

下水処理水灌漑により栽培された飼料用米の栄養特性の評価

山形大学農学部 ○倉島須美子, 堀口健一, 梶原晶彦, 渡部徹
岩手大学大学院連合農学研究科 Pham Duy Dong

1. はじめに

我々の研究グループでは、耐倒伏性に優れ、多肥栽培が可能な飼料用米の栽培に下水処理水を循環して灌漑利用することで、処理水の水質浄化と水稻の収穫の両立を目指した研究を行ってきた¹⁾。昨年度に行った品種「べこあおば」の栽培実験²⁾では、同品種の通常の水田での目標収量(8t/ha)を達成した。一昨年度の実験と比較して、灌漑に用いる下水処理水量を増加させることで増収が確認された上に、家畜飼料として重要な玄米中のタンパク質含有率も高い値が得られた。

本研究では、水田に供給する下水処理水をさらに増やすことによる増収と玄米中タンパク質の増加を期待して、処理水を水田で循環させずに「掛け流し」で灌漑利用することにした。また、タンパク質以外の栄養成分の分析も行い、下水処理水を用いて栽培された飼料用米の栄養特性を評価することも目的とした。

2. 方法

2. 1 実験装置と実験条件

灌漑用水を掛け流しにする水田模型と2つのタンクからなる実験装置を6系列用意した(表1)。灌漑用水には、標準活性汚泥法を採用する下水処理場からの塩素消毒後の放流水(TN濃度:25~40mg/L³⁾)を用いた。これを流入水タンクに投入し、田面または暗渠(深さ15cmに設置)から水田模型に常時流入させた。土壌表面から5cmの高さにある放流口から越流した田面水は、流出水タンクに溜まるようにした。水田模型の面積は0.6m×0.3mであり、これを4つに区切り、各区画に1株(稚苗5本)を移植した(5月25日)。7月27日から8月3日の中干し(水田模型の水を抜き土壌を乾燥させること)を経て、9月26日に収穫を行った。

表1. 6つの系列における実験条件

	系列A	系列B	系列C	系列D	系列E	系列F
灌漑用水	下水処理水			水道水	下水処理水	
灌漑水量(L/日)	約2	約3			約4.5	
灌漑水投入の方向	暗渠から				田面から	暗渠から
使用した化学肥料	リン			リン、窒素、カリウム	リン	
発電	あり		なし	あり		

注: 化学肥料の施肥量は、窒素 160kg/ha, リン酸 160kg/ha, カリウム 160kg/ha とした。

6系列のうち、系列A、B、Eでは灌漑に用いる下水処理水の量に差をつけて、水稻の生長、玄米の収量や栄養特性に対する影響を調べる。系列BとCの比較では、水田で発電を行うことによる影響を調べる。系列EとFの比較では、処理水を暗渠から投入することによる効果を確認する。系列Dだけは下水処理水を利用しない。これは通常の水田を想定した系列であり、化学肥料を施用し、灌漑用水としての水道水を蒸発散で不足した分だけ追加する。飼料用米栽培では、食用米栽培の2倍程度まで施肥量(窒素)を増やすことが推奨されている。系列Dではそれに沿って最大限の施肥を行っており、その結果は通常の水田における飼料用米栽培のポテンシャルを示すものと見なした。

2. 2 玄米の栄養分析

飼料用米の栄養素として水分、粗灰分、粗タンパク質、粗脂肪、粗繊維、可溶無窒素の6成分を分析した。

キーワード: 下水処理水再利用、飼料用米、収量、生育、栄養特性

住所: 山形県鶴岡市若葉町1-23、Tel: 0235-28-2907、Email: to-ru@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

水分は 135℃2 時間乾燥法、粗灰分は直接灰化法、粗脂肪はエーテル抽出法、粗繊維はろ過法、粗タンパク質はケルダール法でそれぞれ分析・定量した⁴⁾。これ以外の成分を可溶無窒素物（≒炭水化物）とした。

3. 結果と考察

3. 1 水稻の生長と収量

各系列で栽培された水稻の生長指標（草丈、茎数、SPAD の最大値）と収量を表 2 に示す。収量については、下水処理水投入量が最も多い系列 E と F の収量は系列 D よりも多く、十分な量の下水処理水を灌漑することで通常の水田よりも高い収量をあげられる可能性を示した。系列 E と F の比較では、暗渠からの下水処理水投入によって収量が増加した。系列 B と C の比較では、発電を行わない系列 B で収量が多かった。系列 B は A よりも収量が少なく、この系列でのみ何らかの制御できない因子によって収量が低下したかもしれない。

表 2. 草丈、茎数、SPAD の最大値と収量（平均値±標準偏差, n=4）

	系列A	系列B	系列C	系列D	系列E	系列F
草丈(cm)	84.3±4.6	88.3±4.7	85.2±4.6	90.9±4.8	91.7±4.8	86.6±4.7
SPAD	44.3±3.3	45.6±3.4	46.2±3.4	47.1±3.4	46.9±3.4	42.6±3.3
茎数(本/株)	19.0±2.2	21.7±2.3	24.0±2.4	24.2±2.5	22.5±2.4	20.8±2.3
収量(t/ha)	8.3±1.4	7.3±1.3	8.4±1.4	8.3±1.4	9.0±1.5	8.6±1.5

3. 2 収穫された玄米の栄養特性

表 3 には、6 系列で収穫された玄米の各栄養素の含有率を示す（水分を 14% に調整した値）。いずれの栄養素の割合も系列間でほとんど差がなかった。粗タンパク質については昨年度の最高値が 8.8%²⁾であったのに対し、本研究では最大で 15.3% にまで増加した。掛け流し灌漑により、昨年度（220L）よりも水田への下水処理水の投入量が大幅に増加した（最大 550L）。特に、出穂後も窒素濃度の高い処理水を継続的に灌漑したことで、穂肥が必要な時期に十分な窒素を供給できた結果、飼料用米の標準値⁵⁾を大きく上回る量のタンパク質が玄米中に蓄積された。一方、粗脂肪は標準値⁵⁾と同等か若干下回り、可溶無窒素物は約 20% も低かった。

表 3. 収穫された玄米の各栄養素の含有率（%）（平均値±標準偏差, n=4）

成分	標準値 ⁵⁾	系列A	系列B	系列C	系列D	系列E	系列F
粗灰分	—	2.0±0.7	1.9±0.7	1.9±0.7	1.8±0.7	1.8±0.7	1.8±0.7
粗タンパク	8.8	12.9±1.8	13.5±1.8	14.1±1.9	12.3±1.8	15.3±2.0	13±1.8
粗脂肪	3.2	2.9±0.9	3.0±0.9	2.8±0.8	2.5±0.8	3.0±0.9	2.8±0.8
粗繊維	0.8	0.6±0.4	0.9±0.5	1.2±0.5	0.8±0.4	0.5±0.4	0.8±0.4
可溶無窒素物	85.6	67.6±4.1	66.7±4.1	66.0±4.1	68.6±4.1	65.4±4.0	67.6±4.1

4. まとめ

下水処理水の掛け流し灌漑により、最大 9.0t/ha の飼料用米を収穫できた。また、粗タンパク質の含有率が飛躍的に上昇した。通常の水田を想定した条件でも、これと同等の収量と標準値を上回るタンパク質含有率が得られた。ただし、この結果を得るためには食用米の 2 倍に相当する量の施肥が必要であり、現行の補助金がなければコスト面で折り合いがつかないであろう。タンパク質以外の栄養素では、炭水化物の含有率が低下した。これは、実験装置に屋根をかけたために装置内気温が高くなったことが原因かもしれない。

謝辞：本研究は、国土交通省・GAIA プロジェクトおよび文部科学省・地（知）の拠点整備事業の支援を受けた。また、本研究の一部は山形大学東北創生研究所の活動として行われた。

参考文献

1) Muramatsu, *et al.* Water Science & Technology, 72(4), 579-584, 2015. 2) Watanabe *et al.* WEF-EESS Asia-Pacific Wastewater Treatment and Reuse Conference 2015, Singapore, June 28 - July 1, 2015. 3) 渡部ら, 下水処理水の連続灌漑による飼料用米栽培, 平成 27 年度土木学会東北支部技術研究発表会（発表予定）. 4) 日本発酵飼料株式会社, 分析方法 (http://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/kurasi_agwater/k_riyou/). 5) 文部科学省, 日本標準成分分析表（2009 年版）.