

〈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って、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/わら	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

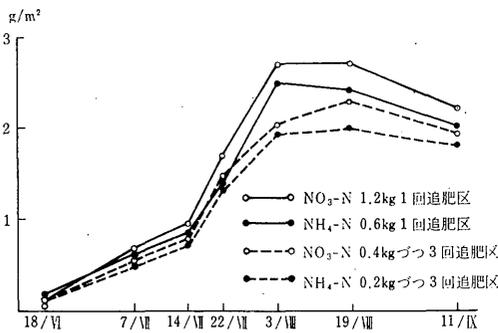
第3表 収量と粒厚分布 (%)

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

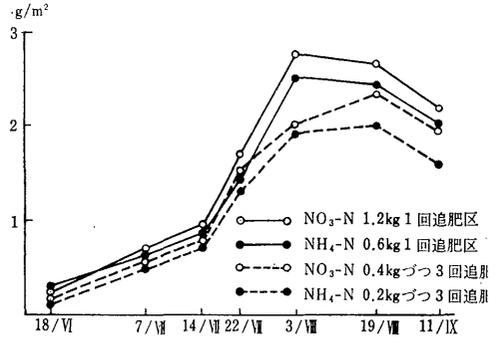
注) 1区 穂肥 アンモニア態窒素 0.4kg
3区 " " 硝酸態窒素 0.6kg

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)とアデニン磷酸の作用で、グルコース6磷酸塩になり、さらに酵素の作用でグルコース1磷酸になり、次に酵素の作用で磷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、分施肥回数をも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。