

氏 名 (本 国 籍)	TIAN KE (中華人民共和国)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 8 1 1 号
学 位 授 与 年 月 日	令和 6 年 3 月 2 5 日
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物生産科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	Investigations of Enhancing Cereal Utilization in Ruminants via Dietary Inclusion with Plant Secondary Metabolites or Processing with Organic Acid (反芻動物における穀物飼料の利用性向上に関する研究： 植物二次代謝産物および有機酸処理の効果)
審 査 委 員 会	主査 岐阜大学 教 授 岩 澤 淳 副査 岐阜大学 教 授 八代田 真人 副査 静岡大学 教 授 笹 浪 知 宏

論 文 の 内 容 の 要 旨

反芻家畜において重要な資料資源となる穀物は、植物の二次代謝産物や有機酸で処理することにより、反芻家畜の生産成績や鼓脹症の抑制、抗病原性および抗酸化能を改善することが知られている。しかしながら、これらの処理による反芻胃での代謝物質生成と、それらが反芻胃内発酵や抗酸化機能に及ぼす包括的な研究は十分ではない。本論文は、植物二次代謝産物である縮合型タンニン (CT) の飼料添加効果および穀物飼料の乳酸 (LA) 処理が、反芻動物の胃内における代謝物生成と発酵と、さらに体内の代謝生理に及ぼす影響を調査し、穀物利用における改善効果を明らかにすることを目的としている。

本論文は 3 章で構成されている。第 1 章では、これまでの知見を総説し、CT 添加および LA 処理によって消化管内で想定される代謝物生成と発酵メカニズムの仮説を示すとともに、これらが穀物の特性によって変わるという予測を提示している。

第 2 章は 2 つの試験で構成されている。まず、大麦とトウモロコシを対象穀物として、CT を飼料乾物中に 2% (重量比) 添加することは、脂質代謝への影響を通して抗酸化能を改善していることを示唆した。大麦では CT の添加により胆汁酸合成に関わる代謝物が増加し、不飽和脂肪酸の生合成が強化され、活性酸素種の減少と抗酸化能が増加することを認めている。一方、トウモロコシでは、抗酸化能は、胆汁酸合成の活性だけでなく、フェニルアラニン合成の強化に影響されていることを明らかにした。

次に、大麦とトウモロコシを 5% の LA に浸漬し、*in vitro* における反芻胃内発酵および代

謝物質生成の比較を行った。その結果、LA 処理は、穀物の微細構造を変化させ、トウモロコシでは、アルブミン分画が減少する一方、レジスタントスターチ含量が増加し、これに伴い反芻胃内の微生物叢が変わることで胃内の急激な発酵を緩和すると共に代謝物の生成に影響を与える可能性を示唆した。大麦では LA 処理により粗蛋白質含量が減少し、レジスタントスターチ含量が増加し、これに伴い、反芻胃内のプリン代謝、リシン分解、リノール酸代謝が変化し、代謝物の生成に影響することを明らかにした。

第 3 章では、本研究で得られた知見をまとめ、飼料への CT 添加および穀物の LA 処理が反芻家畜の生産と健康の改善に貢献する可能性を展望すると同時に、本論文では実施できなかった生体 (*in vivo*) を用いた研究など、今後の課題を提示している。

審 査 結 果 の 要 旨

反芻家畜の飼料において穀物は重要な構成要素である。これまでの研究から、穀物を植物の二次代謝産物や有機酸で処理することにより、反芻動物の生産成績や鼓脹症の抑制、抗病原性および抗酸化能を改善できることが示されている。しかしながら、このような穀物処理による反芻胃内での加水分解メカニズムおよび反芻胃と血中における代謝物質生成反応に関する包括的な研究は十分ではない。そこで、申請者は、植物二次代謝産物である縮合型タンニン (CT) の飼料への添加効果および穀物飼料の乳酸 (LA) 処理が、反芻動物の消化管内発酵および体内の代謝生理に及ぼす影響を調査し、穀物利用における改善効果を明らかにすることを目的とした。

まず、大麦とトウモロコシを対象穀物として、これに CT を飼料乾物中に 2% (重量比) 添加して、ヤギの反芻胃液中の代謝物を UPLC-MS により解析した。その結果、CT の添加は、脂質代謝への影響を通して抗酸化能を改善していることを明らかにした。大麦では CT の添加により胆汁酸合成に関わる代謝物が増加し、不飽和脂肪酸の生合成が強化され、活性酸素種の減少と抗酸化能の増加が認められた。一方、トウモロコシでは、抗酸化能は、胆汁酸合成の活性だけでなく、フェニルアラニン合成の強化に影響されていることを明らかにした。

次に、大麦とトウモロコシを 5% の LA に 48 時間浸漬し、*in vitro* における反芻胃内発酵および代謝物質生産の比較を行った。LA 処理は、穀物の微細構造を変化させ、トウモロコシでは、アルブミン分画が減少し、レジスタントスターチ含量が増加した。これに伴い反芻胃内の微生物叢が変わることで胃内の急激な発酵を緩和した。大麦では粗蛋白質含量が減少し、レジスタントスターチ含量が増加し、これに伴い、胃内の急激な発酵が緩和された。また、プリン代謝、リシン分解、リノール酸代謝が変化することで胃内での代謝物の生成に違いがあることを明らかにした。

これらの成果は、CT 添加および LA 処理した穀物の反芻動物体内における作用メカニズムの一端を明らかにし、家畜の生産性と健康の改善に大きく貢献することが期待できる。

基礎となる学術論文

- 1) Tian. K., Luo. Gan., Aldian. Dicky., Yayota. M: Treatment of corn with lactic acid delayed *in vitro* ruminal degradation without compromising fermentation: A biological and morphological monitoring study. *Frontiers in Veterinary Science*. (in press)
- 2) Tian. K., Aldian D., Luo. G., Yayota. M: Condensed tannin-induced variations in the rumen metabolome and the correlation with fermentation characteristics in goats. *Animal Science Journal*. (in press)