

肥料と米の品質に関する研究(2)

誌名	東北農業試験場研究報告
ISSN	04957318
著者	山下, 鏡一 藤本, 堯夫
巻/号	48号
掲載ページ	p. 65-79
発行年月	1974年3月

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

山下鏡一・藤本堯夫

Studies on Fertilizers and Quality of Rice

II. The effects of nitrogen fertilization on eating quality and some physico-chemical properties of rice starch

Keiichi YAMASHITA and Takao FUJIMOTO

窒素肥料が米の食味に関係があるということは一般に云われているが、これを実証する科学的な研究報告はほとんどみられない。寺島¹⁰⁾は窒素用量試験の米について食味試験を行い、無窒素の米の食味はやや良いが、窒素施用量による影響を認めていない。米のタンパク質含量と食味との関係については、タンパク質含量の高い方が食味が不良であるという岡村⁶⁾、Juliano et al⁷⁾、や、逆に良いとするPrimo et al⁷⁾、や、両者の間に関係ないとする倉沢ら⁵⁾などの報告がみられ、これらの関係についての一致した結論が得られていない。

食味は嗜好の問題であるから、同一の米であってもテストする人によって評価が逆転することもあり得る。したがって食味試験を行うと同時に窒素の施用法によってデンプンの性質や炊飯の特性等がどのように変化するかについても明確に把握する必要がある。このような観点から、窒素の施用量や施用時期の違いによって米の食味に変化がみられるかどうかを官能試験で検討すると同時に、食味評価に関連するとみられる理化学的諸要因に対する影響について測定した。

炊飯の粘弾性の測定については、食品総合研究所、竹生新治郎博士から懇篤な助言をいただいた。厚くお礼申し上げます。

1 窒素施用法と米の食味

1.1 試験方法

(1) 供試材料

草型、耐肥性、食味に対する一般的評価等で対照的な東北における代表的品種フジミノリとササニシキの2品

種を供試し、昭和44、45年の2カ年同一栽培条件下で窒素施用法に関する試験を行い、これについて食味試験、米、デンプン等についての実験を行った。

試験場所：盛岡市下厨川 東北農試場内

土壌：腐植質火山灰土水田

規模：ほ場試験、1区30.8m²

栽植密度：25.8株/m² 1株3本植

移植期：昭和44年度5月28日、昭和45年度5月21日

収穫期：昭和44年度10月9日(フジミノリ)、10月13日

(ササニシキ)

昭和45年度9月21日(フジミノリ)、10月5日

(ササニシキ)

試験区の内容

試験区名	施肥量 (kg/10 a)				
	基肥			追肥 (N)	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	穂肥	実肥
8-0-0	8	15	8	0	0
8-3-0	8	15	8	3	0
8-6-0	8	15	8	6	0
8-0-3	8	15	8	0	3
8-0-6	8	15	8	0	6
8-3-3	8	15	8	3	3
12-0-0	12	15	8	0	0
12-2-0	12	15	8	2	0

備考 1.) 三要素とも単肥で施用、窒素は基肥を硫酸追肥は塩安を使用

2) 追肥の施用時期

昭和44年度	穂肥	フジミノリ	7月19日
		ササニシキ	7月24日
昭和45年度	実肥	フジミノリ	8月18日
		ササニシキ	8月26日
	穂肥	フジミノリ	7月11日
		ササニシキ	7月16日
実肥	フジミノリ	8月8日	
	ササニシキ	8月17日	

(2) 実験方法

食味のパネルテスト：食糧庁による「米の食味試験実施要領」に準じて実施した。ただし昭和44年度は相対的評価法，昭和45年度は絶対的評価法によって実施した。

1.2 試験結果

(1) 各試験区の生育と収穫物の調査結果

昭和44年度と昭和45年度は全く対照的な稲作気象条件下に生育した。昭和44年度は生育初期の低温によって活着不良すなわち生育不良，出穂遅延という生育経過をたどった。したがって基肥増施あるいは追肥の効果は明らかでなく，ササニシキは基肥の増施によって減収した。昭和45年度は稲作期間を通じてまれにみる好天に恵まれ順調な生育をし基肥増施，追肥の効果が見られた。

穂肥は両品種とも有効茎数と籾数を増大しているが，

一方，青米率を増大し，千粒重を低下した。特に昭和44年度にこの傾向が強かった。玄米の粒厚分布についてみると穂肥の施用は大粒の分布割合を減少し，逆に小粒の割合を増大している。

実肥施用は玄米を増収させたが，これは登熟の向上によるもので，穂肥の場合と違い千粒重の低下や青米率の増加がみられず，粒厚分布の変化も大きくない。

品種間で比較するとフジミノリの場合，施肥による影響が小さいが，ササニシキでは穂肥の施用で2.0mm以下の粒厚の割合が著しく増大する等の施肥による影響が大きく現れている(第1・2・3・4表)。

(2) 食味のパネルテストの結果

昭和44年度の結果では，フジミノリは実肥の施用で総合，味ともにいずれも評価点がマイナスになっており，特に実肥を多量に追肥した区はとびぬけて減点されている。ササニシキは基肥多量区が他の区に比較して著しく減点されているが，その他の区間には大差がない。フジミノリ，ササニシキとも総合，食味で減点された区では粘りがなく，硬いという点で一致している。

昭和45年度もフジミノリは昭和44年と同様実肥を施用した区の総合，味，粘りの点数がマイナスになっており，特に穂肥実肥の併用区の減点が大きい。ササニシキは全般に処理間の差が小さいが，いずれも窒素を多用し

Table 1 Yields and their components of rice (1969)

	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
Var. Fujiminori								
Weight of straw (ton/ha)	5.27	6.16	8.10	6.86	7.34	7.31	5.46	5.93
Weight of winnowed paddy (ton/ha)	5.90	6.64	7.25	7.24	6.22	6.93	5.92	5.58
Weight of abortive grain (kg/ha)	16	26	60	27	25	33	17	16
Weight of brown rice (ton/ha)	4.81 (100)	5.41 (113)	5.65 (117)	5.79 (121)	5.10 (106)	5.65 (117)	4.86 (101)	4.60 (96)
1000 grain weight of brown rice (g)	21.8	21.4	20.3	21.2	21.3	21.3	21.4	22.0
Percentage of greenkerneled rice (%)	8.3	12.2	22.7	10.8	7.1	8.4	11.1	11.0
Var. Sasanishiki								
Weight of straw (ton/ha)	5.50	6.56	7.57	6.19	6.60	6.81	5.07	5.61
Weight of winnowed paddy (ton/ha)	6.34	6.58	7.03	7.04	7.79	7.67	5.76	5.80
Weight of abortive grain (kg/ha)	69	119	222	80	11	106	43	39
Weight of brown rice (ton/ha)	5.09 (100)	4.81 (95)	4.90 (96)	5.63 (111)	5.75 (113)	5.63 (111)	4.55 (90)	4.67 (92)
1000 grain weight of brown rice (g)	22.2	20.3	19.1	22.1	22.7	20.4	21.5	21.4
Percentage of greenkerneled rice (%)	15.6	35.7	41.1	16.1	13.4	34.9	14.3	30.0

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

Table 2 Distribution of thickness in brown rice (1969)

Thickness (mm)	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
Var. Fujiminori								
2.2	5.9	4.1	2.4	2.6	4.6	3.3	9.5	14.5
2.2-2.1	30.6	27.8	17.7	22.7	28.9	26.2	34.2	37.8
2.1-2.0	53.7	55.3	59.6	62.5	55.9	57.7	47.9	41.0
2.0-1.9	5.9	7.3	9.9	6.7	6.5	7.2	4.9	3.6
1.9-1.8	2.2	3.1	5.7	2.7	2.4	2.7	4.9	3.6
1.8-1.7	1.4	2.1	4.3	2.3	1.4	2.3	1.1	1.1
1.7	0.3	0.3	0.5	0.5	0.2	0.5	0.3	0.4
Var. Sasanishiki								
2.2	4.4	0.8	0.2	4.0	8.6	0.6	4.6	4.0
2.2-2.1	27.8	10.3	5.6	27.2	30.9	11.7	25.2	23.2
2.1-2.0	52.2	57.0	47.2	54.7	51.2	57.5	53.0	56.0
2.0-1.9	7.5	14.5	19.5	8.7	5.1	14.5	8.7	7.9
1.9-1.8	4.4	8.3	11.8	3.2	2.1	8.0	4.6	5.1
1.8-1.7	3.2	7.7	9.8	1.9	1.6	6.7	3.2	3.1
1.7	0.6	1.3	3.9	0.4	0.5	0.9	0.5	0.9

(Weight Percentage)

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

Table 3 Yields and their components of rice (1970)

	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
Var. Fujiminori								
Weight of winnowed paddy (ton/ha)	6.28	8.40	8.89	6.95	7.77	8.25	8.23	8.40
Weight of abortive grain (kg/ha)	11	43	91	8	10	28	16	26
Weight of cleaned brown rice (ton/ha)	5.12 (100)	6.65 (130)	6.86 (134)	5.67 (111)	6.33 (124)	6.64 (130)	6.71 (131)	6.82 (133)
Weight of rice screenings (kg/ha)	46	269	407	34	58	156	67	83
1000 grain weight of brown rice (g)	21.7	21.0	21.2	21.7	21.3	21.5	21.6	20.9
Percentage of green kenneled rice (%)	1.5	11.8	16.5	3.2	4.8	14.2	7.0	10.6
Var. Sasanishiki								
Weight of winnowed paddy (ton/ha)	7.82	8.31 ⁺⁺	8.35 ⁺⁺⁺	8.65	7.95	9.35 ⁺⁺	8.96	8.75 ⁺⁺
Weight of abortive grain (kg/ha)	41	145	226	21	13	126	110	135
Weight of cleaned brown rice (ton/ha)	6.10 (100)	6.45 (106)	6.15 (101)	6.82 (112)	6.35 (104)	7.18 (118)	6.87 (113)	6.87 (113)
Weight of rice screenings (kg/ha)	241	297	595	211	129	427	392	249
1000 grain weight of brown rice (g)	21.9	21.8	21.2	22.1	22.4	22.0	21.8	21.2
Percentage of green kenneled rice (%)	11.4	14.7	25.8	7.5	4.4	11.2	9.5	15.2

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

Remarks: 1) Rice screenings = below 1.7mm
 2) ++, +++ degree of lodging

Table 4 Distribution of thickness in brown rice (1970)

Thickness (mm)	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
	Var. Fujiminori							
2.2	7.4	2.7	2.5	5.7	4.2	4.0	4.4	3.4
2.2-2.1	34.6	24.4	21.7	31.6	29.1	25.5	30.8	27.6
2.1-2.0	48.4	55.3	54.0	52.7	55.5	55.0	53.6	53.3
2.0-1.9	5.7	8.9	8.3	6.2	6.4	7.7	6.2	8.2
1.9-1.8	2.0	2.7	4.3	2.2	2.7	3.5	2.6	3.1
1.8-1.7	1.0	2.1	3.5	1.1	1.2	2.1	1.3	1.9
1.7	0.9	3.9	5.6	0.6	0.9	2.3	1.0	1.3
	Var. Sasanishiki							
2.2	3.2	2.5	0.6	2.6	2.4	1.7	1.8	0.8
2.2-2.1	20.7	16.6	8.3	19.2	16.5	13.6	14.4	8.1
2.1-2.0	59.3	61.8	59.6	62.5	65.0	62.8	62.5	70.4
2.0-1.9	8.4	9.2	12.1	8.7	9.0	10.2	10.1	10.6
1.9-1.8	3.0	3.4	5.8	2.7	3.3	3.8	3.5	4.2
1.8-1.7	1.7	2.1	4.2	1.2	1.7	2.3	2.1	2.4
1.7	3.8	4.4	8.8	3.0	2.0	5.5	5.4	3.5

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear Primordia forming-at heading

た場合の影響が大きく現れている。

品種間の違いについては、絶対的評価法によつた昭和45年度の結果からみると、全般にササニシキの方がフジミノリより総合、味ともに評価点数が高い。更にササニ

シキの場合、施肥による食味低下の割合も小さい。また、フジミノリは窒素の施用量より、施用時期による影響が大きく、ササニシキは窒素施用量の影響が大きい(第5・6表)。

Table 5 Sensory evaluation of cooked rice (1969)

	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
	Var. Fujiminori							
Over-all quality	0.25	0.29	0.25	-0.04	-1.42	0.00	0.71	0.13
Appearance	0.33	0.29	0.04	-0.01	-1.21	0.21	0.46	0.29
Aroma	0.13	0.17	0.21	0.08	-0.38	0.29	0.54	0.21
Flavor	0.04	0.29	0.38	-0.13	-1.29	-0.04	0.71	0.08
Cohesiveness	0.25	0.08	0.33	-0.04	-1.17	-0.08	0.50	-0.04
Hardness	0.04	0.58	0.29	0.33	1.04	0.50	0.75	0.21
	Var. Sasanishiki							
Over-all quality	0.29	0.42	0.25	0.13	0.25	0.08	-1.33	0.21
Appearance	0.42	0.21	0.33	0.00	0.25	0.17	-0.75	0.25
Aroma	0.25	0.29	0.17	0.08	0.50	0.08	0.04	0.25
Flavor	0.38	0.46	0.33	0.21	0.21	0.21	-1.13	0.17
Cohesiveness	0.21	0.58	0.25	0.04	0.13	0.13	-0.88	0.13
Hardness	0.50	0.04	0.54	0.50	0.50	0.17	0.71	0.08

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

Table 6 Sensory evaluation of cooked rice (1970)

	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
Var. Fujiminori								
Over-all quality	0.67	0.54	0.46	-0.13	-0.25	-0.50	0.04	0.25
Appearance	0.50	0.79	0.88	0.50	0.08	0.33	0.33	0.75
Aroma	0.38	0.46	0.75	0.04	0.17	0.25	0.00	0.63
Flavor	0.50	0.63	0.33	-0.17	-0.13	-0.63	0.29	-0.17
Cohesiveness	0.29	0.29	0.38	-0.38	-0.07	-0.58	-0.29	0.08
Hardness	0.68	0.67	0.71	1.33	1.08	1.13	0.92	1.33
Var. Sasanishiki								
Over-all quality	0.88	0.96	0.38	0.67	-0.08	0.58	0.17	1.00
Appearance	0.67	1.13	0.17	0.75	0.08	0.58	0.33	0.75
Aroma	0.58	0.83	0.33	0.58	0.25	0.58	0.38	0.58
Flavor	0.83	1.13	0.17	0.75	0.00	0.67	0.50	1.17
Cohesiveness	1.08	0.96	0.67	0.50	0.46	1.00	0.54	0.96
Hardness	0.42	-0.13	0.33	0.54	0.46	0.25	0.50	0.38

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear Primordia-at heading

2 窒素施用と炊飯特性ならびにデンプンの特性

2.1 試験方法

(1) 供試材料

昭和45年度に収穫した米を供試した。

(2) 実験方法

A 炊飯特性

竹生ら¹⁾による Dawsonの改変法によって測定した。すなわち、8gの精白米を高さ10cm、直径4cmの長円筒の金網かごの中にとり、これを160mlの水を入れたビーカーの中につるし、電熱式自動炊飯器を用いて一定条件で加熱し、次の4項目について測定した。

(a) 加熱吸水率

$$\text{加熱吸水率} = \frac{\text{炊飯米の重量}}{\text{使用精白米の重量}}$$

(b) 膨脹容積

加熱後の金網かご中の炊飯米の高さを測定して次式からみかけの容積を算出した。

$$\text{膨脹容積} = \pi r^2 h$$

r = 金網かごの半径 (cm)

h = 炊飯米の高さ (cm)

(c) 炊飯米のヨード呈色度

ビーカー中の炊飯液を200mlの定容フラスコに満たし、その1mlとヨード溶液(2% KI 中I₂ 0.2%) 2mlを100mlの定容フラスコ中で混合し、標線まで水で薄め、2ml

のヨード液を100mlに希釈したものを標準液として600mμの波長で吸光係数を測定した。

(d) 炊飯液中の溶出固形物

炊飯液10mlを秤量管にとり100~110℃で乾燥し、乾燥前後の重量差を炊飯液中の溶出固形物としてmgで表した。

B アミログラム特性

精白米を平工式振動粉碎器で微粉碎した米粉末40gに水450mlを加え、ブラベンダー・ビスコグラフィーを用いて、30℃から加温を開始し、1分間に1.5℃ずつ温度を上昇させ、93℃で10分間放置後更に30℃まで冷却し、その間加熱冷却による米粉の粘度変化を記録してアミログラムから各特性値を算出した。

C 飯米の粘弾性

竹生ら¹⁾の方法によって、飯米の粘弾性を平行板ブラスト・メーターを用いて測定した。すなわち、白米10gを特殊容器(ステンレス製の円筒—直径5cm、高さ5cm—で底部取り外し自由)に入れ水17.5mlを加え10分間水浸した後、電気炊飯器(東芝製、6合炊き型)で外釜に水33mlを入れて炊飯した。10分間蒸らして容器から取り出し、更に1時間38℃に保った後、平行板ブラスト・メーターの上下平行板の間にそう入し、35℃の条件で荷重をかけて米飯を押しつぶしていき、変形の状況をダイヤルゲージで読み取った。測定は荷重300gをかけて荷

重後の経時的変形度と、荷重200, 400, 600gの瞬間的変形度について行った。

粘弾性値は次式から求めた。

$$\text{粘性 (}\eta\text{)} = \frac{k \cdot 10^6 \cdot W}{m V^2} \text{ (poise)}$$

$$\text{弾性 (E)} = \frac{\omega \cdot 980}{H} \text{ (dyne/cm}^2\text{)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W = \text{荷重 (kg)} \quad \omega = \text{荷重 (g)} \\ m = \frac{h^{-4}}{t} \dots\dots \text{傾斜 (m}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}\text{)} \\ V = \text{試料の容積 (cm}^3\text{)} \\ h = \text{試料の厚み (cm)} \\ H = \text{試料の歪み (cm)} \\ k = 8.12 \text{ (定数)} \end{array} \right.$$

D 白米のアルカリ・テスト

江幡²⁾の方法で実施した。

E デンプンの理化学的特性

前報と同様にして実施した。ただしアルカリ・アミログラフィ¹⁾は、この実験では散乱光による比濁度でなく

透過率で測定した。

F 玄米中の窒素含量

ケルダール法によった。

2.2 実験結果

(1) 白米のアルカリ・テストと炊飯特性、アミログラフィ特性値

白米のアルカリ崩壊度は品種で異なり、フジミノリは窒素施用法の違いによる変化がほとんど認められない。

これに対しササニシキは基肥増施と穂肥追肥によって崩壊度が大きくなっている(第7表)。

炊飯特性の加熱吸水率、膨脹容積、ヨード呈色度、溶出固形物については、それぞれ4反復で測定したが、これらの測定値は溶出固形物以外は反復による変動が大きかった。フジミノリではこれら測定値と処理との間に一定の傾向がみられない。ササニシキは加熱吸水率とヨード呈色度とに処理による差がみられ、穂肥によって加熱吸水率とヨード呈色度(E)が増大した(第8表)。

Table 7 Alkali test values of milled rice (1970)

Varieties	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
Fujiminori	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.1
Sasanishiki	6.2	6.5	6.8	6.0	6.1	6.5	6.7	6.9

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear Primordia forming-at heading

Table 8 Cooking characteristics of milled rice (1970)

	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
	Var. Fujiminori							
Water uptake ratio	3.48	3.43	3.41	3.42	3.38	3.41	3.46	3.41
Expanded volume (ml)	39.3	37.3	37.3	38.4	37.8	37.3	39.0	38.3
Iodine blue value (E)	0.393	0.359	0.385	0.403	0.369	0.369	0.346	0.337
Total solids content (mg)	627	515	537	586	544	536	562	537
	Var. Sasanishiki							
Water uptake ratio	3.45	3.67	3.67	3.48	3.43	3.67	3.45	3.58
Expanded volume (ml)	39.6	40.5	39.1	39.3	39.2	39.9	38.3	40.9
Iodine blue values (E)	0.413	0.507	0.518	0.470	0.470	0.516	0.441	0.474
Total solids content (mg)	477	521	529	531	537	540	506	526

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

アミログラム特性値についても測定を繰り返したが、測定値にふれが大きく、特に糊化温度と最高粘度の場合に著しく再現性に欠け、施肥窒素との関係についても一定の傾向を見出せなかった。これに対して最低粘度と最終粘度は比較的安定した値を示し、穂肥の施用によって低下する傾向がみられた。また、ササニシキで実肥の施用が最低粘度と最高粘度の値を高くしているが、これが処理による差かどうか、この実験結果から断定できな

い(第9表)。

炊飯の粘性・弾性値の窒素施用法の違いによる変化は、それほど大きくないが、窒素との間にかなり密接な関係がみられる。基肥増施や追肥の施用によって粘性、弾性値は低下する傾向がみられる。両品種とも同様の傾向がみられるが、ササニシキの方が全般に粘性、弾性値がフジミノリより高い(第10表)。

Table 9 Amylographic characteristics of starch*

	Fertilizer**							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
	Var. Fujiminori							
Gelatinization temperature (°C)	80.2	80.8	80.0	81.2	81.5	80.6	80.5	80.7
Peak viscosity (B.U.)	520	564	478	530	495	499	503	539
Minimum viscosity (B.U.)	288	300	257	304	275	271	288	315
Final viscosity (B.U.)	790	807	732	788	756	767	766	817
Breakdown (B.U.)	232	263	222	226	219	228	215	224
Consistency (B.U.)	502	503	475	484	480	495	479	521
	Var. Sasanishiki							
Gelatinization temperature (°C)	79.5	79.0	79.3	79.5	79.8	79.7	80.2	80.9
Peak viscosity (B.U.)	528	523	484	608	568	487	516	572
Minimum viscosity (B.U.)	274	277	250	314	308	252	271	299
Final viscosity (B.U.)	818	786	721	835	822	736	775	812
Breakdown (B.U.)	254	246	234	294	260	235	244	273
Consistency (B.U.)	544	508	472	521	532	485	511	513

* Milled rice powder

** Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

Table 10 Apparent Viscosity and elasticity of freshly cooked samples of milled rice (1970)

	Fertilizer*						
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0
	Var. Fujiminori						
Viscosity ($\times 10^6$ poise)	2.02	2.13	1.70	1.90	1.85	1.92	1.85
Elasticity ($\times 10^5$ dyne/cm ²)	10.2	10.3	7.8	8.5	7.3	7.8	9.8
	Var. Sasanishiki						
Viscosity ($\times 10^6$ poise)	2.22	2.15	2.00	2.01	1.83	1.70	2.02
Elasticity ($\times 10^5$ dyne/cm ²)	10.3	9.8	8.9	9.3	9.3	8.2	10.3

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

(2) デンプンの特性

窒素施用法の違いによるデンプンのヨード呈色度の変化はほとんどみられず、基肥増量、穂肥施用でわずかに吸光度 (E) が増大する傾向がある (第11表)。

アルカリ・アミログラフィーとフォトペーストグラフ

イーでもフジミノリでは窒素施用法による変化はほとんど認められない。ササニシキでわずかに変化がみられ、アルカリ抵抗性は基肥増量と穂肥追肥によってわずかに増大し、無リン酸的な傾向を示した (第1・2・3・4 図)。

Table 11 Iodine blue values of rice starch (Extension E)

Varieties	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	120-0-0	120-20-0
Fujiminori	0.329	0.336	0.337	0.326	0.327	0.337	0.338	0.335
Sasanishiki	0.333	0.339	0.339	0.330	0.330	0.341	0.338	0.339

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

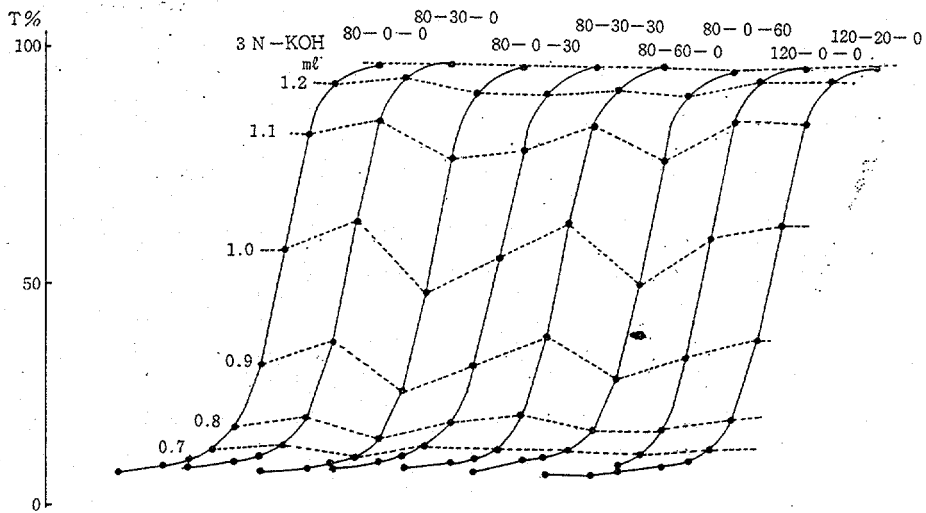


Fig. 1 Alkali-amylogram of rice starch as affected by nitrogen fertilization (Var. Fujiminori, 0.25% starch)

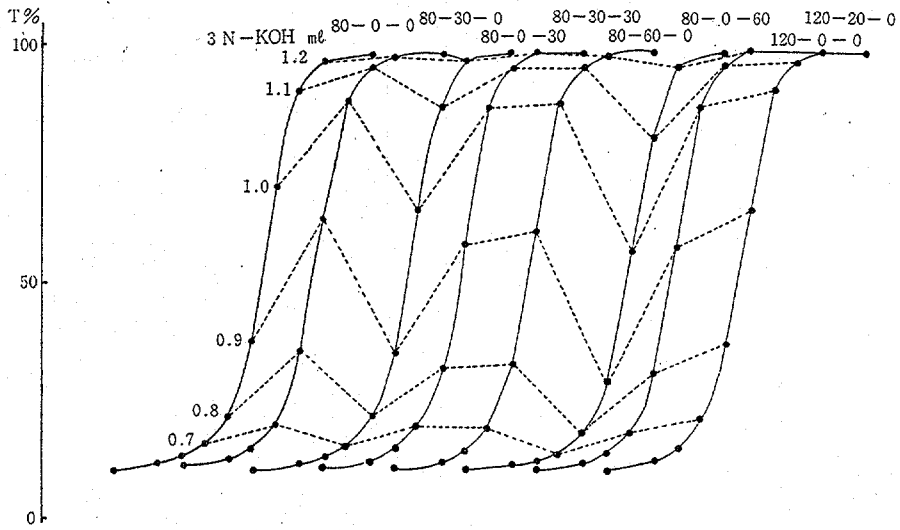


Fig. 2 Alkali-amylogram of rice starch as affected by nitrogen fertilization (Var. Sasanishiki, 0.25% starch)

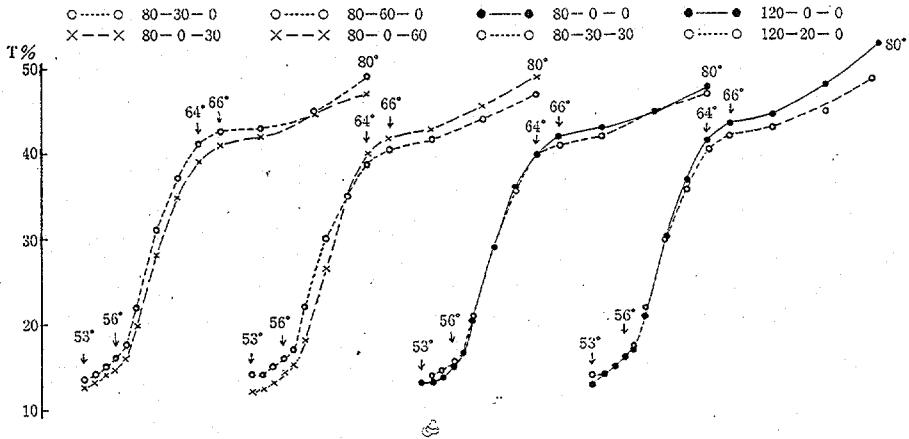


Fig. 3 Photopastograms of rice starch as affected by nitrogen fertilization (Var. Fujiminori, 0.25% starch)

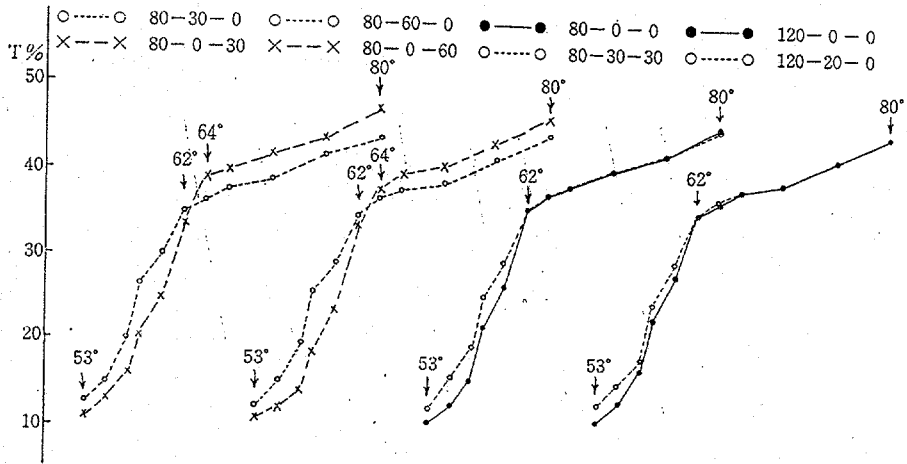


Fig. 4 Photopastagrams of rice starch as affected by nitrogen fertilization (Var. Sasanishiki, 0.25% starch)

(3) 玄米の窒素含量

昭和44, 45年の两年度を通じ窒素の増施によって玄米の窒素含量は増大したが、特に実肥の施用に伴う増加が顕著である。しかし、穂肥の場合3kg追肥では含有率に対する影響はみられず、むしろ含有率が低下している

場合もみられる。

品種間で比較するとササニシキよりフジミノリの方が全般に0.1~0.3%高い。さらに年次間では昭和45年の方が高い(第12表)。

Table 12 Nitrogen content of brown rice (% on dry matter basis)

Varieties	Fertilizer*							
	80-0-0	80-30-0	80-60-0	80-0-30	80-0-60	80-30-30	12-0-0	12-20-0
	(1969)							
Fujiminori	1.23	1.22	1.36	1.40	1.58	1.35	1.33	1.42
Sasanishiki	1.07	1.01	1.18	1.26	1.34	1.19	1.05	1.22
	(1970)							
Fujiminori	1.30	1.41	1.55	1.55	1.65	1.69	1.48	1.36
Sasanishiki	1.13	1.15	1.45	1.37	1.50	1.41	1.37	1.34

* Nitrogen applied kg/ha Basal-at ear primordia forming-at heading

3 考 察

施肥窒素の影響についての解析は、施用量と施用時期の両面からなされねばならない。施肥時期としては収量構成決定要素に及ぼす影響からみて基肥、穂肥、実肥の3時期が考えられ、これらの時期における施肥は、寒冷地から暖地までの基本的な施肥法となっている。これら施肥量、施肥時期による影響は、品種によって当然異なるので、草型、耐肥性で対照的なフジミノリとササニシ

キを供試した。

官能テストは2カ年同じ条件下で栽培したものについて実施したが、昭和44年度はそれぞれフジミノリ、ササニシキの標準栽培米を標準として相対的評価法によって、収穫後5カ月を経て実施した。昭和45年度は基準米を設けない絶対的評価法によって収穫後間もなく実施した。したがって、两年における官能値を直接比較することはできないが、それぞれの年次の傾向についての比

較は可能であろう。

官能値について平均値で 0.5 の差がある場合にはかろうじて判別できる程度であり、1 の違いは明瞭な差があるとみられるので、2 カ年の結果についてみると、窒素の施用法によって食味に明らかに影響があるとみてよい。

窒素の増量は総合と味の官能値を低下する傾向がみられる。施肥時期による影響は多少異なり、穂肥の場合は少量施用によって若干よくなる傾向もみられ、実肥と明らかに区別して考えるべき点が認められる。

穂肥と実肥では収量構成決定要素に与える影響は異なり、同じ増収効果が得られた場合でも効果の内容を異にする。穂肥では有効茎と籾数を増加し、更に同化機能の維持によって増収効果を発揮する。したがって、籾数の増加が、同時に屑米、青米等の増加や千粒重の低下を招き外観的な形質でマイナスの要因になりやすい。この点基肥の増投も同じ傾向を持っている。一方、実肥の方は穂数、1 穂粒数がもはや決定してからの追肥であり、その効果は同化能の維持増大にあるから、外観的な形質のマイナスの要因にはなり難い。

したがって、実肥は食味に対しては不利な施肥法であるが、検査等級によって判定される一次的品質に対して悪影響は少なく、穂肥の場合とは全く逆の関係を指摘することができる。

次に品種による違いについてみると、味の官能値はササニシキの方がフジミノリより全般に高い結果であり、一般における評価と一致している。フジミノリは実肥の施用で大きく減点され味の評価点数はマイナスとなっているが、ササニシキは最低の区でもマイナスになっていない。各品種における味の官能値の施肥窒素による影響は、多少傾向を異にし、フジミノリは施肥時期による影響が、また、ササニシキは施肥量による影響がより大きく現われる傾向がみられた。このことは、フジミノリは耐肥性が強く、穂重型で、生育後期における窒素の吸収力が強いこと、ササニシキは耐肥性が弱く、穂数型であるという品種的な特性を反映しているものと思われる。

食味の官能値に施肥窒素による差異が明らかに認められたことは、施肥窒素によって米粒中の成分の量、質的变化あるいは組織構造的な変化のいずれかが認められねばならない。

米の成分のうち、食味に対する影響はデンプンの性質による影響が最も大きいとされ、品種あるいは栽培環境による味の違い等は、デンプンの性質の違いによって説明されて来た。倉沢ら⁵⁾も米の食味特性はデンプンの理

化学的性質によってある程度説明することが可能であるとしている。

前報及びこの試験の結果によれば、窒素の施用量、施用時期がデンプンの性質に及ぼす影響は、品種によっては、認められるが、食味を変化する主要因となるほどの大きな変化は認められない。また、その変化の方向も従来云われている食味とデンプンの性質との関係と必ずしも一致していない。

これに対し、米粒中のタンパク質含量は窒素施用によって変化が著しく、白米中で 30~35% の増減がみられる。

そして玄米あるいは白米中の窒素含量と食味評価値との相関は第 5・6 図にみられるように極めて高い逆相関がみられる。したがって、施肥窒素に基づく食味の変化は、主として米粒中のタンパク質含量の変化に原因するものとみることができる。

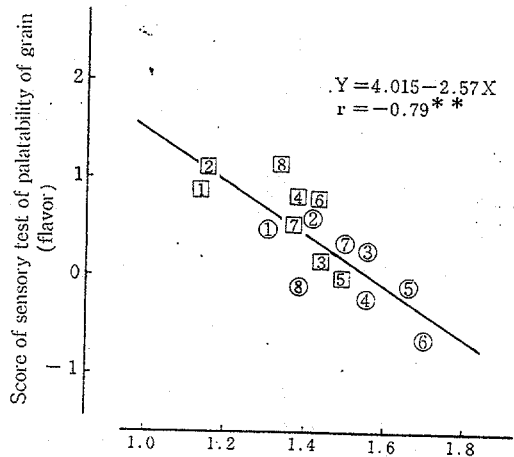


Fig. 5 Correlation between score of sensory test of palatability of grain and nitrogen content of grain
Nitrogen applied (kg/ha)

- 1. 80-0-0 2. 80-30-0 3. 80-0-30
- 4. 80-30-30 5. 80-60-0 6. 80-0-60
- 7. 120-0-0 8. 120-20-0

○ Fujiminori □ Sasanishiki

同一施肥窒素に対してフジミノリはササニシキよりも米粒中の窒素含量が高く、ササニシキは玄米の最高 N 1.5% でも評価値はマイナスになっていないが、フジミノリでは玄米の N 1.5% 以上の区があり、これらの区は

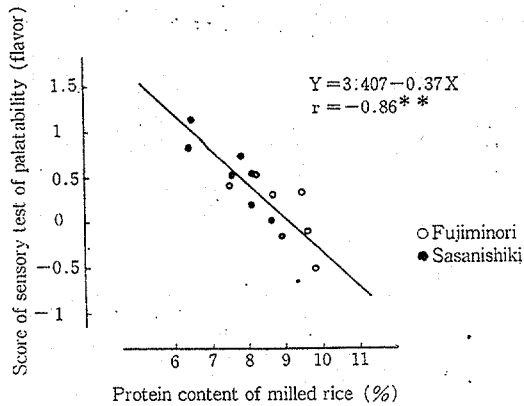


Fig. 6 Correlation between the score of sensory test of palatability and protein content of milled rice (flavor)

食味評価値も低くマイナスになっている。これからみて玄米 N1.5%, 白米のタンパク質で9%以上の場合に食味で問題になると思われる。

食味に関係した米の理化学的要因については、齊藤⁹⁾はヨード呈色度と固形物が低い値を示す米が関西で好まれることを報告し、倉沢ら⁴⁾は米飯の食味と炊飯後の溶

出液のデンプン-ヨウ素呈色度との間に負の相関を、また、米飯の食味と炊飯後の溶出固形物の量との間にも負の相関を認めている。この試験ではササニシキが穂肥によって炊飯後の溶出液のヨード呈色度を増大し、溶出固形物を若干増加したが、これらと食味との関係については明らかでない。

谷ら⁹⁾は精米の炊飯特性における加熱吸水率、膨脹容積、精米粉のアミログラム特性値のなかの糊化温度、ブレイクダウン、米飯の粘性と弾性の6要素を選定した。これら6要素と官能検査による食味評価との重相関係数は0.85で、寄与率は72%であるという。

この試験の結果ではアミログラム特性値についても、施肥窒素との間に一定の傾向を見出せなかった。

倉沢ら⁴⁾は粘りのある米は味と香りのよいことを指摘しているが、谷ら⁹⁾の提唱した6要素中でも炊飯の粘弾性は最大のウェイトを占めている要素である。

これについての測定結果では、粘性、弾性値と施肥窒素との間に明らかに関連がみられ、窒素増施や追肥によって粘性、弾性値は低下する傾向がみられた。そして白米のタンパク質と粘性値及び弾性値との間にはそれぞれ $r = -0.78^{**}$ 、 $r = -0.77^{**}$ の強い逆相関がみられる(第7図)。

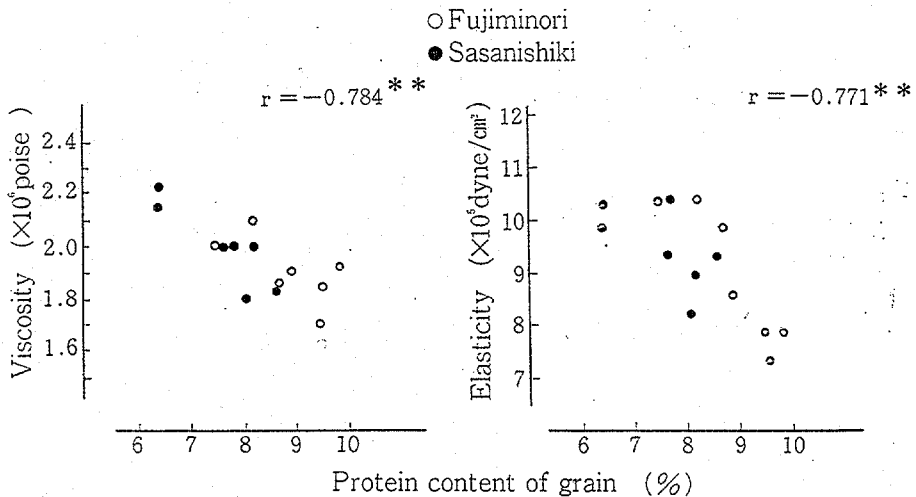


Fig. 7 Viscosity and elasticity of rice grain with different protein contents

以上のことから窒素の施肥法の違いによって食味の官能テストの評価値に差異がみられたが、それは主として施肥窒素による米粒中のタンパク質の増減によって、炊飯の粘性、弾性値、及び硬さが変化したこと起因することが明らかとなった。

なお、米粒中のタンパク質について味との関連で論ずる場合、可食部の白米のタンパク質含量を指すべきであろうと思われるが、白米の窒素含量と玄米のそれとの間には $r=0.98^{**}$ と極めて高い相関があり $Y=1.03X-0.134$ という一次式が成立する。したがって、實際上玄米の窒素含量で論じても支障がないものと思われる。なお、これは昭和43年度に肥料試験の各種試験区65点(10品種、搗精歩留88.5~92.8%)について行った分析結果から計算したものである(第8図)。

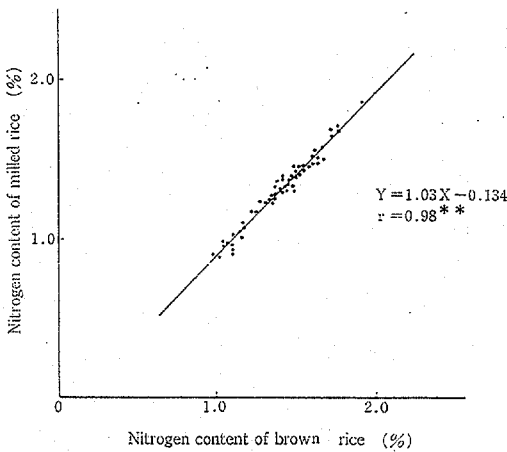


Fig. 8 Correlation of the nitrogen contents of brown rice to those of milled rice

4 要 約

草型、耐肥性、食味等が対照的であるフジミノリ(穂重型、耐肥性強)とササニシキ(穂数型、耐肥性弱、食味良)を窒素レベルと施肥時期(基肥、穂肥、実肥)を組み合わせて栽培した。その収穫した米について食味のパネルテストを行い、更に食味評価に関連した諸特性値について測定し、米の食味、品質に及ぼす施肥窒素の影響について検討した。その結果は次のとおりである。

1 施肥窒素による米の形態的品質の変化はフジミノリよりササニシキの方が大きく、特に基肥増施、穂肥多量追肥による形質の低下が顕著であった。

2 施肥窒素による米の食味評価値の変化はササニシキよりフジミノリの方が大きく、施肥法ではとくに実肥

による影響が大きく、実肥の多量追肥や穂肥、実肥の併用によって食味は悪化した。

3 食味評価値と米粒の窒素含量との間には高い逆相関がみられ、この試験の結果では、玄米のN1.5%、白米のタンパク質9%以上の場合に食味の悪化が問題になるものと思われた。

4 施肥窒素の食味に対する影響はデンプンの特性の変化よりもタンパク質含量の増大に伴う炊飯の粘性、弾性の低下と硬さの増加が原因であることを明らかにした。

5 炊飯液のヨード呈色度を除く加熱吸水率、膨脹容積、溶出固形物等の炊飯特性やデンプン(白米粉)のアミログラム特性値と施肥窒素の間には明らかな傾向がみられなかった。

6 デンプンについての実験結果は前報と同じ傾向を認めたが、フジミノリでは影響が小さくササニシキに大きく認められ、また、施肥法では基肥多投と穂肥多量による影響が大きかった。

5 引用文献

- 1) 竹生新治郎・遠藤勲・谷達雄. 1964. 米の炊飯嗜好性に関する研究 第2報 プラストメーターによる米飯の粘弾性の測定について. 栄養と食糧 16: 407-410.
- 2) 江幡守衛. 1968. 米のアルカリ崩壊性に関する研究 第1報 白米のアルカリ検定法について. 日作紀 37: 499-503.
- 3) Juliano, B. O., L. U. Onate and A. M. del Mundo. 1965. Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. Food Technology 19: 116-121.
- 4) 倉沢文夫・伊賀上都夫・早川利郎. 1963. 新海産水稲硬米の食味に関する研究 第7報 栄養と食糧 16: 176-181.
- 5) 倉沢文夫・伊賀上都夫・早川利郎・高橋善策. 1969. 米デンプンの物理的性質、特に米質を中心として. 植物生理 8: 38-46.
- 6) 岡村保. 1940. 米穀の品質に関する研究. 大原農研特別報告 5: 1-576.
- 7) Primo, E., A. Casas, S. Barber and C. B. Benedito. 1962. Factored de calidad de arroz. VI. Influencia de las proteínas sobre la calidad de coccion. Proteinas en la capa externa. Agroquim.

- Tecnol. Alimentos 2 : 135. Cited by "Juliano et al. (1965)"
- 8) 齋藤昭三・古石澄子・馬場操. 1959. 軟質米の貯蔵に関する研究 第15報 炊飯特性と食味の嗜好性との関係. 新沼食研 5 : 21-23.
- 9) 谷達雄・吉川誠次・竹生新治郎・堀内久弥・遠藤勲・柳瀬肇. 1969. 米の食味評価に関する理化学的要因 (I) 栄養と食糧 22 : 452-461.
- 10) 寺島利夫. 1968. 米の品質と食味と土壌肥料について. 関西土壌肥料協議会講演要旨. 32 : 11-53.

Studies on Fertilizers and Quality of Rice

II. The effects of nitrogen fertilization on eating quality and some physico-chemical properties of rice starch

Keiichi YAMASHITA and Takao FUJIMOTO

Summary

Two typical rice varieties in Tohoku district of Japan, Fujiminori and Sasanishiki, having different characters in plant type, fertilizer response and eating quality etc., were cultured in combination of nitrogen level and time of fertilization (basal dressing and top dressing at the two stages of young panicle formation and full heading). Effects of nitrogen fertilization on sensory evaluation scores and some characteristics relating to eating qualities were studied with the rice.

1 Effects of nitrogen fertilization on physical properties (external appearance, weight per volume and texture) of rice grain were recognized more in Sasanishiki than Fujiminori. Deterioration in the properties of rice was observed clearly in case of heavy application of basal dressing and top dressing at young panicle formation stage.

2 Fujiminori was more liable to change in sensory evaluation scores of milled rice by nitrogen fertilization than Sasanishiki.

Top dressing at full heading stage affected significantly on eating quality of rice. Deterioration in eating quality was caused by heavy application of top dressing at full heading stage and especially top dressing combined at young panicle formation stage and full heading stage.

3 A highly negative correlation was observed between nitrogen content of rice kernel and sensory evaluation score of eating quality. From the results of this experiments, it was considered that the eating quality gives the trouble when nitrogen content in brown rice exceeds 1.5% or protein content in milled rice exceeds 9%.

4 Effects of nitrogen fertilization on eating quality were mainly caused by decrease in viscosity and elasticity and increase in hardness accompanied with increase in protein content, rather than changes in properties of rice starch.