

# 家畜ふん尿の施肥量と施肥法の違いが水稻ホールクロップの窒素の利用率,無機物含有率,サイレージの発酵品質ならびに栄養収量に及ぼす影響

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| 誌名    | 日本草地学会誌                 |
| ISSN  | 04475933                |
| 著者名   | 加納,昌彦<br>高橋,敏能<br>萱場,猛夫 |
| 発行元   | 日本草地学会                  |
| 巻/号   | 45巻4号                   |
| 掲載ページ | p. 379-387              |
| 発行年月  | 2000年1月                 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 家畜ふん尿の施肥量と施肥法の違いが水稲ホールクロップの窒素の利用率、無機物含有率、サイレージの発酵品質ならびに栄養収量に及ぼす影響

加納 昌彦・高橋 敏能\*・萱場 猛夫\*

岩手大学大学院連合農学研究科生物生産科学専攻 (020-0066 岩手県盛岡市上田3丁目)

\*山形大学農学部 (997-0037 山形県鶴岡市若葉町1-23)

The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University, Morioka-shi, Iwate, 020-0066 Japan

\* Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka-shi, Yamagata, 997-0037 Japan

受付日: 1999年5月12日/受理日: 1999年11月25日

## Synopsis

Masahiko KANO, Toshiyoshi TAKAHASHI and Takeo KAYABA (2000): Effect of Applied Fermented Daily Cow Waste on Slurry Nitrogen Utilization, Mineral Content, Fermented Quality and Nutritional Yield of Rice Plant (*Oryza sativa* L.). *Grassland Science* 45, 379-387.

Determination was made of the recovery of slurry nitrogen (N), mineral content, fermented quality and nutritional yield of rice based on rate and timing of fermented dairy cow waste application. Rice with V-type leaves was cultivated at higher dosage of N (1.5 or 3 times the normal) using slurry as basal or split at 80 kg N ha<sup>-1</sup>. The recovery of N ranged from 8.8% to 30.9%, and was higher by split application. The K/(Mg+Ca) equivalent ratio was less than 2.2 subsequent to the milk-ripe growth stage. Fermented quality of rice plant improved with maturity and nutritional value was greater cultivated plots subject to split application. The recovery of N and nutritional yield was thus superior with split application.

**Key words:** Fermented quality, Mineral, Nutritional yield, Rice plant, Slurry.

## 緒 言

近年、農家戸数の減少と家畜の飼養頭数の増大化にともない、家畜排泄物の処理が深刻な社会問題になっている。日本海沿岸に位置する穀倉地帯は、冬季の積雪による豊富な水資源と夏期の高湿多湿な気候が水稲の栽培には格好の条件である。わが国の家畜を保有する水田地帯で、家畜と水田が有機的に結合して水稲を栽培することは、極めて意義深いことと思われる。

飼料用としての水稲を栽培するには、食料用の穀実生産のための水稲栽培以上に省力低コストが求められる。省力低コスト栽培の一つ技術として、湛水土壤中直播栽培がある。この栽培法は、水稲が倒伏しやすいため、栽培には耐倒伏性品

種を用いる必要がある。SASAHARAら<sup>17,18)</sup>が開発したV字葉型水稲は、多肥栽培しても倒伏しにくいのを特長としており、湛水土壤中直播栽培に適した品種である。また、堀口ら<sup>8)</sup>は、窒素を多肥して栽培したV字葉型水稲は、嗜好性が良く、栄養価も高くなったと報告している。今後、窒素多肥による栽培方法が安定して確立されれば、V字葉型水稲は飼料用水稲として極めて有望な品種であると考えられる。

牧草やトウモロコシなどの飼料作物は多量の窒素肥料を施用すると、増収効果が認められる反面、反芻家畜に対して急性・慢性の硝酸塩中毒を引き起こす硝酸態窒素の蓄積が問題となる。好アンモニア性植物である水稲は窒素をアンモニア態窒素の状態でも吸収し、利用するために硝酸態窒素の蓄積が起こりにくい作物である<sup>19,21)</sup>。一方、家畜ふん尿を多量に投与した場合、Kなどの塩基類などが過剰となり、土壤中に蓄積<sup>6,7)</sup>、草体成分に影響することが知られている<sup>6,9,16)</sup>。

そこで、家畜ふん尿処理、V字葉型水稲ホールクロップの飼料化と省力化を目指した栽培法を模索するため、スラリーの施肥法を変えて栽培したときのV字葉型水稲における肥料の窒素の利用率と無機物含有率、サイレージにしたときの発酵品質および栄養収量を調査した。

## 材料と方法

### 1. 供試水田

山形大学農学部附属高坂農場の水田を使用した。土壌は粗粒質灰褐色系灰色低地土で、pH (H<sub>2</sub>O) は5.64、乾土中の全炭素含有率 (T-C) は2.27%、全窒素含有率 (T-N) は0.151%、炭素率は15.0であった。

### 2. 水稲ホールクロップの栽培

水稲は耐倒伏性品種であるV字葉型水稲 (DARM-7)<sup>17,18)</sup>の系統のうち「V3 (DARM-7-3)」を用いた。V字葉型水稲は「アルポリオ」と「大黒1号」の交雑後代系統に「密陽23号」を交配した後代から選抜された系統であり、葉身が中肋を中心として内側にV字型を形成して倒伏しにくいため、多肥栽培が可能な品種である<sup>17,18)</sup>。栽培は1994年5月13日に播種して10月18日に刈り取るまでの158日間行なった。

東北畜産学会第45回一般講演 (1995年8月)、日本草地学会第51回発表会 (1996年3月) において発表した。

種子は浸種して催芽した後、市販の過酸化カルシウム剤（保土谷化学工業株式会社、カルパー 16 粉粒剤）でコーティングした。コーティング種子は水田 8a に湛水直播した。また、10a 当たりの播種量はコーティング前の重量で 6.25 kg とした。肥料は山形大学附属農場の乳牛の液状きゅう肥（スラリー）のみを施肥した。施肥方法の処理区として、山形県農林水産部が推奨している窒素量（8 kg/10 a）<sup>25)</sup> の 1.5 倍量（12N 区）と 3 倍量（24N 区）に相当するスラリー量を追肥なし区として耕起前に全量を基肥として施肥する 2 区、追肥あり区として耕起前に全量の 2/3 量（基肥）、幼穂形成期に全量の 1/3 量（追肥）を施肥する 2 区の合計 4 区を設定し、それぞれ無施肥区を対照として、2 組の 3×3 のラテン方格法により栽培した。なお、スラリーの分析用サンプルは施肥日の前日に、チョッパーミキサーで貯溜槽中のスラリーが均質になるように攪拌し、均質になったところで上層部より採取した。ただちに、実験室に持ち帰り、窒素含有率をケルダール法<sup>12)</sup>で分析した（表 1）。その窒素含有率からスラリーの施肥量を決定した。スラリーの投与量（t/10 a）は、追肥ありの 12N 区が 6.85（基肥 4.45, 追肥 2.40）、追肥ありの 24N 区が 13.7（基肥 8.89, 追肥 4.81）、追肥なしの 12N 区が 6.68, 追肥なしの 24N 区が 13.4 であった。水稻に吸収される窒素はアンモニア態窒素であり<sup>19,21)</sup>、水田土壌のような還元状態では硝酸態窒素は還元されて窒素ガスになり、空气中に揮散するため<sup>19)</sup>、スラリー中の硝酸態窒素濃度は特に分析しなかった。肥料以外の栽培法は山形大学附属農場の慣行法に従った。

5, 6, 7, 8, 9, 10 月の気温（℃）の平均値は、それぞれ 16.2, 19.3, 24.9, 26.6, 21.9, 15.6, 日照時間（h）は 211, 170, 211, 253, 157, 151, 降水量（mm）は 45, 55, 144, 69, 318, 162 であった。7 月中旬から 9 月上旬の気温は平年よりも高く、9 月下旬に台風により降水量が多かったものの、その他は、ほぼ平年並みの気候であった。

水稻は播種後 1 カ月後（6/15）、播種後 2 カ月後（7/13）、出穂期（8/12）、乳熟期（9/6）、糊熟期（9/22）、黄熟期（10/4）、完熟期（10/18）に草丈と茎数の測定後、地上部約 5 cm で刈取った。その後、60℃で 48 時間通風乾燥し、カッティングミルで 1 mm のメッシュを通過するまで粉碎し、分析に供した。

### 3. 水稻ホールクロップサイレージの調製と品質評価

水稻ホールクロップを乳熟、糊熟、黄熟と完熟期に刈取り、カッターで 0.5 cm に切断し、ビニールバッグに材料を約 2 kg 埋蔵して、サイレージに調製した。ビニールバッグサイロは 20℃の恒温室で 21 日間貯蔵した後、開封した。開封後、

各サイレージの乾物回収率の測定および品質評価を行なった。サイレージの乾物回収率は詰め込み時の乾物重量で開封時の乾物重量を除いて求めた。

### 4. 化学成分分析

水分、粗タンパク質、細胞内容物（OCC）、細胞壁成分（OCW）、高消化性繊維（Oa）および低消化性繊維（Ob）は 60℃で 48 時間通風乾燥した後、粉碎した試料を用いて測定した。OCC、OCW、Oa および Ob は阿部の方法<sup>1)</sup>で測定した。TDN 含有率は、OCC+Oa を独立変数とする 2 次回帰式（ $TDN = 16.651 + 1.494X - 0.012X^2$ ,  $X = OCC + Oa$ ）から推定した<sup>1)</sup>。pH 値、乳酸、揮発性脂肪酸（VFA）および揮発性塩基態窒素（VBN）は、抽出液<sup>12)</sup>を用いて測定した。材料草とサイレージの水分は、135℃で 2 時間乾燥を行ない測定した。全窒素はケルダール法<sup>12)</sup>で測定し、6.25 を乗じて粗タンパク質とした。また、試料を乾式灰化法で前処理を行なった後、Ca と Mg は原子吸光法<sup>12)</sup>、K と Na は炎光法<sup>12)</sup>、P はモリブデン酸ブルー比色法<sup>14)</sup>により測定した。サイレージの pH 値はガラス電極 pH メーター、乳酸含有率は BARKER-SUMMERSON 法<sup>2)</sup>、VFA 組成はガスクロマトグラフィー<sup>12)</sup>、VBN 含有率は CONWAY の微量拡散法<sup>3)</sup>で測定した。V スコアは、酢酸と酪酸含有率および全窒素含有率に対する VBN 含有率の比率から新評価法の配点表<sup>23)</sup>により算出した。

### 結果と考察

以下の調査項目において、2 組の試験圃場の無施肥区間に有意差がなかった。したがって、無施肥区のすべてのデータは 6 区の平均値で示した。

#### 1. 水稻ホールクロップの生育、収量および窒素の利用率

水稻ホールクロップの草丈、茎数、乾物収量、窒素含有率、窒素収量および窒素の利用率の生育にともなう変化を図 1 に示した。草丈は施肥すると高くなり、施肥量が多くなると生育後期に高く推移する傾向を示した。茎数では施肥区が無施肥区より多く推移した。施肥区では、施肥量が多くなると茎数が多くなった。また、同じスラリーの投与量では 12N と 24N 区とも 8 月 12 日の出穂期頃まで無追肥区が追肥区よりも茎数が多かったが、その後減少し、9 月 6 日の乳熟期以降、その差が小さくなった。乾物収量は登熟にともなって高くなった。黄熟期に 10a 当たりの乾物収量は、無施肥区で 1.15 t であったのに対し、追肥なしの 24N 区で 1.35 t、追肥ありの 24N 区で 1.47 t であった。名久井ら<sup>13)</sup>による「アキヒカリ」を用いた慣行法に従った栽培で、黄熟期の 10a 当たりの乾物収量は 1.2 t、吉田ら<sup>22)</sup>によるしめ縄用在来種の「実とら

Table 1. Chemical characteristics of dairy cow waste (slurry) used in cultivation trial of rice plant.

| Slurry         | pH   | Moisture | T-N <sup>1)</sup> | NH <sub>3</sub> -N | P      | K     | Na     | Ca     | Mg     |
|----------------|------|----------|-------------------|--------------------|--------|-------|--------|--------|--------|
|                |      |          |                   |                    |        |       |        |        |        |
| Basal dressing | 8.45 | 96.7     | 0.180             | 0.0893             | 0.0382 | 0.315 | 0.0383 | 0.0304 | 0.0352 |
| Topdressing    | 8.60 | 98.9     | 0.125             | 0.0949             | 0.0142 | 0.198 | 0.0270 | 0.0174 | 0.0145 |

<sup>1)</sup> Total nitrogen.

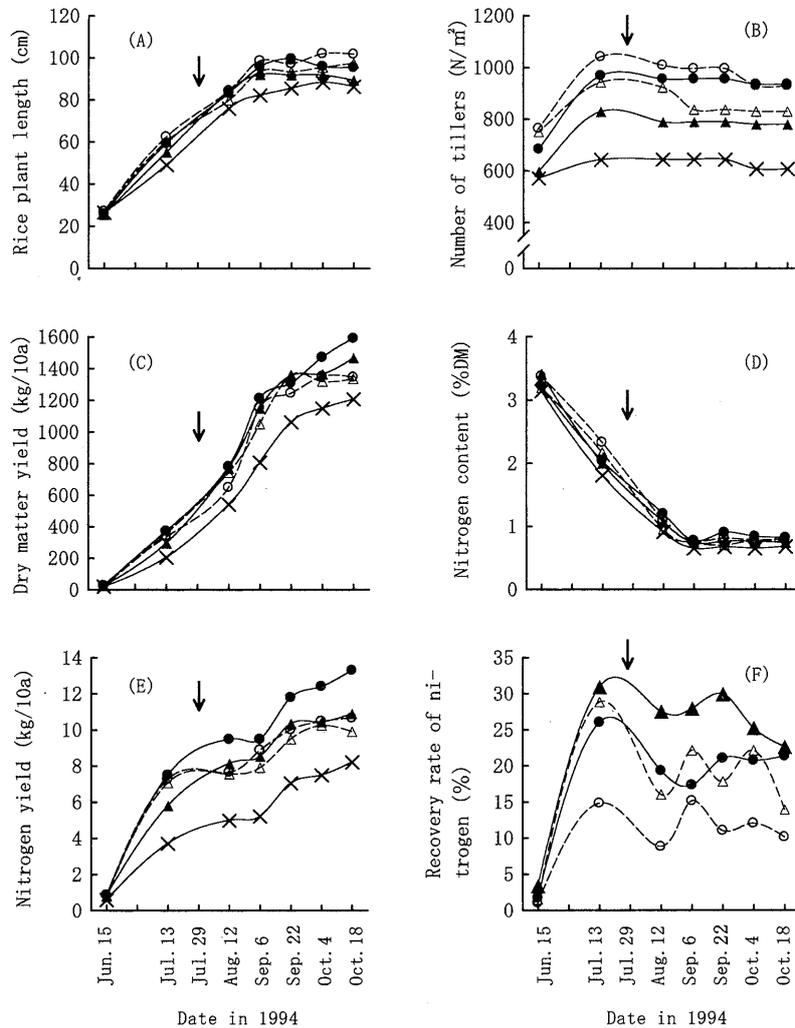


Fig. 1. Changes in rice plant length (A), number of tillers (B), dry matter yield (C), nitrogen content (D), nitrogen yield (E) and recovery rate of nitrogen (F) in rice plant.

Milk-ripe stage : Sep. 6, Dough-ripe stage : Sep. 22, Yellow-ripe stage : Oct. 4, Full-ripe stage : Oct.18.

↓ : Additional manure applied, Jul. 29.

× : 0 N kg/10 a.

△ : Basal dressing 12 N kg/10 a.

▲ : Basal dressing 8 N kg/10 a+Toppdressing 4 N kg/10 a.

○ : Basal dressing 24 N kg/10 a.

● : Basal dressing 16 N kg/10 a+Toppdressing 8 N kg/10 a.

ず」と「はまさり」ではそれぞれ1.1t, 1.3t, 福見ら<sup>5)</sup>による「トヨミノリ」で1.4tの収量であった。暖地では矮性インディカタイプの超多収米の乾物収量は2から2.5tは上げられるとしており<sup>24)</sup>, 本研究における水稲の乾物収量は, これらの報告の乾物収量と比較しても, インディカタイプの超多収米には劣るが, V字葉型水稲と同じジャポニカタイプの上記水稲と比較すると同等かそれ以上であった。スラリーのみの施肥による栽培法でも, 化学肥料による慣行の栽培法と比べても遜色のないものであった。

一般に, 腐熟が不十分な家畜ふん尿の水田に対する施用は, 湛水後土壌の酸化還元電位が急激に低下し, 硫化水素ガスや有機酸の発生により根は呼吸障害のため根腐れ現象を起

こす<sup>11)</sup>。本試験では, 肥料としてスラリーのみを多量に施肥して水稲を栽培したが, 化学肥料に匹敵する乾物収量を上げることができたのは, 本試験で施肥した液状きゅう肥が自然流下式の牛舎から出され, 時々攪拌されて充分通気されて腐熟が進んだ状態で蓄えられていたために, 根腐れ現象を起こさなかったためだと考えられた。

水稲ホールクロップの乾物中の窒素含有率は, 6月15日の分けつ期において3.14から3.41%の範囲にあった。その後, 出穂期にかけて低下し, 乳熟期以降, 0.65から0.90%の範囲で推移した。窒素含有率は施肥量の増加により含有率が高まったが, 追肥の有無で違いは認められなかった。追肥により窒素含有率が高まらなかったのは, 追肥により水稲の乾物

生産量が増加し、水稻体中の窒素が希釈されたため、結果的に追肥なし区と含有率に違いがなくなったと考えられた。窒素収量は、乾物収量と同様に生育にともない増加した。また、追肥あり区が追肥なし区より高く推移し、施肥量が多くなると増加し、特に、24N区でこの差が著しかった。

施肥区における散布した窒素施肥量に対する窒素収量と無施肥区の窒素収量の差の百分率、すなわち、差引法による窒素の利用度を次式により算出した。

$$\text{差引法による窒素の利用度 (\%)} = \frac{(\text{施肥区の窒素収量} - \text{無施肥区の窒素収量})}{\text{窒素施肥量}} \times 100$$

窒素の利用度は、播種後2カ月の伸長期以降、追肥なしの12N区で13.9から28.8%、追肥なしの24N区で8.8から15.1%、追肥ありの12N区で22.6から30.9%、追肥ありの24N区で17.3から26.0%の範囲にあった。12N区と24N区とも追肥区が無追肥区より高い傾向であったが、出穂期以降は増加しなかった。追肥ありの12N区の窒素の利用度が他の処理区より高く推移し、スラリーの窒素の利用度が高い傾向にあった。

本試験において、追肥をして栽培した水稻の利用度が高かった原因に、追肥をしたのが7月下旬で、施肥したスラリーのアンモニア態窒素の比率が高かったためと、この時期には基肥のスラリーの即効性の肥料成分が吸収され尽くしていたため、アンモニア態窒素含有率の高いスラリーの追肥が効果があり、追肥で施肥したスラリーの窒素の利用度が高かったためだと考えられる。このことから、窒素の利用度を高くするには、夏期に最低一度は追肥をすると効果的であると思われた。

本試験で施肥したスラリー中の窒素のうち、水稻に吸収されたのは8.8から30.9%の範囲であった。残りの窒素は土壌中に残存しているか、流亡および脱窒したと考えられる。今後は土壌にも着目し、スラリーを多量に施肥して水稻を栽培した場合、土壌中での窒素の収支のバランスがとれるのか、試験を継続して調査する必要があると思われる。

Table 2. Mineral dose applied in cultivation of rice plant with dairy cow waste.

| Item   | None <sup>3)</sup> | Topdressing (+) <sup>1)</sup> |                   | Topdressing (-) <sup>2)</sup> |      |
|--------|--------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|------|
|        |                    | 12N <sup>4)</sup>             | 24N <sup>5)</sup> | 12N                           | 24N  |
| kg/10a |                    |                               |                   |                               |      |
| N      | 0                  | 12.0                          | 24.0              | 12.0                          | 24.0 |
| P      | 0                  | 2.0                           | 4.1               | 2.6                           | 5.1  |
| K      | 0                  | 18.8                          | 37.5              | 21.0                          | 42.0 |
| Na     | 0                  | 2.4                           | 4.7               | 2.6                           | 5.1  |
| Ca     | 0                  | 1.8                           | 3.5               | 2.0                           | 4.1  |
| Mg     | 0                  | 1.9                           | 3.8               | 2.4                           | 4.7  |

<sup>1)</sup> Additional manure applied.

<sup>2)</sup> Additional manure not applied.

<sup>3)</sup> Total amount of nitrogen fertilized 0 kg/10 a.

<sup>4)</sup> Total amount of nitrogen fertilized 12 kg/10 a.

<sup>5)</sup> Total amount of nitrogen fertilized 24 kg/10 a.

## 2. 水稻ホールクロップの無機成分含有率の変化

実験田に施用する直前のスラリーの性状を表1に、無機物投与量を表2に示した。アンモニア態窒素は、基肥では総窒素の49.6%、追肥では総窒素の75.9%を占めていた。追肥に使用したスラリーのアンモニア態窒素含有率が高かったのは、夏の高温のためにアンモニア態窒素の比率が高くなったためと思われた。石川ら<sup>9)</sup>によると、家畜に給与した飼料の種類によって、スラリー中のN、P、K含有率は、それぞれ0.11から0.24%、0.039から0.057%、0.307から0.340%の変動を示したと報告している。本試験で追肥として施肥したスラリーは、PとK含有率が低かった。しかし、基肥として施肥したスラリーのN含有率は0.180%、P含有率が0.0382%、K含有率が0.315%で、石川ら<sup>9)</sup>の報告の変動値内であった。また、家畜ふん尿はK含有率が高いことが報告されており<sup>6,9,16)</sup>、本研究のスラリーもK含有率が高く、基肥のスラリーで0.315%、追肥のスラリーでも0.198%であった。その結果、Kの投与量(kg/10a)は窒素の投与量より多く、追肥なしの12N区で21、24N区で42となった(表2)。

水稻ホールクロップのP、K、Na、Ca、Mg含有率およびK/(Ca+Mg)当量比の生育にともなう変化を図2に示した。P含有率は、6月15日の分けつ期において0.459から0.490%の範囲にあったが、その後、低下する傾向にあり、完熟期には0.195から0.205%の範囲で推移した。追肥直後の出穂期において、追肥あり区は追肥なし区に比べて、P含有率の低下の割合が小さい傾向があった。K含有率は、6月15日と7月13日には2.88から3.28%の範囲にあったが、その後低下し、9月22日の糊熟期以降、0.91から1.30%の範囲で推移した。Ca含有率は、0.14%前後で推移したが、9月6日の乳熟期に施肥区が0.177から0.188%の範囲で一時的に含有率が高くなる山型の変動を示した。Mg含有率はいずれの試験区も7月13日の幼穂分化期に高まり、9月6日の乳熟期以降低下する傾向にあった。また、施肥量の増加によりMg含有率が高まる傾向にあったが、追肥の有無による違いは明確ではなかった。

家畜ふん尿の特徴として、K含有率が高いことが知られており<sup>6,9,16)</sup>、家畜ふん尿を多量に投与した場合、Kなどの塩基類などが過剰となり、土壌中に蓄積し<sup>6,7)</sup>、草体成分に影響することが知られている<sup>6,9,16)</sup>。幾年にわたり多量のスラリーを投与して水稻を栽培した場合、Kが土壌中に蓄積していき、水稻体成分に影響してこないのか、今後、栽培試験を継続し、調査していく必要があると思われる。

NIELSENら<sup>15)</sup>は、NH<sub>4</sub>-NおよびNO<sub>3</sub>-Nを施用してイタリアアンライグラスを栽培した試験で、NO<sub>3</sub>-Nを施用した区において、地温の上昇によって好硝酸性植物であるイタリアンライグラスのCa含有率が高まったと報告している。本試験の施肥区のCa含有率は、9月6日の乳熟期に一時的に含有率が高まったが、8月の地温の上昇と関係があるのかもしれない。

Na含有率は、6月15日の分けつ期から9月22日の糊熟期まで低下する傾向にあったが、施肥により含有率が高くならなかった。また、6月から7月にかけて無施肥区が施肥区

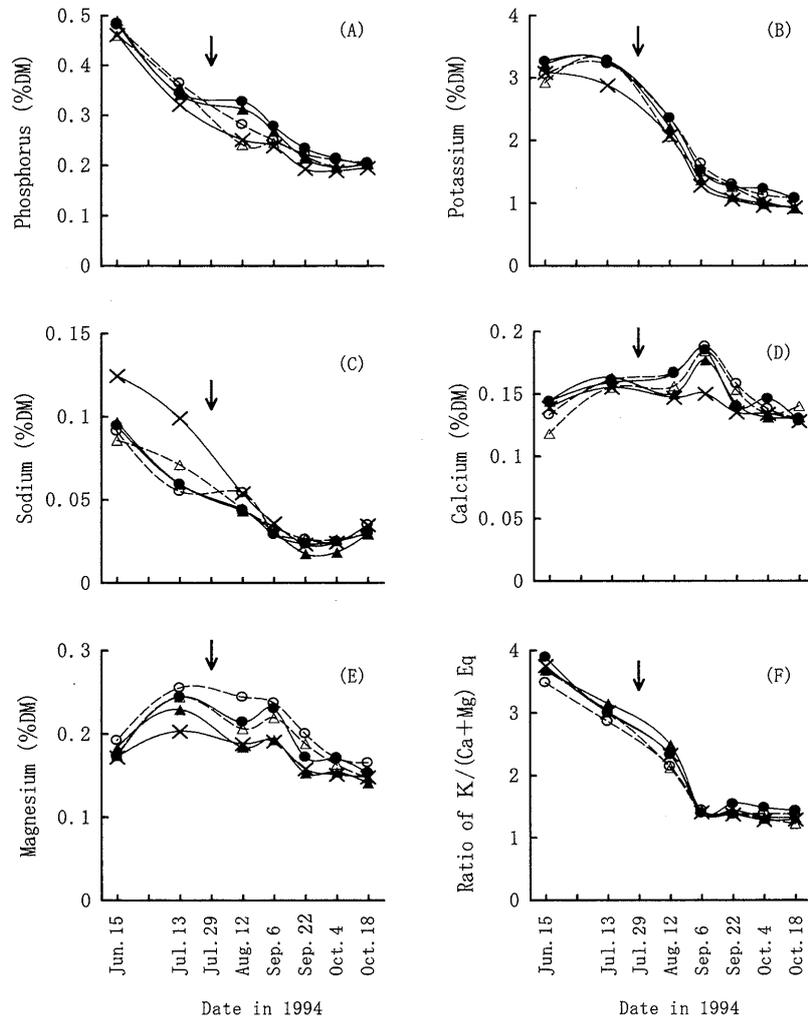


Fig. 2. Changes in contents of phosphorus (A), potassium (B), sodium (C), calcium (D), magnesium (E) and ratio of K/(Ca+Mg) Eq (F) in rice plant.  
 Milk-ripe stage : Sep. 6, Dough-ripe stage : Sep. 22, Yellow-ripe stage : Oct. 4, Full-ripe stage : Oct.18.  
 ↓ : Additional manure applied, Jul. 29.  
 × : 0 N kg/10 a.  
 △ : Basal dressing 12 N kg/10 a.  
 ▲ : Basal dressing 8 N kg/10 a+Topdressing 4 N kg/10 a.  
 ○ : Basal dressing 24 N kg/10 a.  
 ● : Basal dressing 16 N kg/10 a+Topdressing 8 N kg/10 a.

に比べて含有率が高かった。これは、無施肥区の水稲がKの欠乏を補うためにNaの吸収を促進させた結果、Na含有率が高くなったのではないかと考えられた。

本試験ではK/(Ca+Mg)当量比は播種後1カ月の伸長期において3.5から4.0の範囲にあったが、その後急激に低下し、9月6日の乳熟期以降、グラスタニー発生の危険値である2.2<sup>10)</sup>を下回り、1.5前後ではば一定で推移した。

本試験において、水稲ホールクロップのK/(Ca+Mg)当量比が乳熟期以降、危険値の2.2を下回ったのは、茎葉部のK含有率が生育にともなって低下したためと、出穂期以降、登熟の進展によりK/(Ca+Mg)当量比の低い子実部の割合が高まってきたためだと考えられた。

### 3. 水稲ホールクロップサイレージの発酵品質

表3に生育時期別サイレージの乾物回収率、水分、pH、有機酸組成、VBN/T-N、フリーク評点およびVスコアを示した。サイレージの水分含有率は乳熟期に65.3から70.3%の範囲にあったが、完熟期に54.5から60.5%に低下した。いずれの処理区とも水分は約70%以下であり、牧草サイレージのように予乾の必要がないと考えられた。サイレージの乾物回収率は、乳熟期で高く、黄熟期と完熟期で低かった。乾物回収率の高いサイレージはpHが低い傾向がみられた。本試験の水稲ホールクロップサイレージのpHは、4.78から5.39の範囲であり、登熟にともないpHが高まる傾向にあったが、各生育ステージにおいて施肥量と施肥方法の違いで有

Table 3. Effect of growth stage on fermented quality in rice plant silage.

| Item                      | Growth stage | Topdressing (+) <sup>1)</sup> |                     |                     | Topdressing (-) <sup>2)</sup> |                    | SEM <sup>6)</sup> |
|---------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
|                           |              | None <sup>3)</sup>            | 12 N <sup>4)</sup>  | 24 N <sup>5)</sup>  | 12 N                          | 24 N               |                   |
| DM recovery (%)           | Milk-ripe    | 98.5                          | 98.5                | 99.1                | 99.0                          | 98.4               | 1.5               |
|                           | Dough-ripe   | 95.7 <sup>ab7)</sup>          | 93.2 <sup>ab</sup>  | 99.1 <sup>a</sup>   | 86.3 <sup>b</sup>             | 97.9 <sup>ab</sup> | 4.1               |
|                           | Yellow-ripe  | 95.2 <sup>a</sup>             | 96.4 <sup>a</sup>   | 85.9 <sup>c</sup>   | 90.0 <sup>bc</sup>            | 97.3 <sup>a</sup>  | 1.9               |
|                           | Full-ripe    | 90.2                          | 94.0                | 89.3                | 92.6                          | 95.7               | 2.9               |
| Moisture (%)              | Milk-ripe    | 65.3 <sup>b</sup>             | 67.9 <sup>a</sup>   | 69.7 <sup>a</sup>   | 69.9 <sup>a</sup>             | 70.3 <sup>a</sup>  | 1.1               |
|                           | Dough-ripe   | 61.3 <sup>b</sup>             | 63.5 <sup>ab</sup>  | 66.5 <sup>a</sup>   | 66.8 <sup>a</sup>             | 67.4 <sup>a</sup>  | 1.0               |
|                           | Yellow-ripe  | 54.9 <sup>b</sup>             | 57.0 <sup>b</sup>   | 63.3 <sup>a</sup>   | 57.9 <sup>b</sup>             | 59.4 <sup>ab</sup> | 1.6               |
|                           | Full-ripe    | 54.5 <sup>b</sup>             | 54.7 <sup>b</sup>   | 56.8 <sup>ab</sup>  | 55.8 <sup>b</sup>             | 60.5 <sup>a</sup>  | 1.3               |
| pH                        | Milk-ripe    | 5.01                          | 4.78                | 4.78                | 4.80                          | 4.83               | 0.16              |
|                           | Dough-ripe   | 5.23                          | 4.90                | 4.95                | 5.03                          | 4.82               | 0.08              |
|                           | Yellow-ripe  | 5.39                          | 5.18                | 5.00                | 5.22                          | 5.38               | 0.15              |
|                           | Full-ripe    | 5.33                          | 5.15                | 5.35                | 5.18                          | 5.20               | 0.12              |
| Lactic acid (%FM)         | Milk-ripe    | 0.071 <sup>a</sup>            | 0.036 <sup>b</sup>  | 0.024 <sup>b</sup>  | 0.035 <sup>b</sup>            | 0.079 <sup>a</sup> | 0.010             |
|                           | Dough-ripe   | 0.045                         | 0.026               | 0.046               | 0.030                         | 0.015              | 0.012             |
|                           | Yellow-ripe  | 0.094                         | 0.065               | 0.055               | 0.126                         | 0.077              | 0.032             |
|                           | Full-ripe    | 0.106                         | 0.088               | 0.071               | 0.131                         | 0.098              | 0.025             |
| Acetic acid (%FM)         | Milk-ripe    | 0.246                         | 0.359               | 0.408               | 0.312                         | 0.337              | 0.056             |
|                           | Dough-ripe   | 0.253 <sup>b</sup>            | 0.403 <sup>ab</sup> | 0.416 <sup>ab</sup> | 0.346 <sup>ab</sup>           | 0.430 <sup>a</sup> | 0.037             |
|                           | Yellow-ripe  | 0.158                         | 0.251               | 0.251               | 0.159                         | 0.158              | 0.041             |
|                           | Full-ripe    | 0.158                         | 0.239               | 0.232               | 0.159                         | 0.274              | 0.039             |
| Propionic acid (%FM)      | Milk-ripe    | 0.313                         | 0.430               | 0.389               | 0.426                         | 0.283              | 0.080             |
|                           | Dough-ripe   | 0.078 <sup>b</sup>            | 0.120 <sup>ab</sup> | 0.152 <sup>ab</sup> | 0.129 <sup>ab</sup>           | 0.325 <sup>a</sup> | 0.070             |
|                           | Yellow-ripe  | 0.087 <sup>b</sup>            | 0.095 <sup>b</sup>  | 0.283 <sup>a</sup>  | 0.065 <sup>b</sup>            | 0.056 <sup>b</sup> | 0.061             |
|                           | Full-ripe    | 0.067                         | 0.076               | 0.083               | 0.056                         | 0.164              | 0.049             |
| Butyric acid (%FM)        | Milk-ripe    | 0.228                         | 0.241               | 0.156               | 0.233                         | 0.223              | 0.034             |
|                           | Dough-ripe   | 0.182                         | 0.283               | 0.244               | 0.219                         | 0.262              | 0.042             |
|                           | Yellow-ripe  | 0.106                         | 0.144               | 0.162               | 0.157                         | 0.163              | 0.028             |
|                           | Full-ripe    | 0.121                         | 0.181               | 0.162               | 0.141                         | 0.191              | 0.020             |
| Total acid (%FM)          | Milk-ripe    | 0.86                          | 1.07                | 0.98                | 1.01                          | 0.92               | 0.09              |
|                           | Dough-ripe   | 0.56 <sup>c</sup>             | 0.83 <sup>ab</sup>  | 0.86 <sup>ab</sup>  | 0.72 <sup>b</sup>             | 1.03 <sup>a</sup>  | 0.07              |
|                           | Yellow-ripe  | 0.44 <sup>b</sup>             | 0.55 <sup>ab</sup>  | 0.75 <sup>a</sup>   | 0.51 <sup>ab</sup>            | 0.45 <sup>ab</sup> | 0.11              |
|                           | Full-ripe    | 0.45 <sup>b</sup>             | 0.58 <sup>ab</sup>  | 0.55 <sup>ab</sup>  | 0.49 <sup>ab</sup>            | 0.73 <sup>a</sup>  | 0.09              |
| VBN/T-N <sup>8)</sup> (%) | Milk-ripe    | 9.2 <sup>b</sup>              | 10.8 <sup>b</sup>   | 15.3 <sup>a</sup>   | 10.3 <sup>b</sup>             | 12.0 <sup>ab</sup> | 1.3               |
|                           | Dough-ripe   | 7.7 <sup>b</sup>              | 9.2 <sup>ab</sup>   | 11.1 <sup>a</sup>   | 10.3 <sup>a</sup>             | 11.7 <sup>a</sup>  | 1.1               |
|                           | Yellow-ripe  | 5.3 <sup>b</sup>              | 6.5 <sup>ab</sup>   | 9.1 <sup>a</sup>    | 5.3 <sup>b</sup>              | 7.0 <sup>ab</sup>  | 0.9               |
|                           | Full-ripe    | 4.9 <sup>b</sup>              | 6.7 <sup>ab</sup>   | 7.3 <sup>ab</sup>   | 5.2 <sup>b</sup>              | 8.5 <sup>a</sup>   | 0.9               |
| Flieg's score             | Milk-ripe    | 11.7 <sup>b</sup>             | 13.3 <sup>ab</sup>  | 23.3 <sup>a</sup>   | 16.7 <sup>ab</sup>            | 13.3 <sup>ab</sup> | 3.0               |
|                           | Dough-ripe   | 11.7                          | 8.3                 | 13.3                | 11.7                          | 16.7               | 3.0               |
|                           | Yellow-ripe  | 20.0                          | 15.0                | 16.7                | 16.7                          | 15.0               | 4.5               |
|                           | Full-ripe    | 20.8                          | 13.3                | 10.0                | 21.7                          | 18.3               | 4.8               |
| V score                   | Milk-ripe    | 69.8                          | 61.4                | 51.9                | 65.9                          | 61.0               | 5.9               |
|                           | Dough-ripe   | 79.1 <sup>a</sup>             | 66.5 <sup>ab</sup>  | 61.5 <sup>ab</sup>  | 68.3 <sup>ab</sup>            | 57.7 <sup>b</sup>  | 5.4               |
|                           | Yellow-ripe  | 90.0 <sup>a</sup>             | 84.4 <sup>ab</sup>  | 75.2 <sup>b</sup>   | 85.8 <sup>ab</sup>            | 82.7 <sup>ab</sup> | 3.6               |
|                           | Full-ripe    | 89.3 <sup>a</sup>             | 81.2 <sup>ab</sup>  | 81.5 <sup>ab</sup>  | 87.7 <sup>a</sup>             | 74.4 <sup>b</sup>  | 3.5               |

1,2,3,4,5) See Table 2.

6) SEM : Standard error of the means.

7) Mean values with different superscript letters in a row were significantly different ( $p < 0.05$ ).

8) VBN/T-N : Volatile basic nitrogen/total nitrogen.

意差は認められなかった。有機酸組成をみると、乳酸含有率は糊熟期以降から登熟が進むにつれて高まり、逆に酪酸含有率は糊熟期以降低下した。水稲ホールクロップサイレージは、乳酸含有率が低く、酢酸と酪酸含有率が高いことが報告されており<sup>4,5,8,13)</sup>、本試験のサイレージも乳酸含有率が低く、酢酸と酪酸含有率が高かったために、フリーク法による評点が低かった。特に、乳酸含有率は0.2%以下でトウモロコシ<sup>8)</sup>に比較すると10分の1以下の極めて低い含有率であった。VBN/T-Nは登熟の進展とともに低下し、施肥量が多いほど有意に高くなったが、追肥の有無で明瞭な差はなかった。フ

リーク評点は、8.3から23.3の範囲にあり、乳熟期に追肥ありの24N区において有意に高くなったが、それ以外の生育ステージでは有意差はなかった。VFA含有率とVBN含有率から評価するVスコアは、乳熟期には51.9から69.8の範囲にあったが、登熟の進展とともに高くなり、完熟期には74.4から89.3の範囲に上昇した。いずれの生育ステージにおいても施肥量が多くなるとVスコアは低下する傾向にあり、各生育ステージにおけるVスコアは無施肥区が最も高かった。フリーク評点では乳酸含有率を重要視しているため、フリーク評点による発酵品質の評価は著しく低かった

Table 4. Effect of growth stage on chemical composition, TDN and TDN yield in rice plant silage.

| Item                     | Growth stage | None <sup>3)</sup> | Topdressing (+) <sup>1)</sup> |                    | Topdressing (-) <sup>2)</sup> |                    | SEM <sup>6)</sup> |
|--------------------------|--------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
|                          |              |                    | 12 N <sup>4)</sup>            | 24 N <sup>5)</sup> | 12 N                          | 24 N               |                   |
| Organic matter (%DM)     | Milk-ripe    | 87.5               | 86.7                          | 87.7               | 87.9                          | 88.1               | 0.7               |
|                          | Dough-ripe   | 88.7               | 89.4                          | 89.4               | 88.7                          | 89.0               | 0.4               |
|                          | Yellow-ripe  | 89.3               | 90.0                          | 89.0               | 89.8                          | 89.7               | 0.4               |
|                          | Full-ripe    | 88.5               | 89.0                          | 90.0               | 89.1                          | 89.0               | 0.5               |
| Crude protein (%DM)      | Milk-ripe    | 4.1 <sup>b7)</sup> | 4.6 <sup>ab</sup>             | 4.8 <sup>a</sup>   | 4.6 <sup>ab</sup>             | 4.8 <sup>a</sup>   | 0.2               |
|                          | Dough-ripe   | 4.2 <sup>c</sup>   | 4.8 <sup>bc</sup>             | 5.6 <sup>a</sup>   | 4.4 <sup>c</sup>              | 5.0 <sup>ab</sup>  | 0.2               |
|                          | Yellow-ripe  | 4.1 <sup>b</sup>   | 4.8 <sup>ab</sup>             | 5.2 <sup>a</sup>   | 4.9 <sup>ab</sup>             | 4.9 <sup>ab</sup>  | 0.3               |
|                          | Full-ripe    | 4.2 <sup>b</sup>   | 4.6 <sup>ab</sup>             | 5.2 <sup>a</sup>   | 4.6 <sup>ab</sup>             | 5.0 <sup>ab</sup>  | 0.3               |
| OCC <sup>8)</sup> (%DM)  | Milk-ripe    | 25.3               | 23.3                          | 24.3               | 21.6                          | 21.9               | 2.6               |
|                          | Dough-ripe   | 33.5 <sup>a</sup>  | 33.9 <sup>a</sup>             | 31.6 <sup>ab</sup> | 28.1 <sup>b</sup>             | 27.6 <sup>b</sup>  | 1.4               |
|                          | Yellow-ripe  | 36.2 <sup>a</sup>  | 36.5 <sup>a</sup>             | 31.0 <sup>b</sup>  | 34.4 <sup>ab</sup>            | 33.0 <sup>ab</sup> | 1.7               |
|                          | Full-ripe    | 34.1               | 34.4                          | 33.5               | 32.1                          | 32.6               | 1.1               |
| OCW <sup>9)</sup> (%DM)  | Milk-ripe    | 62.2               | 63.4                          | 63.3               | 66.3                          | 66.2               | 2.3               |
|                          | Dough-ripe   | 55.2 <sup>b</sup>  | 55.5 <sup>b</sup>             | 57.8 <sup>ab</sup> | 60.5 <sup>a</sup>             | 61.4 <sup>a</sup>  | 1.2               |
|                          | Yellow-ripe  | 53.1 <sup>b</sup>  | 53.5 <sup>b</sup>             | 58.1 <sup>a</sup>  | 55.4 <sup>ab</sup>            | 56.7 <sup>ab</sup> | 1.5               |
|                          | Full-ripe    | 54.4               | 54.6                          | 56.5               | 57.1                          | 56.4               | 1.0               |
| Oa <sup>10)</sup> (%DM)  | Milk-ripe    | 9.4                | 7.0                           | 7.2                | 6.6                           | 5.4                | 1.5               |
|                          | Dough-ripe   | 5.7                | 6.0                           | 6.0                | 5.6                           | 5.2                | 1.0               |
|                          | Yellow-ripe  | 3.9                | 3.6                           | 4.0                | 4.7                           | 4.7                | 0.9               |
|                          | Full-ripe    | 6.9                | 6.3                           | 5.9                | 5.9                           | 5.3                | 0.5               |
| Ob <sup>11)</sup> (%DM)  | Milk-ripe    | 52.8 <sup>b</sup>  | 56.4 <sup>ab</sup>            | 56.2 <sup>ab</sup> | 59.7 <sup>a</sup>             | 60.9 <sup>a</sup>  | 1.5               |
|                          | Dough-ripe   | 49.5 <sup>b</sup>  | 49.6 <sup>b</sup>             | 51.8 <sup>ab</sup> | 55.0 <sup>a</sup>             | 56.2 <sup>a</sup>  | 1.5               |
|                          | Yellow-ripe  | 49.1 <sup>b</sup>  | 49.8 <sup>ab</sup>            | 54.1 <sup>a</sup>  | 51.9 <sup>ab</sup>            | 52.0 <sup>ab</sup> | 1.5               |
|                          | Full-ripe    | 47.5 <sup>c</sup>  | 48.3 <sup>bc</sup>            | 50.6 <sup>ab</sup> | 51.2 <sup>a</sup>             | 51.1 <sup>a</sup>  | 0.8               |
| TDN <sup>12)</sup> (%DM) | Milk-ripe    | 53.8               | 50.7                          | 51.8               | 49.2                          | 48.4               | 1.5               |
|                          | Dough-ripe   | 56.8 <sup>a</sup>  | 57.1 <sup>a</sup>             | 55.7 <sup>ab</sup> | 53.3 <sup>b</sup>             | 52.6 <sup>b</sup>  | 1.0               |
|                          | Yellow-ripe  | 57.3 <sup>a</sup>  | 57.1 <sup>ab</sup>            | 54.1 <sup>b</sup>  | 56.0 <sup>ab</sup>            | 55.8 <sup>ab</sup> | 1.0               |
|                          | Full-ripe    | 57.7 <sup>a</sup>  | 57.5 <sup>ab</sup>            | 56.9 <sup>ab</sup> | 56.0 <sup>b</sup>             | 56.1 <sup>b</sup>  | 0.5               |
| TDN yield (kg/10 a)      | Milk-ripe    | 426 <sup>b</sup>   | 572 <sup>a</sup>              | 622 <sup>a</sup>   | 511 <sup>ab</sup>             | 546 <sup>ab</sup>  | 35                |
|                          | Dough-ripe   | 574 <sup>b</sup>   | 720 <sup>a</sup>              | 728 <sup>a</sup>   | 617 <sup>ab</sup>             | 637 <sup>ab</sup>  | 32                |
|                          | Yellow-ripe  | 627 <sup>c</sup>   | 752 <sup>a</sup>              | 782 <sup>a</sup>   | 665 <sup>bc</sup>             | 733 <sup>ab</sup>  | 40                |
|                          | Full-ripe    | 628 <sup>b</sup>   | 793 <sup>a</sup>              | 803 <sup>a</sup>   | 693 <sup>ab</sup>             | 721 <sup>ab</sup>  | 37                |

1,2,3,4,5,6,7) See Table 2 and Table 3.

8) OCC : Organic cellular contents.

9) OCW : Organic cell wall.

10) Oa : Fraction of OCW digested by cellulase hydrolysis for 4 hrs.

11) Ob : Residual OCW after cellulase digestion for 4 hrs.

12) TDN : Total digestible nutrients.

が、V スコアでは乳酸含有率を判定から除外し、VFA 含有率と VBN/T-N により評価されるため、V スコアによる評価では高い評点を得た。本試験で水稻ホールクロップサイレージの V スコアが登熟の進展にともない良好になったのは、生育による乾物率の増加により水分含有率が減少し、発酵が抑えられ、酪酸や VBN の生成が抑えられたためだと考えられた。

永西と四十万谷<sup>4)</sup>は、水稻ホールクロップサイレージの乳酸発酵が促進しない原因に、乾物率がトウモロコシよりも高いこと。茎部が中空で空気が残存しやすいこと。穂部はデンプン主体でしかも靱がらで被われているため、穂部の発酵基質は発酵に利用されにくく、サイレージの発酵に主にかかわってくる茎葉部の WSC 含有率が低いことをあげている。箭原ら<sup>20)</sup>は、水稻ホールクロップの茎葉部の WSC 含有率は、開花期に乾物中 15.5% だったものが、登熟の進展にともない低下し、成熟期に 9.2% になったと報告している。水稻ホールクロップサイレージは生育のある程度進んだ状態で利用されるため、発酵に影響する茎葉部の WSC 含有率が低下した状態で利用されると考えられる。このため、乳酸菌の活動が弱く、pH の低下が不十分となって酪酸が多く生成しやすいサイレージになりやすい。今後、サイレージの発酵品質を改善するために、糖と乳酸菌面からの検討を加える必要があると思われる。

#### 4. 水稻ホールクロップサイレージの化学組成と栄養価

表 4 に生育時期別的水稻ホールクロップサイレージの飼料成分、TDN 含有率および TDN 収量を示した。生育が進むにつれて、粗タンパク質含有率は変動が少なかったものの、OCC 含有率は増加し、OCW 含有率と Ob 含有率は減少した。

TDN 含有率は、乳熟期に 48.4 から 53.8% の範囲であったが、登熟の進展にともなって増加し、完熟期には 56.0 から 57.7% の範囲に増加した。糊熟期以降、無施肥区の TDN 含有率が有意に高く、施肥区で有意に低かった。無施肥区の TDN 含有率は、乳熟期に 53.8% であったが、その後、他の試験区と同様に登熟が進むにつれて含有率が高まり、糊熟期に 56.8%、黄熟期に 57.3%、完熟期に 57.7% の含有率であった。無施肥区で TDN 含有率が高かったのは、細胞壁の生長が促進しないため、相対的に易消化性の成分が多くなったために TDN 含有率が高くなったと考えられた。

乾物収量に TDN 含有率とサイレージの乾物回収率を乗じて算出した TDN 収量 (kg/10a) は、乳熟期に 426 から 622 の範囲であったが、登熟にともなって増加し、完熟期には 628 から 803 の範囲に増加した。各生育ステージにおいて、追肥あり区の 12N 区と 24N 区が他の処理区と比較して有意に高かったことから、TDN 収量を増加させるには、追肥を行う施肥体系が望ましいと考えられた。

箭原ら<sup>20)</sup>や名久井ら<sup>13)</sup>は、牛における水稻ホールクロップサイレージの未消化子実の排泄量は登熟が進むにつれて増加したと報告している。名久井ら<sup>13)</sup>は、水稻ホールクロップサイレージを調製する際の収穫適期は、発酵品質は黄熟期が最良であること、黄熟後期以降には、サイレージの総酸生成量

が 30 mmol% 以下になり変敗の危険性が高まること、栄養収量は完熟期が多いものの、肉牛の採食量は黄熟期の方が勝っていたことなどから黄熟期であると報告している。

このことを踏まえ、本試験では、水稻におけるスラリーの窒素利用率は 8 月 12 日以降ほぼ一定で増加しなかったこと、K/(Ca+Mg) 当量比は乳熟期以降、危険値である 2.2 を下回ったこと、V スコアでみたサイレージの発酵品質は黄熟期以降ほとんど変わらなかったこと、TDN 含有率および TDN 収量は登熟の進展にともない増加したが、黄熟期以降、増加の割合が小さかったことなどを考慮して、刈取り適期は黄熟期であると思われた。また、スラリーのみで窒素量を慣行量の 3 倍までの多肥による水稻の栽培は可能で、追肥をすると窒素の利用と栄養収量が高まることが分かった。

#### 謝 辞

本研究の実施にあたり、水稻の栽培でご協力とご指導を頂いた山形大学付属農場五十嵐弘氏、遠藤正昭氏ならびに山形大学付属農場の諸氏の方々に感謝致します。

#### 引用文献

- 1) 阿部 亮 (1988) 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜試研資 2, 20-75.
- 2) BARKER, S.B. and W.H. SUMMERSON (1941) The colorimetric determination of lactic acid in biological material, *J. Biol. Chem.* 138, 535-554.
- 3) CONWAY C.L. (1950) Microdiffusion Analysis and Volumetric Error. Lockwood and Son Ltd. London.
- 4) 永西 修・四十万谷吉郎 (1998) 稲ホールクロップサイレージの発酵特性. 日草誌 44, 179-181.
- 5) 福見良平・熊井清雄・丹比邦保 (1979) 登熟ステージ別水稻サイレージの品質並びに飼料価値. 畜産の研究 33, 997-999.
- 6) 橋元秀教 (1976) 家畜ふん尿の大量連続施用における問題点. 畜産の研究 30, 199-204.
- 7) 畠中哲哉・倉島健次・木村 武 (1983) 家畜ふん尿施用土壌の土壌管理に関する研究. (1). 化学性からみた草地・飼料畑土壌の実態と問題点. 草地試研報 25, 48-59.
- 8) 堀口健一・高橋敏能・萱場猛夫・笹原健夫 (1992) V 字葉型水稻と他の飼料作物のホールクロップサイレージにおける栄養価の比較. 日草誌 38, 242-245.
- 9) 石川俊夫・高橋敏能・太田三郎・斎藤義男・丸山 勤・長谷川信男 (1981) 液状厩肥の施用が牧草の成分に与える影響についての一考察. 山形農林学会報 38, 13-18.
- 10) KEMP, A. and M.L.T HART (1957) Grass tetany in grazing milking cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 5, 4-17.
- 11) 松崎敏英 (1976) 家畜ふん尿の農作物への施用技術. 畜産の研究 30, 205-210.
- 12) 森本 宏監修 (1971) 動物栄養試験法. 養賢堂. 東京. pp.280-427.
- 13) 名久井 忠・榎木茂彦・粟飯原友子・箭原信男・高井慎二 (1988) 稲ホールクロップサイレージの調製と飼料価値の評価. 東北農試研報 78, 161-174.
- 14) 永原太郎・岩尾裕之・久保彰治 (1970) 全訂食品分析法. 柴田書店. 東京. pp.148-163.
- 15) NIELSEN, K.F. and R.K. CUNNINGHAM (1964) The effects of soil temperature and form and level of nitrogen on growth and chemical composition of italian ryegrass. *Soil Sci. Soc. Proc.*

- 25, 213-218.
- 16) 越智茂登一 (1984) 飼料作物に対する家畜ふん尿の施用技術の確立に関する研究. 草種による家畜ふん尿施用反応特性. 草地試研報 28, 22-38.
- 17) SASAHARA, T., C.H. CUI and K. SENO (1989) Photosynthetic capacity and inheritance of v-type leaf in rice (*Oryza sativa* L.). *Japan. J. Breed* 39, 15-22.
- 18) SASAHARA, T., T. TAKAHASHI, T. KAYABA and S. TSUNODA (1992) A new strategy for increasing plant productivity and yield in rice. *International Rice Commission Newsletter* 41, 1-6.
- 19) 高井康雄・三好 洋 (1977) 土壌通論. 朝倉書店. 東京. pp. 121-125.
- 20) 箭原信男・高井慎二・沼川武雄 (1981) 水稲ホールクロップサイレージの調製利用に関する研究. 東北農試研報 63, 151-159.
- 21) 山崎耕宇・杉山達夫・高橋英一・茅野充男・但野利秋・麻生昇平 (1993) 植物栄養・肥料学. 朝倉書店. 東京. pp. 76-79.
- 22) 吉田宣夫・武政案一・高橋哲二・増山忠良 (1993) しめ縄用在来種水稲ならびに飼料用水稲 (*Oryza sativa* L.) の収量性と飼料的特性. 日草誌 39, 359-363.
- 23) 自給飼料品質評価研究会編 (1994) 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地協会. 東京. pp. 79-87.
- 24) 農林水産省草地試験場 (1998) 飼料イネ. 水稲の飼料利用 (飼料イネ) に関する生産・調製・利用技術の研究レビューと今後

の技術開発方向. 草地試験場平成 9-10 資料. pp. 11.

- 25) 山形県農林水産部農業技術課監修 (1986) 農業宝典. 山形県農業技術普及課. 山形. pp. 12-13.

## 要 旨

加納昌彦・高橋敏能・萱場猛夫 (2000) : 家畜ふん尿の施肥量と施肥法の違いが水稲ホールクロップの窒素利用率, 無機物含有率, サイレージの発酵品質ならびに栄養収量に及ぼす影響. 日草誌 45, 379-387.

乳牛のスラリーを多量に施肥してV字葉型水稲を栽培し, 窒素の利用率, 無機物含有率, ホールクロップサイレージの発酵品質と栄養収量を調査した。水田に窒素量が慣行量 (8 kg/10 a) の 1.5 倍 (12 kg/10 a) と 3 倍量 (24 kg/10 a) になるように乳牛のふん尿 (スラリー) を, 基肥のみと基肥と追肥に分けて施肥して水稲を栽培した。水稲の窒素の利用率は 8.8% から 30.9% の範囲であり, 追肥をして栽培すると高い利用率を示した。K/(Ca+Mg) 当量比は乳熟期以降, 危険値の 2.2 を下回った。ホールクロップサイレージの発酵品質は, 登熟の進展にともない改善される傾向にあった。TDN 収量は家畜ふん尿を基肥と追肥に分けて施肥すると多くなった。以上の結果より, 追肥をすると窒素の利用と栄養収量が高まることが分かった。

キーワード: 栄養収量, 水稲ホールクロップ, スラリー, 発酵品質, 無機物.