、体内代謝、根の活力といった面で、NO₃-Nの施用がNH₄-Nとは異なった、すぐれた作用を水稻にあたえていると思われる。

NO₃-Nは、穂肥から実肥にかけての追肥がよいということは定説になっているが、飛躍的な多収をあげた例は、きめの細かい施肥設計による場合に限られている。しかし使用方法如何によっては初期の追肥に効果のある場合があり、直播栽培への施用もよい結果が得

られると考えられる。

施肥試験のデータはだいぶ多くなっているのですが、本年度の米作不振から、単位面積あたり多くの生産をあげるため

の技術が見なおされている昨今、安定多収といった面で、施肥法についての組織的な取まとめが必要であると思う。

