

●特集 植物に対する代謝栄養——その3

水稲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

水稲に硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) を施用するといことが、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、水稲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、水稲の欲する時期に窒素をあたえることが可能で、水稲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。この神話は架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きらいがある。

$\text{NO}_3\text{-N}$ を水稲に施用すると、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。

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

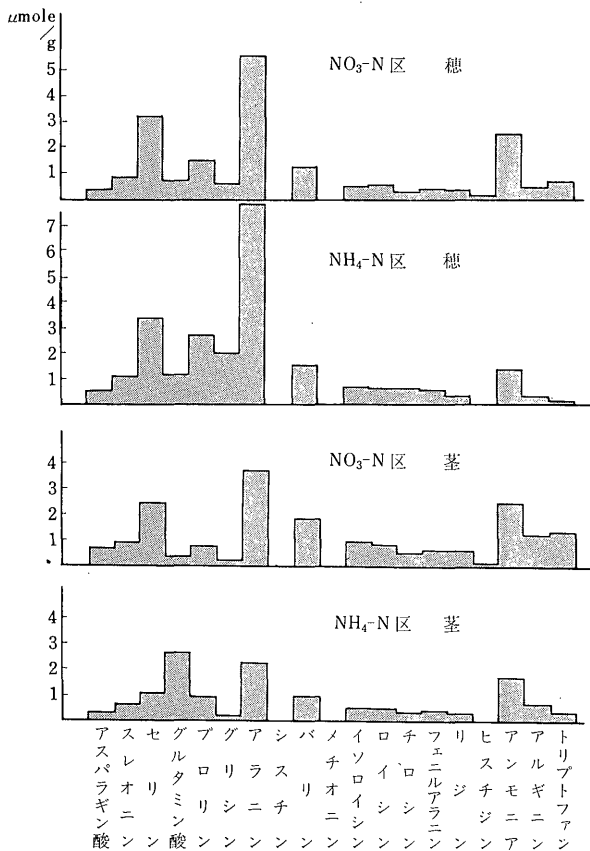
試験でのデータが多く、圃場試験によるものは未だ積み重ねが少ないが、以下、北陸農業試験場でおこなわれた試験結果について、若干述べてみたい。この試験は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を穂肥から実肥にかけて追肥した区と、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の追肥区を対比したものである。

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稲では、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。

圃場試験の水稲では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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、茎葉部で $\text{NO}_3\text{-N}$ が検出されることはほとんどなく、吸収された $\text{NO}_3\text{-N}$ は、すみやかに $\text{NH}_4\text{-N}$ に還元されている。

このことは、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を追肥した水稻の、アンモニア含有率が、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ が貯えられ、必要量が徐々に $\text{NH}_4\text{-N}$ 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。

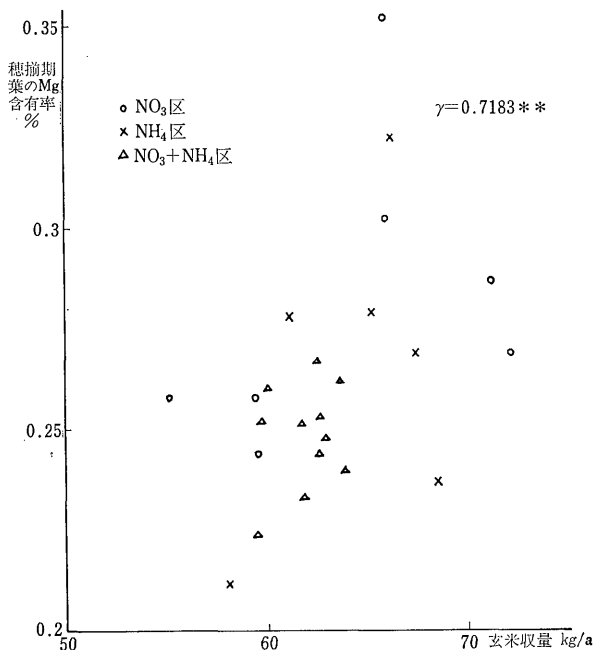
圃場試験で穂肥を施用した水稻について、穂揃期の遊離アミノ酸を測定した結果によると、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 区と $\text{NH}_4\text{-N}$ 区で、それほど顕著な差はあらわれていない。アミノ酸総量は、この時期がアミノ酸⇌蛋白質の反応が流動的であり、同じ試料について水溶性蛋白質を分析してみると、遊離アミノ酸の高いものは低く、低いものは高いことから、水溶性窒素化合物としては、大体同じくらいの含有率を示している。

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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用と米の味の関連を解

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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 追肥区と $\text{NH}_4\text{-N}$ 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

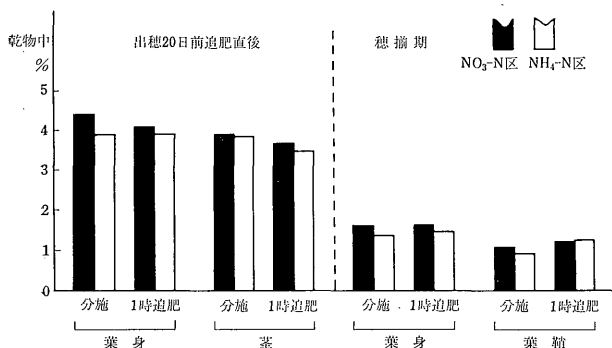
$\text{NO}_3\text{-N}$ を吸収した水稻は、乾物生産能率とか玄米生産能率、すなわち吸収された窒素 1kg が、何kgの乾物なり玄米を生産するかをあらわした数値であるが、この値が $\text{NH}_4\text{-N}$ を吸収した水稻より高いことが、数多くのデータからいえる。

これは最初に述べた $\text{NO}_3\text{-N}$ 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。

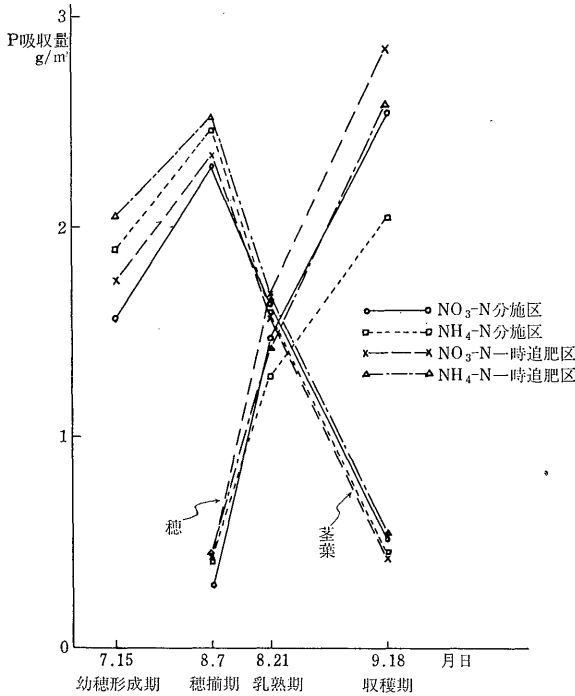
炭水化物を分析した結果によると、追肥直後から穂揃期の葉身と葉鞘で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 追肥区の還元糖含有率が対照区より高く、光合成能力が旺盛なことを意味している。また過去の成績によると、苗代に $\text{NO}_3\text{-N}$ を追肥した場合にも、還元糖の含有率は高くなっている。

次に磷酸の行動についてであるが、磷酸は陰

第3図 水稻体中の還元糖含有率



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溜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)の働りが活発であり、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の施用にとまなう脱窒は、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らえられる。

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。これには特に水稻

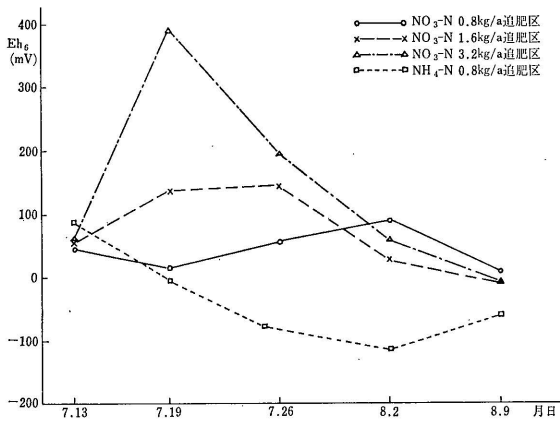
根の酸化力の測定(水耕試験)

区名	項目	Fe ⁺⁺ 酸化力 (%/根の乾物mg)	αナフチルアミン酸化力 (%/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	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 土壤酸化還元電位の変化 (概試験)

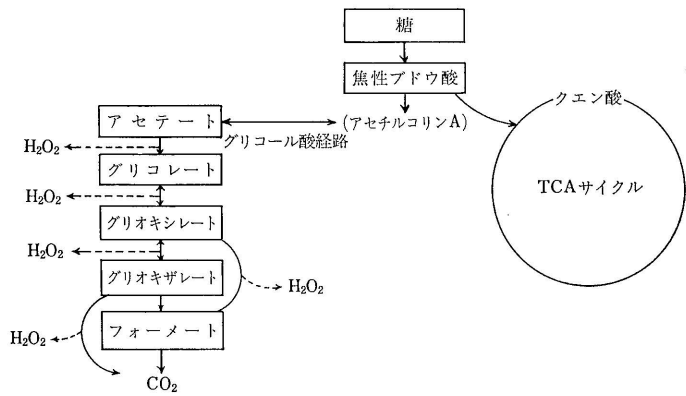


でみられる、ピルビン酸からクエン酸回路を通らないグリコレート——グリオキサレート系の回路が考えられる(ピルビン酸から5分子のH₂O₂が生成される)。

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	++	+++	—	+	++++	—	
NH ₄ -N区	++	+++	++	++	++++	—	
葉身	+++	++	—	++	++++	+	

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が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。