中国におけるイネ生産と調製の現状と展望

Zhu YU¹ · Jian-Guo ZHANG² · Tao SHAO³ · Q.Z. SUN⁴

¹ Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China

² College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

³ College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

⁴ Grassland Research Institute, CAAS, Huhhot 010010, China

要 約 飼料イネは、コメ生産が過剰である、生産性の低い水田が多いまたは未利用水田の多い地域において水田を有効利用する方法として注目を集めている。飼料イネの生産は水田を保全し、飼料自給率低下の問題を解決でき、それはまた、農業構造の調整、農家収入、土地利用および環境保全にも役立つ。本論文は中国における飼料イネ生産発展に向けての課題を検討するために、飼料イネの栽培管理、収穫、保蔵、調製加工および利用の現状をまとめたものである。

キーワード：中国、乳酸菌、サイレージ、飼料イネ。

イネ (*Oryza sativa* L.) は主要穀物の一つで、世界における栽培面積は小麦に比べて若干少ないが、中国の水田は世界の水田面積の四分の一、食糧生産面積の三分の一を占めており (Xiong 1995)、広大である。生活水準が向上すると、畜産物消費が多くなるので、稲作中心の国や地域ではコメ生産が過剰となり、その保管に莫大な経費がかかる。そこで、研究者や管理者たちは水田の利点を生かしたより有効な利用法を考え、イネを飼料として利用できる可能性を見出し、広く利用するための研究を開始した。

1. 飼料イネの概念

飼料イネという用語は単に動物飼料を意味する。それは、利用目的によって二つに分けられる。一つは“玄米”飼料である。子実の部分を利用するもので、その育種目標は主に子実の収量と栄養価であり、ブタやニワトリのような単胃動物に与えられる。もう一つは、イネ全体を飼料として利用するもので、その育種目標は子実の生産量と栄養価だけでなく、茎と葉を含めた全植物体の収量と栄養組成の向上であり、従来のイネ育種の目標とは異なる。これは主にウシ、メンヨウなどの反芻家畜、ウマ、ウサギなどの単胃動物、魚などの水生動物などの草食動物の飼料となる (Qing 2006)。

2. 飼料イネの意義

2.1 冬季の水田や条件の悪い低湿地水田の利用効率の改善

中国南部の15の県においては、130万haもの水田が冬季には利用されず、その面積は水田の50%を占める。広

東省、広西チワン自治区、江西省、湖南省の面積は10億haである。一般には、約5ヵ月から7ヵ月もの間利用されない未利用水田が、そうでない場合は収量が低く品質の悪いコメしか生産できない条件の悪い低湿地水田である。これらの条件不利水田または未利用水田で飼料イネを栽培することによって水田を有効に利用でき、農家の収入を向上することができる。

2.2 作物栽培構造の調整と家畜飼料不足の緩和

経済発展と生活水準の向上に伴い畜産物(肉、乳、卵)の消費量が伸びた結果、家畜・家禽の生産が著しく増大し、高品質飼料の不足が、特に中国南部において顕著になった。水田での飼料イネの栽培は、飼料不足を解決するだけでなく、水田と畜産業を有機的に結びつけて農業と畜産業の発展を促進するものである。

2.3 土地、水および肥料の利用性改善と資源浪費の低減

飼料イネは食用イネよりも収量が高く、土地、水そして肥料の利用効率が高い。さらに、子実、茎、葉を一緒に利用できるため、生物資源の無駄がない。

2.4 飼料イネの利用は飼料不足を解消し、中国における南北間の地域バランス均衡に役立つ

飼料イネ技術の発展によって、食糧の地域バランスの均衡が図られ、中国南部の畜産業が発展する。生態学的な条件(土地、天候)の制限から、中国の北西部では主にトウモロコシとメンヨウを生産し、南部ではイネとブタ、南西部では小麦とメンヨウを生産している。南部の8県(湖南省、江西省、広東省、広西チワン自治区など)で中国全体の80%以上のコメを生産している。飼料用トウモロコシの生産量は20億kg以下である。近年、家

連絡者：Zhu YU (e-mail: yuzhu3@sohu.com)

畜・家禽用トウモロコシの必要量の 80 億 kg は中国北部から供給されている。湖南省だけでも 15 億 kg が必要で約 25 億中国元の費用が必要である。十分な飼料供給が畜産業発展の基礎である。しかしながら、飼料を生産する場合、地域資源の条件と基礎を考慮する必要がある。南部でイネを生産する利点がある。トウモロコシ生産ではなく、この利点を利用することだけが食糧不足を解決する根本的な方法である。

3. 中国における飼料イネ利用の研究

3.1 イネのホールクロップ

イネのホールクロップに関する研究は、中国では開始されたところである。飼料イネの育種とサイレージ調製についての研究は、科学技術支援国家プロジェクト第 11 次 5 年計画（2006～2010）の「酪農のためのキーテクノロジーに関する研究と実証」の中で行われている。政府と広東省との共同プロジェクト（2007～2010）は、南中国農業大学の Lu Yonggen 教授が責任者となっている。その二つの研究プロジェクトは 1 年少し前に開始されたばかりで、主な担当者は南中国農業大学の Zhang Jianguo 教授と中国農業大学の Yu Zhu 教授である。それに加えて、Wu と Han（2005）は Jin You 402 と Jia Yu 948 を用いてホールクロップサイレージの小規模な実験を実施した。6 系統のイネがホールクロップサイレージとしての給与とサイレージ調製法について調べられ、現在では 40 種類の飼料イネが南中国農業大学で詳細に研究されている。中国では、飼料米とイネホールクロップの給与だけでなく、子実と茎葉の双方を利用できる品種の育種や利用も成功している（Zheng ら 1994, 2003 ; Ye ら 2004）。

3.2 実施されている研究

3.2.1 イネのサイレージ材料としての特性

トウモロコシやその他の従来の飼料作物と比べると、イネはサイレージにするのが困難な材料の一つである。その理由は、茎が固く中空で、内部に空気が多いこと、付着乳酸菌の数（ 10^2 cfu/g 以下）が少なく、緩衝能が高く（350 mE/乾物 kg 以上）、水溶性炭水化物が少ない（乾物中 3.5% 以下）ことである。イネサイレージの品質を高めるためには、微生物添加剤のような特別な技術が必要であることが示唆された。

3.2.2 乳酸菌添加がイネサイレージの発酵品質に及ぼす効果

発酵の過程で乳酸菌は水溶性炭水化物を利用して乳酸を産生し pH を低下させる。多くのサイレージ材料には付着乳酸菌数が少なく、しかもそのほとんどはヘテロ型乳酸菌である。この問題についての研究において、新たな乳酸菌添加剤が紹介された。イネ向けの乳酸菌添加剤開発のための研究が開始され、乳酸菌添加剤が選抜された。選抜された乳酸菌の機能は以下のようである。1) 発

酵速度が速く、乳酸産生量が多い、2) タンパク質の分解を抑え、サイレージの栄養価を高めることができる。

3.2.3 化学的な添加剤がイネサイレージの発酵品質に及ぼす効果

糖類、蟻酸または糖と乳酸菌を組み合わせたものの添加によってイネサイレージの発酵品質は改善され、特に糖と乳酸菌の組み合わせは効果的であった。

3.2.4 物理処理がイネサイレージの発酵品質に及ぼす効果

イネホールクロップの切断長（2, 4, 6 cm）、その他の物理処理および物理処理と添加剤の交互作用によるイネサイレージの発酵品質の変化が調べられた。その結果、切断長が 2 cm の時に発酵品質がよく、pH は他の切断長よりも低かった。添加剤を混合した場合、切断長が 2 または 4 cm で pH が 4.2 以下となった。

3.2.5 イネとアルファルファ残さの混合が発酵品質に及ぼす影響

アルファルファ残さにイネホールクロップを異なる割合（20, 25, 30, 35%）で混合した場合の発酵品質を調べた。その結果、イネを混合したサイレージではアルファルファ残さのみの場合に比べて、乳酸とその総酸に占める割合が高く（ $P < 0.05$ ）、pH と総酸に占める酢酸の割合が低かった（ $P < 0.05$ ）。イネを混合することによって、アルファルファ残さサイレージの発酵品質が改善できる。アルファルファ残さとイネの最適混合割合は、6.5 対 3.5 であった。

3.2.6 収穫時期の異なるイネサイレージの発酵品質

予備試験として、生育ステージの異なるイネをサイレージにして化学成分組成、発酵品質を比較した。イネはダイレクト収穫でロールペールサイレージに調製して 30 日間貯蔵した。その結果、最も発酵品質がよかったのは糊熟期（Wax maturity）であった。

3.2.7 Cornzyme の添加が飼料イネサイレージの品質に及ぼす影響

Cornzyme は、Finland Feed International (FFI) が開発したサイレージ用液体添加剤で、セルロースとヘミセルロース分解酵素とグルコースオキシダーゼを含んでいる。実用規模において、1 kg あたり 1, 1.5, 2 mL の Cornzyme を添加してサイレージを調製し 30 日後に発酵品質を無添加区と比較した。その結果、Cornzyme の添加によって発酵品質を改善でき、その添加量が高いほど効果が高いことが分かった。

3.2.8 Shengxia 酵素の添加が飼料イネサイレージの発酵品質に及ぼす影響

Shengxia 酵素は Ningxia Shengxia Industrial Company から提供されたサイレージ用酵素（セルロースキシロース分解酵素）である。本酵素と液体の Cornzyme をインディカの早生種に添加して、酵素の種類と添加量を検討した。処理区は 1 kg あたりの添加量を 2, 2.5, 3.0 mL と

した。

3.2.9 添加剤の組み合わせが飼料イネサイレージの品質に及ぼす影響

初期の研究を踏まえて、種々の酵素とソルビン酸との組み合わせが飼料イネサイレージの品質に及ぼす影響を検討し、新たな酵素の開発の準備を行った。処理区は、無添加区、1.5 mL Cornzyme/kg, 2.5 mL Shenxia/kg, 0.1% ソルビン酸、1.5 mL Cornzyme/kg+0.1% ソルビン酸、2.5 mL Shenxia/kg+0.1% ソルビン酸であった。

3.2.10 糖蜜の添加が飼料イネサイレージの品質に及ぼす影響

飼料イネに糖蜜を添加すると水溶性炭水化物の含量が増加し、乳酸発酵が促進されサイレージの発酵品質を改善できる。この研究では、最も経済的な糖蜜の添加水準を検討した。すなわち、糖蜜を 0, 3, 4, 5% 添加してサイレージを調製し、30 日後に開封して pH, 乾物, 乳酸, アンモニア, 窒素, 水溶性炭水化物, 酸性デタージェント繊維, 中性デタージェント繊維, 揮発性脂肪酸を分析した。

3.2.11 晩植用 6 品種のサイレージ品質についての研究

6 種類のイネ系統 (Guixiang Nian, Huajingxian No. 74, Pin No. 14, Pin No. 15, Peizairuanxiang and Tianyou No. 998) の形態学的特徴, 栄養素, サイレージの品質を調べた。その結果, Peizairuanxiang は最も背が高く長い穂部をもち, Tianyou No. 998 は収量が最も高く, Guixiang Nian は灰分が最も少なく, Huajingxian No. 74 はタンパク質が最も多く, 単糖類の含量は系統間に差のないことが分かった。サイレージの pH には系統間で有意な差が認められた。乳酸菌を添加してもサイレージの pH, アンモニア, 有機酸含量は系統間で大きな違いは認められなかった。Peizairuanxiang, Huajingxian No. 74, Tianyou No. 998 は, 収量, タンパク質含量, 灰分含量で明らかに優れており, 飼料利用または育種素材として適していた。

3.3 研究結果

3.3.1 理論的な結果

これまでの研究結果から、飼料イネサイレージの材料の特徴、その物理的、化学的、微生物学的特徴を理解し、中国において飼料イネサイレージを調製するための新しい技術を開発するための理論的な基礎知見を得ることができた。

3.3.2 適用結果

酵素添加サイレージ調製技術：酵素添加によって、飼料イネサイレージの発酵品質を改善できることを予備的に確認した。

糖蜜添加サイレージ調製技術：異なった水準の糖蜜添加が飼料イネサイレージの発酵品質に及ぼす影響は明らかになった。

微生物添加サイレージ技術：微生物の添加によって、飼料イネサイレージの発酵品質を改善できることを予備的に確認した。

物理的処理によるサイレージ調製技術：切断および切断と微生物添加の効果は明らかになった。

3.4 問題点

3.4.1 中国ではこの分野の研究資金が限られており、イネに適した乳酸菌のスクリーニング試験を行うことが困難である。国内外の乳酸菌添加剤を用いた試験しかできないのが現状である。

3.4.2 不適切な方法によってよい効果の得られない場合がある。材料の特徴や微生物添加剤のタイプを勘案した研究を今後進める必要がある。

3.4.3 サイレージ用酵素の種類は多く、これらの酵素の効果も異なる。予算が限られていることから、2 種類の酵素しか検討することができなかった。

3.4.4 糖蜜を大規模な条件で用いようとする、コストの問題が生じる。適切な添加水準を選ぶか、他の同様な添加剤を検討するのかが今後の重要な課題である。

文 献

- Qing X. 2006. Research and development of forage rice [J]. *Today Animal Husbandry and Veterinary* **11**, 49–50.
- Wu X, Han L. 2005. Effects of lactobacillus on quality of paddy rice silage [J]. *Journal of Agricultural University* **10** (3), 35–39.
- Xiong Z. 1995. Prospect 21st century from the development of paddy [J]. *Crop Journal* **5**, 1–4.
- Ye X, Jiang J, Lu L (*et al.*). 2004. A new variety of valley stalk dual purpose rice "Dong Nan" 201 [J]. *China Seeds* **11**, 54.
- Zheng J, Chen J, Huang Q (*et al.*). 1994. Studies on the Grain-straw-dual-use-rice Straw [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, **27**, 79–86.
- Zheng J, Chen J, Huang Q (*et al.*). 2003. Studies on Feeding Animals with Grain-straw-dual-use-rice Straw [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, **36**, 99–104.