

原著論文

## 有機栽培がコシヒカリの生育, 出液および玄米に含まれる アミノ酸含有量に及ぼす影響

鯨 幸夫<sup>\*1)</sup>・佐藤美世子<sup>1)</sup>・榎本俊樹<sup>2)</sup>・梅本英之<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup>金沢大学教育学部・<sup>2)</sup>石川県立大学・<sup>3)</sup>石川県農業総合研究センター)

### Effects of Organic Farming on the Growth, Amino Acid Contents in the Bleeding Sap and Brown Rice of Koshihikari

Yukio KUJIRA<sup>\*1)</sup>, Miyoko SATO<sup>1)</sup>, Toshiki ENOMOTO<sup>2)</sup> and Hideyuki UMEMOTO<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup>Faculty of Education, Kanazawa University, Kanazawa 920-1192, <sup>2)</sup>Ishikawa Prefectural University,  
<sup>3)</sup>Ishikawa Agricultural Research Center)

有機栽培を行ったコシヒカリの出液および玄米に含まれる各種アミノ酸含有量を定量し, 有機栽培が食味に及ぼす影響について慣行栽培と比較した。出液中に多く含まれるアミノ酸はアスパラギン, グルタミン, セリンおよびアラニンであった。出穂期の出液中に含まれるアラニンは有機栽培で有意に少なく, 総アミノ酸含有量も有機栽培で少なかった。玄米に含まれるアミノ酸は20種以上確認されたが, 含有量が多いのはアスパラギン酸とグルタミン酸であり, 総アミノ酸含有量は有機栽培と慣行栽培でほとんど差が認められなかった。

Amino acid contents in the bleeding sap at the heading stage and the grain of rice cv. Koshihikari grown with organic farming were discussed compared to conventional rice. Alanine content in the bleeding sap of organic rice was significantly smaller than control, and total amino acid content showed the similar. More than twenty of amino acids were counted out in the brown rice, and glutamic acid and aspartic acid were showed as major amino acid. There was no significant difference in the total amino acid of brown rice between organic farming and control.

キーワード: アミノ酸, 玄米品質, コシヒカリ, 根系の生理活性, 出液, 水稲

Key words: Amino acid, Bleeding sap, Grain quality, Koshihikari, Physiological activity of root system, Rice

平成11年にJAS法が改正され, 有機農産物や有機加工食品に関する日本農林規格が制定された。コメの品質に関しては, 様々な視点からの報告がある。水稲を有機栽培すると収量が減少し(荒井・川島 1956), また有機栽培の精白米のタンパク含有量は低下して食味が向上する(松崎ら 1992)などの報告があるが, 有機栽培を行ったコメの評価に関しては多くの問題を考慮する必要がある。本研究では, 有機栽培を行った水稲(品種コシヒカリ)の生育, 根系生

育, 出液中および玄米中に含まれる各種アミノ酸含有量を定量し, 有機栽培が米の品質に及ぼす影響について検討した。

#### 材料および方法

実験は2006年に石川県白山市(旧:松任市)の農家圃場で実施した。本圃場では育苗段階から自家調製の有機培土を用い, 有機無農薬栽培を行っている(松任1, 松任2)。

5月5日に米ぬかを散布(80~100kg/10a)し、5月8日に4.5葉苗を移植した。基肥および追肥はすべて自家調製および市販の有機質肥料を用いた。施肥管理の概要は第1表に示した。また、金沢大学教育学部角間農場で慣行栽培(基肥としてBB056号を3.2kg-N/10a、活着肥および追肥として日の本2号をそれぞれ0.5kg-Nと3kg/10a施用)を行った圃場を慣行栽培区(対照区)として比較検討した。移植から出穂期までの草丈、莖数およびSPAD値は6月6、20日、7月7、21日、8月2日に調査した。圃場では30cm×30cmのコドラートを用いて雑草(藻類が主)の発生量も調査した。根系調査は出穂期(8月7日)と収穫期(9月21日)に実施し、コアサンプラー(φ53mm×400mmD)を用いて株間の根系を3箇所採取した。

根系の生理的活性は出穂期における土壌からのRb吸収量を指標として評価した。8月7日に平均的な生育株(3株)を選出し、Rbゲル10mg(40mg-Rb/10mlを含む0.4%の寒天を含んだゲル)をスポット注入した。Rbゲルは調査株を中心として10cmの距離・深さ10cmの場所に4箇所注入した。5日後(8月12日)に調査株を地際から切除し、莖数を測定し乾燥後に乾重を測定した。乾燥したサンプルはカッティングミルを用いて粉末にし、原子吸光法(TJA

ソリューションズSolaarM)を用いてRb含有量を定量した。

食味成分は近赤外分光法を利用した成分分析計(ケット科学研究所 AN-899)で測定し、外観品質は穀粒判別器(ケット RN-300)を用いて調査した。出液中(導管液)に含まれるアミノ酸含有量を測定するために調査対照株を地際から8cmの高さで切除して出液を採取した。出液は7月7日、8月7日および8月21日にコットンパスを用いて採取し冷凍保存(-30℃)した。分析時に解凍した出液を0.45μmのメンブレンフィルターでろ過し、日立高速アミノ酸分析計(L-8500)を用いてアミノ酸含有量を定量した。玄米はミルを用いて粉末にし、蒸留水と少量の海砂を加えて乳鉢ですりつぶして抽出作業を行った。抽出液を遠心チューブに入れ、日立冷却遠心機を用いて遠心分離(10,000rpm, 15分, 20℃)を行い、得られた上澄みを定容したのち0.45μmのメンブレンフィルターでろ過したのち、上記のアミノ酸分析計を用いて遊離アミノ酸含有量を定量した。出液および玄米に含まれるアミノ酸は土壌から吸収されたものが主であることを考慮し、水田土壌および田面水に含まれる全N含有量を定量した。約2週間ごとに水田土壌と田面水を採取し-30℃で冷凍保存した。サンプルに含まれる全N含有量はオートアナライザー(ブラン・ルーベAACSH)を用いて定量した。

第1表 有機栽培圃場(松任1, 2)で使用した主な有機資材。

資材の種類	主要材料	製造元
完熟馬ふん堆肥	馬ふん, おから, 粉がら, 樹木枝葉, 米ぬか, くず大豆	自家製
薫炭おからぼかし	くん炭, おから, 枯草菌など	自家製
発酵酵母ぼかし	米ぬか, 糖蜜など	自家製
有機適合土壌改良資材	市販品(硫酸カルシウム:カルゲン)	吉野石膏(株)
有機ぼかし肥料	市販品(スーパーガイアス)	日本バイオ肥料(株)
有機ぼかし肥料	市販品(ブラドミン特号)	日本バイオ肥料(株)

栽培管理	試験区	
	有機栽培区	慣行栽培(対照区)
栽植密度	19.9株/m <sup>2</sup>	20株/m <sup>2</sup>
堆肥施用	前年秋(1t/10a)	なし
田植え	5月8日	5月2日
施肥	スーパーガイアス(5/14:40kg/10a)	基肥(高度化成BB056:3.2kg-N/10a)
	ブラドミン(6/2:35kg/10a)	活着肥(6/5:日の本2号0.5kg-N/10a)
	薫おからぼかし(6/25:15kg/10a)	追肥(6/25:日の本2号3kg-N/10a)
	酵母おからぼかし(6/25:30kg/10a)	
	ブラドミン(7/9:40kg/10a)	
	酵母ぼかし(7/15:30kg/10a)	
	酵母ぼかし(8/11:30kg/10a)	

## 結果および考察

### 1) 地上部および根系生育

有機栽培区の莖数は慣行区より多めに推移し、8月2日では24~27本/株を示し慣行区の14.8本より有意に多かった(第2表)。6月初旬のSPAD値は有機栽培区より慣行区で低かったが、7月7日では逆転した(第3表)。出穂期に調査したLAIは2.5~3.0の値を示し、有機栽培と慣行栽培との間で有意な差は認められなかった。

コアサンプル法で採種した根系を10cmごとの土壌階層別に区分し検討したが、出穂期における階層別根乾重および総根乾重に栽培条件による有意差は認められなかった(第4表)。収穫期における表層から10cm階層の根乾重は

第2表 莖数の推移。

試験区	莖数(本/株)				
	6月6日	6月20日	7月7日	7月21日	8月2日
松任1	7.4±0.7ab	20.0±1.6a	29.9±1.8a	26.3±1.2a	26.9±1.3a
松任2	9.4±0.7a	15.6±1.3ab	19.7±1.9b	20.2±0.9b	24.5±1.5a
対照区	5.7±0.6b	12.7±0.6b	20.8±0.6b	21.6±0.8ab	14.8±0.7b
LSD(p=0.05)	*	*	*	*	*

平均値±標準誤差(n=10)、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり。

有機栽培で多く有意差が認められたが、その他の階層では有意差が認められなかった（第5表）。出穂期における根系活性はRb吸収量を指標として評価したが、有機栽培と慣行栽培との間に有意差は確認出来なかった（第6表）。

## 2) 出液中のアミノ酸濃度

7月7日に採取した出液中に含まれるアミノ酸は30種類を超えたが、その中でも含有量の多いアミノ酸はアスパラギン、グルタミン、セリンおよびアラニンの4種類であった。この4種のアミノ酸含有量および検出されたすべてのアミノ酸濃度の総量を第7表に示した。出穂期（8月7日）

第3表 SPAD値の推移。

試験区	SPAD値				
	6月6日	6月20日	7月7日	7月21日	8月2日
松任1	31.8±0.6ab	36.9±0.7	37.6±0.6b	38.7±0.7	35.3±0.8b
松任2	32.7±0.4a	35.1±0.7	38.6±0.5b	42.0±0.9	39.6±0.6a
対照区	26.4±1.7b	34.8±0.7	41.9±0.3a	39.4±0.8	35.4±0.5b
LSD(p=0.05)	*	n.s.	*	n.s.	*

平均値±標準誤差 (n=10), 異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり。

第4表 出穂期の根乾重。

試験区	各階層における根乾重 (mg)					総根重
	0~10cm	10~20cm	20~30cm	30~40cm		
松任1	82.7±17.1	14.3±1.7	2.7±0.7	0.5±0.3		100.0±16.9
松任2	66.0±9.5	15.0±1.2	1.0±0.5	0		82.0±10.6
対照区	40.3±4.5	12.3±2.7	4.7±1.7	0		57.3±8.0
LSD(p=0.05)	n.s.	n.s.	n.s.	-		n.s.

平均値±標準誤差 (n=3), 調査日: 8月7日

第5表 収穫期の根乾重。

試験区	各階層における根乾物重 (mg)					総根重
	0~10cm	10~20cm	20~30cm	30~40cm		
松任1	46.3±6.3a	15.0±5.1	3.7±0.3	1.0±0		65.3±8.3
松任2	43.3±2.3a	19.7±5.5	3.7±0.7	0		66.7±4.6
対照区	20.0±0 b	11.7±3.0	4.7±0.5	1.7±0.7		38.0±4.1
LSD(p=0.05)	*	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.

平均値±標準誤差 (n=3), 異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり。

第6表 出穂期におけるRb吸収量。

試験区	Rb吸収量		
	mg/株	mg/分げつ	mg/地上部乾重1g
松任1	36.4±2.4	2.0±0.2	0.7±0.1
松任2	32.9±2.2	1.7±0.2	0.7±0.1
対照区	32.8±1.9	1.9±0.1	0.7±0.02
LSD(p=0.05)	n.s.	n.s.	n.s.

平均値±標準誤差 (n=3)

および登熟期（8月21日）に採取した出液中のアミノ酸濃度を第8表と第9表に示した。7月7日に採取した出液中の各アミノ酸濃度に栽培条件の違いによる有意差は認められなかった。出穂期のアスパラギン、グルタミンおよびセリンの含有量は栽培条件によって差はなかったが、出穂期のアラニンおよび総アミノ酸濃度は有機栽培区で少なかった。登熟期のアスパラギン、グルタミン、セリン、アラニンおよび総アミノ酸濃度は出穂期のそれぞれの値より高かった。

## 3) 玄米および精白米に含まれるアミノ酸

玄米および精白米に比較的多く含まれるアミノ酸は、アスパラギン、グルタミン、セリン、アラニン、アスパラギン酸およびグルタミン酸であった。これらのアミノ酸および定量できたアミノ酸の総量を第1図（玄米）と第2図（精白米）に示した。粉碎したサンプルの測定は1反復であるため誤差の記載はないが、慣行栽培（対照区）の玄米に含まれるアスパラギンおよびグルタミン酸の含有量は有機栽培

第7表 幼穂分化期頃における出液中のアミノ酸濃度。

試験区	アミノ酸含有量 (nモル/10μℓ)				
	アスパラギン	グルタミン	セリン	アラニン	総アミノ酸
松任1	0.73±1.03	4.72±2.13	1.27±0.76	1.73±0.67	13.80±5.78
松任2	1.36±0.84	5.21±1.49	1.56±0.41	2.11±0.50	14.36±3.79
対照区	1.31±0.46	3.13±1.03	0.61±0.20	1.26±0.36	8.85±2.51
LSD(p=0.05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

平均値±標準誤差 (松任 n=3, 対照区 n=2),

第8表 出穂期における出液中のアミノ酸濃度。

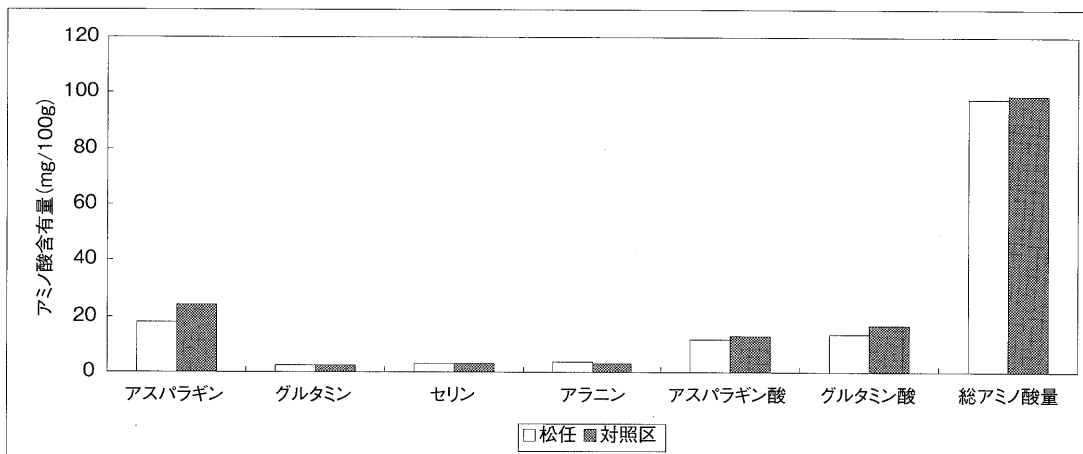
試験区	アミノ酸濃度 (nモル/10μℓ)				
	アスパラギン	グルタミン	セリン	アラニン	総アミノ酸
松任1	0	0	0	0.03±0.02b	1.19±0.05b
松任2	0	0	0.01±0.01	0.63±0.44b	3.28±1.76b
対照区	0	0.18±0.13	0.98±0.63	9.18±2.85a	20.43±3.70a
LSD(p=0.05)	n.s.	n.s.	n.s.	*	*

平均値±標準誤差 (n=2), 異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり。調査日: 8月7日

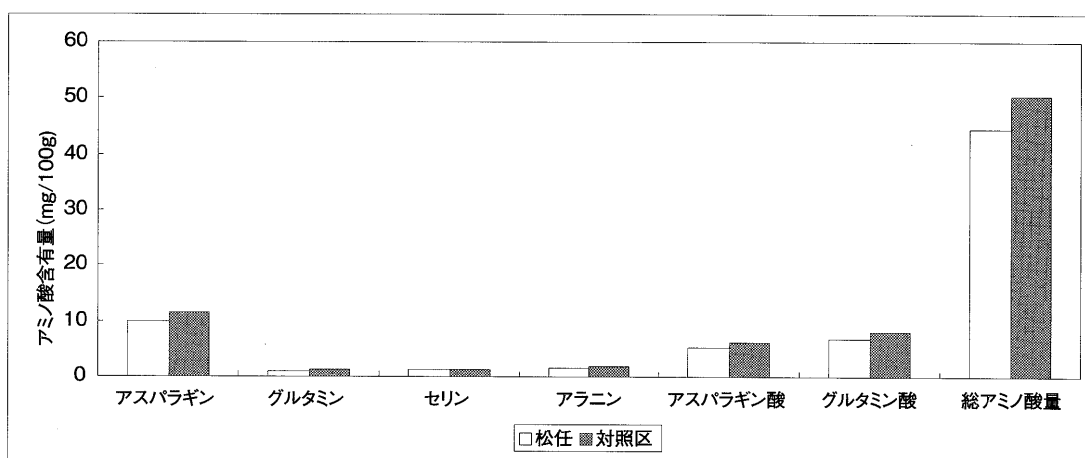
第9表 登熟期における出液中のアミノ酸濃度。

試験区	アミノ酸濃度 (nモル/10μℓ)				
	アスパラギン	グルタミン	セリン	アラニン	総アミノ酸
松任1	0.87±0.05	4.76±0.16a	3.58±0.15a	7.05±1.18b	23.97±1.69a
松任2	0.63±0.03	2.27±0.27b	1.53±0.24b	2.07±0.22b	12.19±0.98b
対照区	1.06±0.25	3.82±0.65ab	2.61±0.22ab	12.40±1.57a	27.19±2.97a
LSD(p=0.05)	n.s.	*	*	*	*

平均値±標準誤差 (n=3), 異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり。調査日: 8月21日。



第1図 玄米に含まれるアミノ酸含有量.



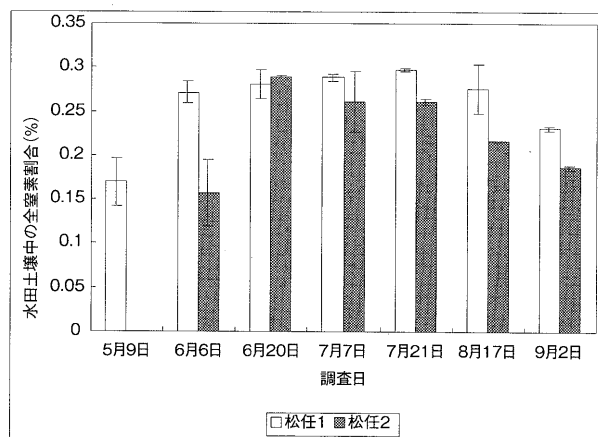
第2図 精白米に含まれるアミノ酸含有量.

培りが多い傾向を示した。また、精白米の総アミノ酸含有量は慣行栽培よりも有機栽培で小さい傾向が認められた。

#### 4) 土壌および田面水に含まれる全N含有量

有機栽培を行っている水田土壌（2試験地）および田面水に含まれる全N含有量の推移を第3図と第4図に示した。慣行栽培区のデータはないが、有機栽培水田では時間の経過とともに安定した全Nの供給があることが示唆され、それは登熟期に至っても継続していた。

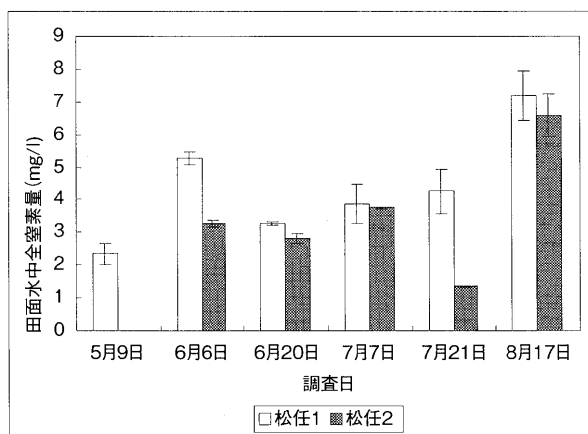
田面水に含まれる全N含有量も  $3\text{ mg} \sim 7\text{ mg}/\ell$  と安定した値を示し、出穂期を2週間程度過ぎても水中の全N含有量は安定していた。土壌からの窒素供給および田面水に含まれるN含有量は、水稻生育のみならず圃場に発生する各種雑草（藻類が主であった）の生育にも大きく影響を及ぼすものと考えられる。藻類の発生量と土壌中の全N含有量との相関関係を検討すると、両者の間に有意な相関関係は認められなかった ( $R=0.05$ ,  $R=0.02$ )。また、藻類発生量と田面水の全N含有量との間にも有意な相関関係は認められず ( $R=0.39$ ,  $R=0.18$ )、土壌中の全N含有量と田面



第3図 有機栽培水田の土壌中に含まれる全窒素含有量の推移.

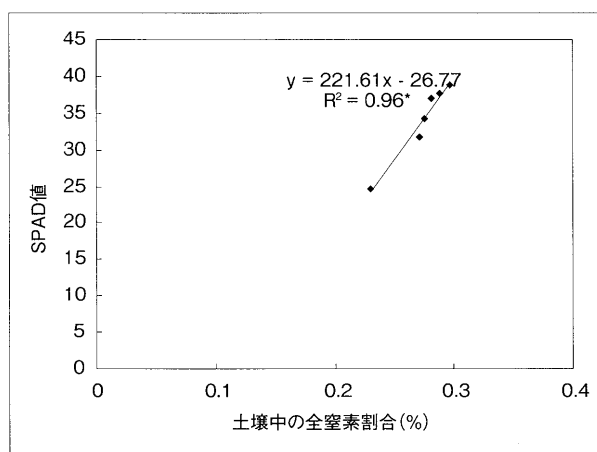
エラーバー：標準誤差 ( $p=0.05$ ) ( $n=2$ )。松任2 (5/9) はサンプルなし。

水中の全N含有量との間にも有意な相関関係は認められなかった ( $R=0.01$ )。葉色 (SPAD値) と土壌中の全N含有量の間には有意な相関関係 (第5図) が認められたことから、有機栽培土壌に含まれる全N量は水稻生育に係って



第4図 有機栽培水田の田面水に含まれる全窒素含有量の推移。

エラーバー：標準誤差 (p=0.05) (n=2). 松任2 (5/9) はサンプルなし。



第5図 土壌中の全窒素含有量とSPAD値との相互関連性  
\*：5%水準で有意差あり。

葉色やその他の形質に大きく影響を及ぼしていることが示唆された。

## 5) 品質

玄米中のタンパク含有量は対照区が7.7%であったのに対し、有機栽培区では6.9%と有意に低い値を示した。有機栽培は慣行栽培より精白米のタンパク質含有率が低下するとの報告(近藤ら 1987, 鯨ら 2006)があるが、本試験でも有機栽培で玄米のタンパク含有量が低かった。有機栽培区の玄米中アミロース含有量および脂肪酸含有量は18.6%と16.7%であったが、慣行区では19.2%および19.3%と有意差が認められた。玄米の外観品質では有機栽培の整粒歩合が慣行栽培より低下し、未熟粒歩合が増加した(第10表)。

20年以上にわたって有機栽培を継続している本試験圃場では、慣行栽培と比較して茎数は多めに推移し、生育初期

第10表 玄米の外観品質。

試験区	外観品質 (%)					
	整粒	未熟粒	胴割粒	被害粒	着色粒	死米
松任1	60.3±0.6b	22.5±0.4a	1.5±0.2c	9.1±0.8	0.6±0.1	0.1±0
松任2	66.6±0.9b	22.1±0.6a	3.1±0.1b	8.4±0.6	0.8±0.1	0.3±0.1
対照区	75.2±0.2a	12.0±0.5b	5.1±0.1a	6.8±0.4	0.9±0.1	0.1±0
LSD(p=0.05)	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.

平均値±標準誤差 (n=4), 異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり。

のSPAD値も高く、土壌表層の根重も多い。このような環境で生育した有機栽培のコシヒカリであるが、玄米に含まれる各種アミノ酸含有量は慣行栽培区とほとんど差が認められなかった。出液中に多く含まれるアミノ酸はアスパラギン、グルタミン、セリンおよびアラニンであり、出穂期の出液中に含まれるアラニン含有量は慣行区で9.1n モル/10 $\mu$ lの値を示したのに対し、有機栽培区では0.03および0.63n モル/ $\mu$ lと、有機区で有意に低い値を示した。アミノ酸分析で確認できたアミノ酸の総量(総アミノ酸含有量)も有機栽培区の方が慣行区より有意に低かった。体内に含まれる窒素化合物は根から吸収されたNを基本とするが、出穂期以降においては茎葉部、特に葉身から穂に転流してきたものが多い(松崎 1990)。本試験の結果、分けつ期の出液中に含まれるアミノ酸含有量は有機栽培区で多い傾向を示したが、出穂期では慣行栽培区が多くなり、登熟期でも同様の傾向が示された。玄米中のアミノ酸含有量は水稻生育の最終結果として確認される数値であり、この過程で様々な生理的機構が働いている。玄米のアミノ酸含有量と出液中に含まれるアミノ酸含有量との相互関係を正確に論述するには未だデータが不足しており今後の研究を待つ必要がある。

## 謝 辞

研究に際し、圃場の提供等でご協力いただいた中野正剛氏(白山市)に感謝いたします。また、玄米の食味および外観品質評価でご協力いただいた、石川県農業総合研究センター黒田晃氏に感謝致します。

## 引用文献

- 荒井正雄・川島良一 1956. 日作紀 70 : 503-504.  
 近藤栄昭ら 1987. 調理化学 20 : 75-77.  
 鯨幸夫ら 2006. 日作紀 75 (別2) : 10-11.  
 松崎昭夫 1990. 稲作大百科 II, 農文協, 東京 : 407.  
 松崎昭夫ら 1992. 日作紀 61 : 561-567.

(2007年12月10日受付, 2008年3月4日受理)