

システム施肥法による良食味米・高位安定生産

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	北田, 敬宇 塩口, 直樹 森正, 克英
巻/号	66巻2号
掲載ページ	p. 107-115
発行年月	1995年4月

システム施肥法による良食味米・高位安定生産*

生育・栄養診断基準の策定

北田敬宇**・塩口直樹***・森正克英**

キーワード 米, 食味, 窒素施肥, 生育・栄養診断, ブレークダウン

1. はじめに

水稻の高位安定生産と同時に高品質・良食味米生産を図ることが、今日わが国の稲作にとって重要な課題となっている。

米の食味に関係の深い要因として、竹生ら¹⁾は品種、産地および栽培方法の3つを挙げている。栽培方法については、窒素施肥により米粒中窒素含有率が高まり食味が低下することが報告されている^{2,10)}。食味に深く関係する理化学的特性として窒素、アミロース、カリウムおよびマグネシウム含有率のほかアミログラム特性等が知られている^{1,7)}。しかし、米粒中理化学的成分の食味評価に及ぼす影響度が定量的に明らかにされておらず、またこれらの食味関連成分を制御して良食味米・高位安定生産を図るための栽培技術として確立するには至っていない。

石川県における「コシヒカリ」は、作付比率が60%に達し、肥培管理の現場対応技術を確立するため、北田らは水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化予測によるシステム施肥法を確立してきた⁵⁾。しかし、米粒中窒素含有率の増加による食味の低下が懸念され、高品質・良食味米生産を加味したシステム施肥法の確立が求められていた。また、産米評価の地域間差異および年次間変動がみられ、品質・食味の高位平準化技術の開発についても求められていた。このため、品質・食味向上のための生育・栄養診断基準を策定し、高位安定生産を図っていくことが重要であると考えた。

そこで、まず米の食味評価に影響を及ぼす要因解析を行った。すなわち、米粒中化学性成分と食味との関係および施肥窒素量の相違が食味特性および食味評価に及ぼす影響を明らかにしようとした。次に、登熟過程におけ

る子実生産と米粒中窒素含有率との関係について検討し、良食味米・高位安定生産のための生育・栄養診断基準を策定しようとした。

本報告ではコシヒカリを対象に、システム施肥法による良食味米・高位安定生産技術の確立について検討したので報告する。

2. 試験方法

1) 米粒中化学性成分と食味

本県の代表的な水田土壌の種類である灰色低地土およびグライ土水田において、1990年から1992年にかけてコシヒカリを供試した栽培管理条件の異なる各種調査圃の米粒中化学性成分(N, P, K, Mg)と、食味官能試験による総合評価との関係について解析した。米粒中化学性成分は、粒厚1.8mm以上の玄米を供試した。窒素含有率はケルダール法により定量し、リン含有率は、硝酸・過塩素酸による湿式分解後、バナドモリブデン法により比色定量した¹⁰⁾。カリウムおよびマグネシウム含有率は同様に湿式分解後、カリウムは炎光光度法により、マグネシウムは原子吸光光度法により測定した¹⁰⁾。食味官能試験は、パネル人数は当農業試験場職員20~25人で、場内のコシヒカリ慣行栽培のものを基準米にし、同時に供試した3試料の外観、香り、味、粘りおよび硬さの5つの項目を-3~+3の7段階に相対値で評価し、これら総合評点で評価した¹²⁾。

解析の方法として、一つは総合評価別(0.2≤0≤<0.2, -0.2≤<0, <-0.2)の米粒中化学性成分について集計して解析し、もう一つは数量化I類による解析であり、まず米粒中化学性成分の度数分布表を作成し、各カテゴリーに所属するサンプルの数がかたよらないようにカテゴリー区分を行い、次にこの区分により総合評価と各化学性成分について、駒澤⁶⁾による数量化I類のコンピュータプログラムを用い、統計解析した。

2) 窒素施肥と米の食味特性成分

灰色低地土水田では1992年および1993年に、グラ

* 本報告の一部は、1994年日本土壌肥科学会京都大会で発表した。

** 石川県農業総合試験場(920-01 金沢市才田町4 295-1)

*** 同上(現在、石川県庁 920 金沢市広坂 2-1-1)

1994年6月10日受理

日本土壌肥科学雑誌 第6巻 第2号 p.107~115 (1995)

第 1 表 食味官能試験による総合評価別の米粒中化学性成分

総合評価	標本数	米粒中化学性成分			
		N (g kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)
0.2 ≤	37	12.4 ± 1.5	3435 ± 204	2591 ± 175	1237 ± 91
0 ≤ ~ < 0.2	44	14.1 ± 1.0	3494 ± 263	2581 ± 198	1324 ± 389
-0.2 ≤ ~ < 0	33	13.9 ± 1.1	3463 ± 240	2520 ± 190	1276 ± 83
< -0.2	46	14.8 ± 1.0	3520 ± 284	2678 ± 205	1322 ± 126

1990~1992 年度における各種調査圃の米粒中化学性成分について、総合評価別に集計した。

い土水田では 1993 年において、基肥および追肥窒素量の異なる処理を組み合わせた区を設定し、施肥の時期・量が、生育・収量、玄米の粒質および米粒中食味特性成分（アミロース含有率、アミログラム特性）に及ぼす影響を調査した。試験は 1 区 2 連制で行い、分析値は 2 連の平均値で示した。玄米の粒質分布は、完全米、青米、腹白、乳白米等に分類して、粒数比で表示した。食味特性成分の分析には、搗精歩合を約 90% に調整したものを 50 メッシュ以下に粉碎して供試した。アミロース含有率は、テクニコン社製オートアナライザー II 型を用いて JULIANO の方法⁹⁾に準じて比色定量した。アミログラム特性はブラベンダービスコグラフを用い、得られたアミログラムより最高粘度およびブレイクダウンを求めた¹³⁾。

なお、1990 年から 1992 年は生育期間を通して気象条件が良好で作況指数が 96~102 の普通年であり、1993 年は 6~8 月にかけての低温・寡日照が稲体の軟弱化や乾物蓄積量の減少をもたらした。作況指数が 88 の不良年であった。

3) 米粒中窒素含有率の支配要因と生育・栄養診断

2.2) で示した圃場について 1992 年および 1993 年に、出穂期以降約 10 日ごとに稲体部位別の窒素および程中の貯蔵炭水化物含量を測定し、稲体中の同化産物および窒素の蓄積・転流が米粒中窒素含有率に及ぼす影響について検討した。炭水化物含量は可溶性糖類とデンプンとの合計値とし、アントロン硫酸法により比色定量した¹³⁾。また、追肥窒素の適量施用を判定するため、¹⁵N トレーサー法により測定を行った。すなわち、無底の鉄枠に 2 株を移植し、追肥には 10.2 atom% の ¹⁵N 硫酸水溶液としてのおのおの 2 g N m⁻² を表層施用した。成熟期に水稻株を採取し、体内の ¹⁵N atom% を質量分析法により測定した。

水稻の生育・栄養診断には、2.1) で示した各種圃場において、幼穂形成期および出穂期に調査した SPAD 502 型による葉緑素計値、草丈および基数の値を用いて、籾数の推定について検討を行った。

3. 試験結果および考察

1) 米粒中化学性成分と食味評価との関係

食味官能試験による総合評価別の米粒中化学性成分について集計し、解析した結果を第 1 表に示した。リン、カリウムおよびマグネシウムを除き、窒素では含有率が高いほど総合評価が低下し、窒素含有率が 14 g kg⁻¹ 程度以上で食味評価の大幅な低下が認められた。

総合評価と米の化学性成分との関係について、数量化 I 類により統計解析した結果を第 2 表に示した。得られた重相関係数は 0.609 と高い値を示した。偏相関係数およびカテゴリ数量は、各アイテムが総合評価に寄与する割合を示す指標であり、したがってその値が大きいかほど総合評価を高めることになる。その結果、偏相関係数から判断すると、米粒中窒素含有率が食味評価に大きく寄与し、またカテゴリ数量から判断すると、窒素含有

第 2 表 数量化 I 類による総合評価と米粒中化学性成分との関係

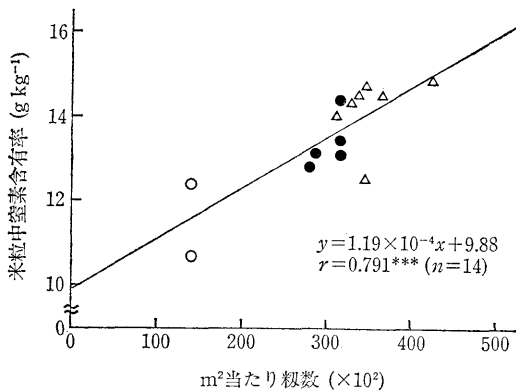
アイテム	カテゴリ	カテゴリ数量	偏相関係数
N	<13	0.249	0.552
	13 ≤ ~ < 14	0.040	
	14 ≤ ~ < 15	-0.028	
	15 ≤	-0.218	
P	<3300	-0.038	0.168
	3300 ≤ ~ < 3500	-0.002	
	3500 ≤ ~ < 3700	0.053	
	3700 ≤	-0.046	
K	<2400	0.026	0.202
	2400 ≤ ~ < 2600	-0.014	
	2600 ≤ ~ < 2800	0.056	
	2800 ≤	-0.088	
Mg	<1200	0.042	0.114
	1200 ≤ ~ < 1300	-0.035	
	1300 ≤	-0.003	
重相関係数 (標本数)		0.609(160)	

第 1 表で用いた総合評価および米粒中化学性成分データについて、数量化 I 類により統計解析した。

率が 14 g kg^{-1} 以上で食味評価の低下が認められた。中鉢⁹⁾は、宮城県におけるササニシキの食味に影響する玄米窒素濃度として 13 g kg^{-1} 以上を提示しており、これは石川県のコシヒカリよりやや低い値であった。

2) 窒素施肥が米の食味特性および食味評価に及ぼす影響

収量と生育時期別窒素吸収量および収量構成要素との関係を解析した結果、収量は、年次および土壌の種類を問わず、穂揃期から成熟期にかけての窒素吸収量が多いほど高く、主に m^2 当たり粒数および登熟歩合の増加に起因していた(表省略)。これは、既報⁹⁾の結果と一致した。また、 m^2 当たり粒数が多いほど米粒中窒素含有率が高い傾向が認められたので、両者の関係を第1図に示



第1図 穂の窒素保有量別の m^2 当たり粒数と米粒中窒素含有率との関係

○, 穂の窒素保有量 $< 6 \text{ g m}^{-2}$; ●, $6 \leq < 8 \text{ g m}^{-2}$; △, $8 \leq \text{g m}^{-2}$.

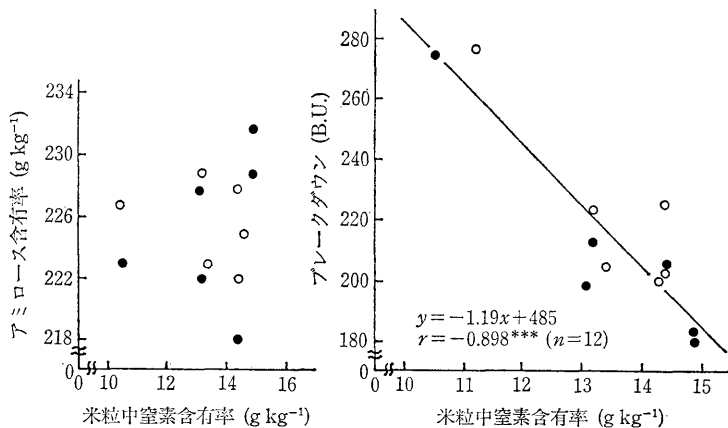
した。米粒中窒素含有率は、 m^2 当たり粒数が多いほど高い値を示し、この傾向は穂の窒素保有量が $6 \leq < 8 \text{ g m}^{-2}$, $8 \leq \text{g m}^{-2}$ の範囲でそれぞれ認められた。

米粒中窒素含有率とアミロース含有率およびアミログラム特性値としてのブレイクダウンとの関係を第2図に示した。窒素含有率はアミロース含有率との相関が認められなかったが、ブレイクダウンとは密接な相関が認められ、窒素含有率が低いほどブレイクダウンが高まった。図示していないが、最高粘度はブレイクダウンと同様、窒素含有率と負の高い相関が認められた。窒素の肥培管理面から米の食味特性と食味評価についてみると、出穂前35日の中間追肥施用区や出穂後3日の実肥施用区では、窒素含有率が 14 g kg^{-1} 以上と高く、またアミログラム特性値が低い値を示し、食味評価が大幅に低下した。

以上の結果、米粒中窒素含有率は水稻の窒素吸収量および m^2 当たり粒数により大きく変動し、食味評価に影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、米の食味特性として、化学性成分では窒素が、物理的性状ではアミログラム特性が深く関係していることが認められた。

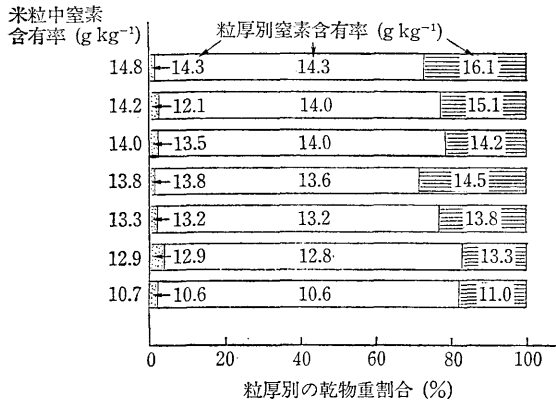
3) 登熟過程における子実生産と米粒中窒素含有率との関係

米粒中窒素含有率ごとの粒厚別窒素含有率を第3図に示した。米粒中窒素含有率が高いほど、粒厚2mm以上の乾物重割合が低い傾向にあり、また粒厚別窒素含有率はいずれも高かった。この結果は、籾の炭水化物集積量が多いと大きな粒厚の米生産が図られ、その結果、米粒中窒素含有率が低下するものと推察された。そこで、



第2図 米粒中窒素含有率とアミロース含有率およびブレイクダウンとの関係

○, 灰色低地土水田; ●, グライ土水田。
1993年度の調査結果を示す。

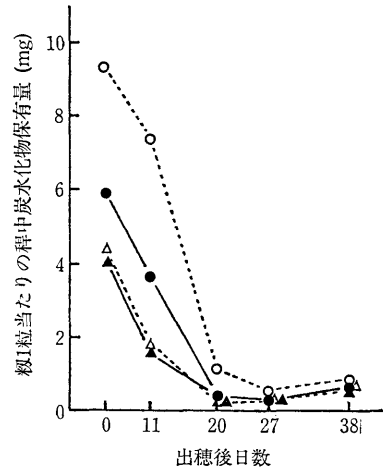


第 3 図 米粒中窒素含有率ごとの粒厚別窒素含有率
 ■, 粒厚 2.2 ≤ mm; □, 2.0 ≤ ~ < 2.2 mm;
 ▨, 1.8 ≤ ~ < 2.0 mm.
 灰色低地土水田における 1992 年度の調査結果を示す。

ソースとシンクとの関係から米粒中窒素含有率の支配要因について、以下検討する。

米粒中窒素含有率は、成熟期の窒素吸収量が多いほど、また m² 当たり粒数が多いほど高まることを 3.2) で述べた。そこで、米粒中窒素含有率に及ぼす粒数の影響を除くため、乾物生産速度および窒素吸収速度を粒 1 粒当たりとして算出し、結果を第 3 表に示した。窒素含有率が低いほど乾物生産速度および窒素吸収速度とも高く、また乾物生産速度のほうが相対的に高い傾向が認められた。粒 1 粒当たりの乾物生産速度に対する窒素吸収速度の比は、窒素含有率が低いほど低い値を示した。

籾へ転流する同化産物量は、茎葉に蓄えられた炭水化物含量に影響されるので、稈中炭水化物保有量の登熟過程における推移を 1992 年について第 4 図に示した。粒 1 粒当たりの稈中炭水化物保有量は、米粒中窒素含有率の多少にかかわらず出穂後 0 日から 20 日にかけて急減し、その後平衡状態を示した。また、窒素含有率が低いほどより高く推移した。同様の傾向は、低温・寡日照で推移した 1993 年についても認められたが、稈中炭水化



第 4 図 粒 1 粒当たりの稈中炭水化物保有量の推移
 ○, 米粒中窒素含有率 < 12 g kg⁻¹; ●, 12 ≤ ~ < 13 g kg⁻¹; △, 13 ≤ ~ < 14 g kg⁻¹; ▲, 14 ≤ g kg⁻¹.
 灰色低地土水田における 1992 年度の調査結果を示す。

物保有量はいずれも出穂期で 1992 年の 50% 以下と少なかった。稈中炭水化物保有量の登熟初期における著しい減少は、同化産物の穂への移行が円滑に行われていることを意味し、このことが穂重増加に大きな影響を及ぼしているものと考えられる。

同化産物の穂への転流は、イネの形質、とくに倒伏により阻害され、米の粒質にも大きな影響を及ぼしていると考えられる。そこで、イネの形質と米の粒質との関係を第 4 表に示した。葉長が長く、葉色が濃く推移するほど倒伏が助長され、その結果、完全粒割合が低く乳白米の発生率が高かった。

したがって、米粒中窒素含有率の低い良食味米・高位安定生産を図る場合、出穂期までに粒数に応じた貯蔵炭水化物量を確保することが重要となる。また、米の粒質は稲体の貯蔵炭水化物量やそれが穂へ円滑に移行したか否かにより影響を受けることが確認された。翁ら¹⁴⁾は、登熟初期における貯蔵炭水化物の供給の多少が強勢頭花数の多少と関係し、このことを通じて穂による同化産物

第 3 表 粒 1 粒当たりの乾物生産速度および窒素吸収速度の推移

米粒中窒素含有率 (g kg ⁻¹)	標本数	乾物生産速度 (mg d ⁻¹)			窒素吸収速度 (mg d ⁻¹)			窒素吸収速度/乾物生産速度		
		出穂後 0~11日	11~20日	20~27日	0~11日	11~20日	20~27日	0~11日	11~20日	20~27日
14 ≤	7	0.60 ± 0.13	0.88 ± 0.13	0.64 ± 0.38	5.6 ± 1.3	9.7 ± 2.1	8.3 ± 3.7	9.3	11.0	12.9
13 ≤ ~ < 14	3	0.62 ± 0.15	0.99 ± 0.21	0.65 ± 0.11	6.1 ± 1.0	10.1 ± 2.2	8.1 ± 4.0	9.8	10.2	12.4
12 ≤ ~ < 13	3	0.76 ± 0.22	1.28 ± 0.42	0.74 ± 0.16	7.2 ± 1.7	10.6 ± 2.9	9.3 ± 2.7	9.4	8.2	12.5
< 12	1	1.19	1.95	1.03	9.8	11.8	14.4	8.2	6.0	13.9

灰色低地土水田における 1992 年度の調査結果を示す。

第4表 イネの形質と米の粒質

倒伏程度* 標本数	葉長** (cm)	葉緑素計値			完全粒割合 (%)	乳白米発生率 (%)
		穂揃期	穂揃期後10日	穂揃期後10日		
4~5	2	60.3	38.2	39.3	79.7	14.3
3~4	3	59.6	36.6	38.3	83.2	9.5
0~3	2	55.3	33.1	35.6	88.4	6.2

* 倒伏程度は 0~5 の 6段階とし、数字が大きいほど倒伏程度が著しい。

** 葉長は上位2葉の合計値で、出穂後10日の調査結果を示す。灰色低地土水田における1992年度の調査結果を示す。

の受け入れ能力が影響されることを報告している。長戸・江幡⁹⁾は、乳白粒はシンクとソースのバランス異常により発生することを指摘している。したがって、同化産物の転流が阻害されないよう、とくに倒伏を回避することが重要となる。

以上の結果、米粒中窒素含有率は、出穂期前に稲体に貯蔵された炭水化物量および出穂期以降における籾1粒当たりの乾物増加量と窒素集積量のバランスにより影響されることが示唆された。また、良食味米・高位安定生産を図る場合、出穂期までに籾数に応じた貯蔵炭水化物量を確保するとともに、出穂期以降でも受光態勢を良好し、同化能を高く維持することが重要となる。

4) 良食味米・高位安定生産のための生育・栄養診断基準

土壌の種類別、収量別、米粒中窒素含有率別の生育時期別窒素吸収量および収量構成要素を1990~1992年の普通年についてとりまとめ、結果を第5表に示した。土壌の種類、収量を問わず、米粒中窒素含有率が低いほど各生育時期の窒素吸収量、穂数およびm²当たり籾数が少なく、また登熟歩合が高い傾向を示した。m²当たり籾数は、登熟歩合と密接に関係して米粒中窒素含有率を左右し、良食味米・高位安定生産のための生育診断指標として重要な因子と考えられる。

そこで、良食味米・高位安定生産として、収量が5500 kg ha⁻¹以上で、かつ米粒中窒素含有率が14 g kg⁻¹未満におけるイネの形質をとりまとめ、結果を第6表に示した。グライ土水田では標本数が少ないものの、土壌の種類を問わず、m²当たり籾数が多いほど生育時期別窒素吸収量が高く推移する傾向が認められた。また、生育時期別窒素吸収量は、グライ土水田のほうが灰色低地土水田に比べ高い値を示し、これは多収水準における水稲の窒素吸収パターン⁴⁾に比べると低く、成熟期についてみると、灰色低地土水田で10~30 kg ha⁻¹、一方、不良年においては、収量5000 kg ha⁻¹以上で、かつ米粒中窒素含有率14 g kg⁻¹未満におけるイネの形質をとりま

第5表 土壌の種類別、収量別、米粒中窒素含有率別の生育時期別窒素吸収量および収量構成要素

土壌の種類	収量 (kg ha ⁻¹)	玄米窒素含有率 (g kg ⁻¹)	標本数	窒素吸収量 (ka ha ⁻¹)			穂数 (本 m ⁻²)	m ² 当たり籾数 (×10 ²)	登熟歩合 (%)
				幼穂形成期	穂揃期	成熟期			
灰色低地土水田	6000 ≤	<13	0						
		13 ≤ ~ <14	8	42	93	99	416	288	84.0
		14 ≤	11	50	107	124	441	306	80.5
	5500 ≤ ~ <6000	<13	5	46	95	111	409	302	85.6
		13 ≤ ~ <14	3	40	90	95	416	309	81.6
		14 ≤	0						
	<5500	<13	10	34	52	64	356	212	90.7
		13 ≤ ~ <14	3	47	101	105	396	309	74.7
		14 ≤	4	58	102	111	421	305	82.4
グライ土水田	6000 ≤	<13	0						
		13 ≤ ~ <14	1	52	105	122	403	210	82.4
		14 ≤	8	53	120	134	434	226	77.6
	5500 ≤ ~ <6000	<13	1	62	105	114	425	274	87.3
		13 ≤ ~ <14	4	50	110	127	420	305	85.2
		14 ≤	13	50	108	130	389	285	84.9
	<5500	<13	11	43	66	78	350	232	90.9
		13 ≤ ~ <14	11	46	92	110	387	276	87.6
		14 ≤	15	48	108	127	400	293	89.2

各種調査圃における1990~1992年度の調査結果を示す。

第 6 表 普通年での良食味米・高位安定生産 (収量 5500 kg ha⁻¹ 以上, 米粒中窒素含有率 14 g kg⁻¹ 未満) における m² 当たり籾数別の生育時期別窒素吸収量および収量構成要素

土壌の種類	m ² 当たり 籾数 (×10 ²)	標本数	窒素吸収量 (kg ha ⁻¹)			茎数 (幼穂形成期) (本 m ⁻²)	穂数 (本 m ⁻²)	登熟歩合 (%)
			幼穂形成期	穂揃期	成熟期			
灰色低地土水田	<300	6	38±4	94±13	99±2	514±57	392±29	88.2±5.3
	300≤~<330	8	43±8	91±8	99±7	595±54	417±17	82.3±5.6
	330≤	5	48±2	93±7	116±6	551±36	436±12	81.5±3.4
グライ土水田	<300	3	55±4	109±3	122±5	570±57	423±21	87.2±0.0
	300≤~<330	1	43	111	120	586	416	85.7
	330≤	1	52	107	134	568	419	80.6

各種調査圃における 1990~1992 年度の調査データについて, 収量 5500 kg ha⁻¹ 以上, 米粒中窒素含有率 14 g kg⁻¹ 未満のものを抽出して整理した。

第 7 表 不良年での良食味米・高位安定生産における生育時期別窒素吸収量および収量構成要素

土壌の種類	標本数	窒素吸収量 (kg ha ⁻¹)			茎数 (幼穂形成期) (本 m ⁻²)	穂数 (本 m ⁻²)	m ² 当たり 籾数 (×10 ²)	登熟歩合 (%)
		幼穂形成期	穂揃期	成熟期				
灰色低地土水田	11	48±5	99±7	108±6	456±28	374±15	288	78.5±5.3
グライ土水田	4	47±2	98±12	109±8	431±11	360±13	295	71.1±3.4

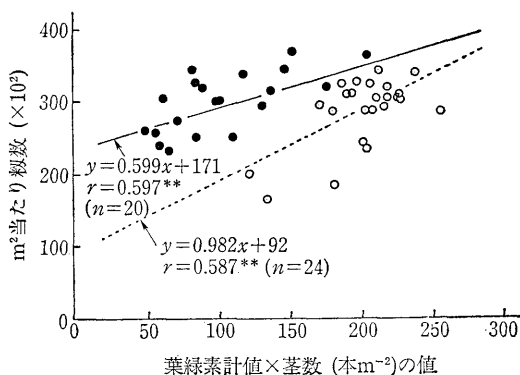
1993年度の調査結果を示す。

とめ, 結果を第 7 表に示した。低温寡照による収量への影響は, m² 当たり籾数が 30000 未満と少ないにもかかわらず登熟歩合が 80% を越えていないことから伺える。生育時期別窒素吸収量および収量構成要素は土壌の種類による差異は小さく, 幼穂形成期, 穂揃期および成熟期の窒素吸収量はそれぞれ, 45, 100, 110 kg ha⁻¹ 程度であった。さらに, 穂数が 360~370 本 m⁻² であり, これは m² 当たり籾数がほぼ同じ普通年の値に比べ 5~15% 少なかった。

以上より, 良食味米・高位安定生産における生育時期別窒素吸収量が, 土壌の種類ごとに, m² 当たり籾数別に指標化することができた。また, 不良年では生育時期別窒素吸収量とともに, 籾数を制御することが重要であると考えられた。

5) 良食味米・高位安定生産のためのシステム施肥法の確立に向けて

当年の稲体の生育状況や気象条件の推移などの情報に基づいた肥培管理指標の普及を図っていく場合, 目標とする水稲の窒素保有量と土壌窒素吸収量との差を, 生育時期を追って補足していくシステム施肥法が有効な方法であることをすでに報告した⁹⁾。良食味米・高位安定生産を目指したシステム施肥法を組み立てる場合, まず幼穂形成期において生育・栄養診断を行い, 立毛中の水稲の窒素保有量および m² 当たり籾数を推定する必要性が示唆された。水稲の窒素保有量は, 葉緑素計値×草丈×

第 5 図 葉緑素計値×茎数の値と m² 当たり籾数との関係 (幼穂形成期)

○, 灰色低地土水田; ●, グライ土水田。

各種調査圃における 1990~1992 年度の調査結果を示す。

茎数の値として推定することが可能である⁹⁾。籾数の推定について検討した結果, 第 5 図に示したように, 灰色低地土およびグライ土水田とも葉緑素計値×茎数の値と m² 当たり籾数との間に高い正の相関が認められた。穂揃期においては, 現場での簡易診断法として有効であるので検討した結果, 両土壌とも両者間に高い正の相関があることを確認した。

以上の結果, 立毛中の水稲の籾数は, 葉緑素計値×茎数の値として推定することが可能であり, 各土壌の種類・生育時期により以下の式で示された。

灰色低地土水田

幼穂形成期 $y=0.982x+92.1$ $r=0.587^{**}$ ($n=24$)

穂揃期 $y=1.231x+116.6$ $r=0.754^{***}$ ($n=24$)

グライ土水田

幼穂形成期 $y=0.599x+171.4$ $r=0.597^{**}$ ($n=20$)

穂揃期 $y=1.235x+108.3$ $r=0.762^{***}$ ($n=20$)

y : m^2 当たり籾数 ($\times 10^3$), x : 葉緑素計値 \times 茎数 (本 m^{-2}) の値. この式が不良年においても適用できることを確認した.

さらに、気象条件の推移に対応した最適な窒素施肥量を判定する際、施肥窒素の水稲による利用率の年次変動を検討する必要がある。追肥窒素の利用率を灰色低地土水田について ^{15}N トレーサー法により測定し、結果を第8表に示した。普通年では、出穂前 25, 17, 10, 3 日および出穂後 4 日の利用率はそれぞれ、50, 70, 60, 65, 65% 程度であり、すでに報告⁹⁾した値とほぼ一致した。施肥窒素の穂への分配率は 76~84% であり、施肥時期が遅いほどより高い値を示した。不良年では、出穂前 17, 3 日および出穂後 4 日の利用率はそれぞれ 60, 45, 45% 程度であり、普通年に比べ 10~20% 低く、施肥時期が遅いほどより低い値を示した。穂への分配率は、いずれの時期も平年に比べ 20% 程度低い値を示した。施肥窒素の利用率は土壌の種類による大きな差異がない⁹⁾ことから、上記の結果はグライ土水田についても適用できるものと考えられる。

このように、施肥窒素の水稲による利用率の年次変動が明らかとなった。また、出穂前 3 日以降の追肥では施肥窒素の穂への分配率が 80% を越えるので、良食味米生産を図るには、この時期以降の追肥はできるだけ控える必要性が示唆された。

気象変動の予測には、金沢地方気象台より 10 日ごとに出される北陸地方 1 か月予報が有効利用できると思わ

第 8 表 追肥窒素の水稲による利用率および穂への分配率

作 況	施 肥 時 期	標 本 数	利 用 率 (%)	分 配 率 (%)
普通年	穂肥 出穂前25日	2	51.6	76.1
	〳 17日	4	69.3 \pm 2.7	75.3 \pm 1.3
	〳 10日	1	59.4	73.7
	〳 3日	6	62.3 \pm 4.1	82.2 \pm 0.8
	実肥 出穂後4日	1	67.4	84.0
不良年	穂肥 出穂前17日	2	57.2	57.4
	〳 3日	2	44.8	63.0
	実肥 出穂後4日	2	42.7	64.0

灰色低地土水田について、普通年は 1992 年度の、不良年は 1993年度の調査結果を示す。

れる。これは、気温、降水量および日照時間について、平年に対する高低(多少)程度を3段階に表示したものである。これを参考にして、気象条件の推移に基づいた理想的な水稲の窒素吸収パターンおよび稲体形質を設定すればよい。

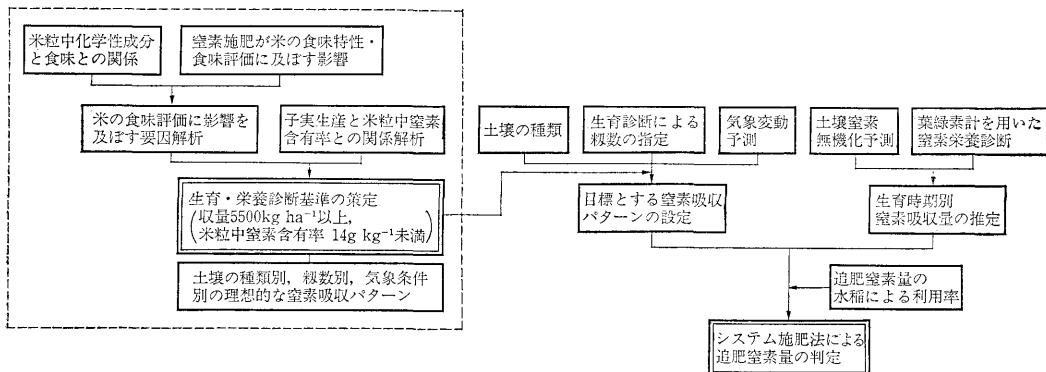
以上の結果、良食味米・高位安定生産のためのシステム施肥法は、生育時期を追って気象変動の予測を行い、生育・栄養診断に基づく理想的な水稲の窒素吸収パターンに誘導していくことにより可能になるものと考えられる。本システム施肥法のフローチャートは、第6図に示したとおりである。今後、この診断に基づくシステム施肥法の適用可能性について検討する必要がある。

4. 摘 要

コシヒカリを対象に、システム施肥法による良食味米・高位安定生産技術の確立について検討した。

1) 米粒中窒素含有率が食味評価に大きく寄与し、窒素含有率が $14 g kg^{-1}$ 以上で食味評価が低下した。

2) 米粒中窒素含有率は、水稲の窒素吸収量および m^2 当たり籾数により大きく変動した。また、米の食味特性として、窒素以外にアミログラム特性が深く関係し



第 6 図 良食味米・高位安定生産を旨としたシステム施肥法のフローチャート

ていることが認められた。

3) 米粒中窒素含有率は、出穂期前に稲体に貯蔵された炭水化物量および出穂期以降における籾 1 粒当たりの乾物増加量と窒素集積量のバランスにより影響されることが示唆された。

4) 良食味米・高位安定生産における生育時期別窒素吸収量が、土壌の種類ごとに、 m^2 当たり籾数別として指標化することができた。また、不良年では生育時期別窒素吸収量とともに、籾数を制御することが重要であると考えられた。立毛中の水稻の籾数は、葉緑素計値×茎数の値として推定できた。

以上より、良食味米・高位安定生産のためのシステム施肥法は、生育時期を追って気象変動の予測を行い、生育・栄養診断に基づく最適な水稻の窒素吸収パターンに誘導していくことにより可能になるものと考えられる。

文 献

- 1) 竹生新治郎・渡辺正造・杉本貞三・真部尚武・酒井藤敏・谷口嘉廣：多重回帰分析による米の食味の判定式の選定，*澱粉科学*，32，51～60 (1985)
- 2) 石間紀男・平 宏和・平 春江・御子柴穆・吉川誠次：米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響，*食総研報*，29，9～15 (1974)
- 3) JULIANO, B. O.: A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today*, 16, 334～360 (1971)

- 4) 北田敬宇：コシヒカリの多収水準における窒素吸収パターン，*土肥誌*，61，187～189 (1990)
- 5) 北田敬宇・宮川 修・塩口直樹：水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壤窒素無機化予測によるシステム施肥法，同上，62，585～592 (1991)
- 6) 駒澤 勉：数量化理論とデータ処理 (第 2 法)，p. 155～188，朝倉書店，東京 (1984)
- 7) 松江勇次・吉野 稔・原田皓二：北部九州における水稻品種のアミログラム特性，N, Mg, K 含量と食味の関係，*日作九支報*，56，43～44 (1989)
- 8) 長戸一男・江幡守衛：登熟期の高温が穎花の発育ならびに米質に及ぼす影響，*日作紀*，34，59～66 (1965)
- 9) 中鉢富夫・川島典子・武田良和・山家いずみ：土壌型と追肥時期の違いが玄米窒素濃度に及ぼす影響，*東北農業研究*，46，83～84 (1993)
- 10) 農林水産省農蚕園芸局農産課編：土壌環境基礎調査における土壌，水質及び作物体分析法，p. 61～88 (1979)
- 11) 農林省食糧研究所：米の品質と貯蔵，利用，食糧技術普及シリーズ，第 7 号，p. 29～41 (1963)
- 12) 作物分析法委員会編：栄養診断のための栽培植物分析測定法，p. 460～465，養賢堂，東京 (1976)
- 13) 植物栄養実験法編集委員会編：植物栄養実験法，p. 204～212，419～423，博友社，東京 (1990)
- 14) 翁 仁憲・武田友四郎・縣 和一・箱山 晋：水稻の子実生産に関する物質生産的研究，第 1 報，出穂期前に貯蔵された炭水化物および出穂後の乾物生産が子実生産に及ぼす影響，*日作紀*，51，500～509 (1982)
- 15) 山下鏡一・藤本堯夫：肥料と米の品質に関する研究，2 窒素肥料が米の食味，炊飯特性，デンプンの理化学的性質等に及ぼす影響，*東北農試報*，48，65～79 (1974)

Methods of Sustainable Production of a High Quality Rice Based on the Combination Method of Fertilizer Application —Estimations of Standard Value for the Diagnosis of Growth and Nutrition Status—

Keiu KITADA, Naoki SHIOGUCHI and Katuhide MORIMASA
(Ishikawa Prefect. Agric. Exp. Stn.)

Studies were carried to develop a method of sustainable production of a high quality rice based on the combination method of fertilizer application in Koshihikari.

1) The palatability was controlled by the nitrogen content in brown rice and it was low when the nitrogen content in brown rice exceeded 14 g kg^{-1} .

2) The nitrogen content in brown rice was controlled by the amount of nitrogen in the plants and the numbers of grains per square meter. There was a close correlation between the palatability and the amylographic characteristics of milled rice besides the nitrogen content in brown rice.

3) The nitrogen content in brown rice was affected by the amount of carbohydrate in the plants until the heading stage, and the relationship between the increase in grain weight per grain and the amount of nitrogen accumulated in grain per grain during the ripening period.

4) Control of the amount of nitrogen at the respective growth stage to sustainable production of a high quality rice was determined depending on the soil groups and the number of grains per square meter. On the unfavorable weather condition, it is important to control the number of grains in addition to the amount of nitrogen at the respective growth stage. The number of grains per square meter was estimated from measurement of leaf color and the number of

tillers.

Based on the results, it is considered that if meteorological variation is forecasted at the respective growth stage and the appropriate pattern of nitrogen absorption based on the diagnosis of growth and nutrition status is controlled, it may become possible to achieve sustainable production of a high quality rice based on the combination method of fertilizer application.

Key words breakdown, diagnosis of growth and nutrition, fertilizer application, palatability, rice

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., 66, 107-115, 1995)

評書

Soil Protozoa

J. F. DARBYSHIRE 編

24×16 cm, 224 pp., £ 37.50

CAB INTERNATIONAL (Oxon, U. K.), 1994 年

この著書は、1927年 H. SANDON による“The Composition and Distribution of the Protozoan Fauna in the Soil”以来、約70年ぶりの土壌原生動物の生態に関するテキストである。これまで土壌微生物生態学の研究対象は、主に細菌、放線菌、糸状菌などに限定されてきた。私達が原生動物の生態について知る知識の多くは、CUTLERの原生動物と細菌の変動パターンなどではないだろうか。

環境への負荷を考慮した農業システムへの関心の高まりから、土壌生態系を活用した技術開発が求められている。土壌生態系における原生動物の役割について考えるためにもタイムリーな出版といえよう。

このテキストは、共著者を含み11人がそれぞれの研究領域を論じている。CUTLERの年間変動データは水分や温度条件なども考慮し再検討する必要があることを示唆した編者の緒言に始まり、原生動物の形態的生理的特性と土壌の物理化学性から土壌中での分布を検討するとともに、土壌環境における計数や同定の難しさを指摘する第2章(A. J. COWLING)、そして土壌の団粒構造と土

壌水分条件を考慮したモデル系により原生動物の動態を解析する第3章(服部 勉)と続く。次に、食物連鎖の中で土壌中の炭素、窒素、リンなどの動態における原生動物の役割を(第4章:B. S. GRIFFITHS)、また土壌中の特異な場として根圏をとらえ、その窒素代謝における原生動物による細菌捕食活動の役割を(第5章:K. B. ZWART, P. J. KUIKMAN & J. A. VAN VEEN)、それぞれモデル的に解析している。第6章(M. PUSSARD, C. ALABOUVETTE & P. LEVRAT)では、原生動物の捕食が土壌微生物相に及ぼす影響を考察した上で、原生動物を生物防除に利用する可能性を検討している。原生動物を生物指標として利用し、灌水・施肥・農業散布・工業廃液などが生態系に及ぼす影響を評価する可能性については第7章(W. FOISSNER)で検討している。

細菌などを対象とした土壌生態学と比較しながら読み進めるうちに、土壌中での微生物(主に細菌)の代謝活性の促進や動態に対する原生動物の影響について考察を深めることができた。最近、土壌生態学にも遺伝子レベルでの情報を扱う技術が導入され活用されている。これらの技術と原生動物研究との接点が求められているように思われた。土壌原生動物生態学の今後10年間の発展が、土壌微生物生態学全体に少なからず寄与するであろう。土壌生態系に対する視点を広げるためにも、ご一読をおすすめしたい。

(北海道農業試験場 橋本知義)