

学位論文題名

土壌動物・微生物と投入有機態窒素の動態からみた
乳牛の放牧管理と牧草生産の関連

学位論文内容の要旨

放牧地における家畜生産は、絶対量のみならず生産効率を考慮する必要があることから、単位面積あたりの家畜生産量という観点で評価することが重要である。単位面積あたりの家畜生産量を増加させるためには、単位面積あたりの牧草生産量、利用草量および窒素利用量の増加が重要であり、そのためには放牧強度や放牧方式などの放牧管理の調節が有効であるという指摘がこれまで数多くなされている。一方、牧草は生長過程において土壌中の無機窒素を吸収することから、施肥による土壌への無機窒素供給の重要性も指摘されてきている。施肥以外の放牧地への窒素供給源としては牧草枯死物や家畜排泄物などがあるが、牧草枯死物および糞に含まれる窒素の大部分は有機態で存在しており、土壌動物および微生物により分解・無機化されなければ牧草は利用できない。したがって、これら土壌動物および微生物の働きは放牧地において非常に重要である。放牧管理および草地管理の違いは、放牧地に投入される有機態窒素としての牧草枯死物および糞の量を変化させることから、土壌動物および微生物によるこれらの無機化動態、すなわち牧草への無機窒素供給を通じて単位面積あたりの家畜生産量に影響を及ぼすと考えられる。

以上の観点から、本研究では乳牛放牧地における放牧管理および草地管理の違いが土壌動物および微生物による有機態窒素の無機化を介して、放牧地の牧草生産および窒素利用量に及ぼす影響の作用機序を解明し、土壌動物および微生物による有機態窒素の無機化量を高めうる放牧管理および草地管理を追究することを目的とし、以下の点について検討した。

- 1) 乳牛放牧地における放牧管理および草地管理の違いと土壌動物・微生物および土壌中無機態窒素濃度の関連を実際の放牧利用酪農家における実地調査で検討
- 2) 放牧管理の違いが土壌動物・微生物、投入有機態窒素の動態および牧草生産に及ぼす影響を実験条件下の乳牛放牧地において検討

主な結果は次のように要約される。

- 1) 放牧を比較的広範に利用している草地型酪農地帯において、放牧利用酪農家延べ12戸を対象とした調査を行った。その結果、窒素施肥量が60kgN/ha/yr以上の農家では50kgN/ha/yr以下の農家と比較して、牧草枯死物量が増加する傾向を示し（ $P<0.1$ ）、土壌動物数は減少（ $P<0.05$ ）することが明らかとなった。一方、窒素施肥量が50kgN/ha/yr以下の農家では放牧強度の増加に伴って牧草枯死物量が減少する傾向がみられた。放牧期間を通じての単位面積あたりの窒素利用量は、放牧強度が4,400cow·hr/haの農家で167.5kgN/haと最も高く、2,235cow·hr/haの農家で52.7kgN/haと最も低く、単位面積あたりの牧草窒素利用量は放牧強度の

増加に伴って増加する傾向を示した。それに対して、これらの放牧地へ化学肥料および家畜排泄物として投入された窒素量はそれぞれ 89.3 kgN/ha および 82.5 kgN/ha と差がなかったことから、放牧強度が高い場合には投入窒素量に対する牧草窒素利用量が増加することが明らかとなった。また、放牧強度が高い放牧地では土壤動物数および土壤微生物数が多かったことから、放牧強度の増加により土壤動物および微生物による有機態窒素の無機化量は増加する可能性が示唆された。放牧強度の増加は分解速度の遅い牧草枯死物量を減少させ、同時に分解速度の速い糞としての投入量を増加させるためと考えられた。

2) 1日あたりの放牧強度を 10、20、30、40 および 50 cow-hr/ha とした 15 日間隔の輪換放牧において、放牧強度の増加により放牧地に投入される有機態窒素の総量は同程度であったが、投入有機態窒素全体に占める枯死物の割合は 98.2 から 86.0%へ減少した。一方、各処理における牧草窒素利用量はそれぞれ、88.5、134.6、192.1、236.8 および 206.4kgN/ha と 40cow-hr/ha までは放牧強度の増加に伴い増加したが、50 cow-hr/ha では減少に転じた。50 cow-hr/ha の放牧地では他の処理と比較して土壤動物数、土壤中アンモニア態窒素および硝酸態窒素濃度が著しく低下する傾向を示したことから ($P<0.1$)、40cow-hr/ha までの放牧強度の増加は放牧地における単位面積あたりの牧草生産量、利用草量および窒素利用量を増加させるが、より放牧強度を高めた場合には土壤動物が減少し、有機態窒素の無機化量が減少することにより単位面積あたりの牧草生産量、利用草量および窒素利用量が減少に転じることが明らかとなった。また、放牧強度が等しい定置放牧と輪換放牧を比較した場合、糞窒素投入量は両区同程度であったが、牧草枯死物窒素投入量は定置放牧で 65kgN/ha、輪換放牧で 43kgN/ha と定置放牧で多く、投入有機態窒素量は定置放牧で多くなった。それに対し、牧草窒素利用量は定置放牧で 258.2 kgN/ha、輪換放牧で 298.6 kgN/ha と輪換放牧が多かった。定置放牧では牧草枯死物の増加に伴い土壤動物、特にダニ類の増加が見られた ($P<0.05$) が、土壤微生物数は減少した ($P<0.05$)。牧草枯死物は分解速度が遅いため、定置放牧では投入有機態窒素全体に対する無機化量は低下し、牧草の窒素吸収量および家畜による窒素利用量は低下したと考えられた。

3) 本研究の結果から、放牧管理と牧草生産には以下のような機序が想定される。①放牧強度が低い場合は枯死物の増加により、土壤動物および微生物による投入有機態窒素の無機化量が減少し、放牧期間中の牧草生産量は低下する。②放牧強度の増加は、放牧地に投入される有機態窒素に占める糞窒素の割合を増加させることにより、土壤動物および微生物による有機態窒素の無機化量を増加させ、放牧期間中の牧草生産量は増加する。③放牧強度の著しい増加は、放牧地に投入される有機態窒素に占める糞窒素の割合が増加しても、土壤動物が減少するため、放牧期間中の牧草生産量は減少に転じる。④放牧強度が適切であっても枯死物が増加するような放牧方式を用いた場合には、土壤動物および微生物による投入有機態窒素の無機化量が減少し、放牧期間中の牧草生産量は低下する。これらから、放牧期間中の牧草枯死物量を低減させるような放牧管理および草地管理を行うことにより、土壤動物および微生物による投入有機態窒素の無機化量は増加すると考えられた。従来提唱されてきた温帯地域における単位面積あたりの乳生産を高めるための放牧管理は、枯死物窒素投入量を減少させるという観点から、土壤動物および微生物による有機態窒素の無機化量を増加させうると考えられた。本研究で得られた結果は、従来から提唱されている高放牧強度による放牧生産の向上を土壤動物・微生物および投入有機態窒素の動態という観点から裏付けるものであった。

学位論文審査の要旨

主査	教授	近藤	誠司
副査	教授	田中	桂一
副査	助教授	秦	寛
副査	助教授	小林	泰男
副査	講師	中辻	浩喜

学位論文題名

土壌動物・微生物と投入有機態窒素の動態からみた 乳牛の放牧管理と牧草生産の関連

本論文は6章からなり、図46、表9、引用文献89を含む、総頁数89の和文論文であり、別に1編の参考論文が添えられている。

放牧地において単位面積あたりの家畜生産量を増加させるためには、単位面積あたりの牧草生産量、利用草量および窒素利用量の増加が重要であり、そのためには放牧強度や放牧方式などの放牧管理の調節が有効であるという指摘がこれまで数多くなされている。一方、牧草は生長過程において土壌中の無機窒素を吸収することから、施肥による無機窒素供給の有効性も指摘されている。施肥以外の放牧地への窒素供給源としては牧草枯死物や家畜排泄物などがあるが、これらに含まれる窒素の大部分は有機態で存在しており、土壌動物および微生物により無機化されなければ牧草は利用できない。従って、これら土壌動物および微生物の働きは放牧地において非常に重要である。放牧管理および草地管理の違いは、放牧地に投入される牧草枯死物および糞の量を変化させることから、土壌動物および微生物によるこれらの無機化動態、すなわち牧草への無機窒素供給を通じて単位面積あたりの家畜生産量に影響を及ぼすと考えられる。

本研究は、乳牛放牧地における放牧管理および草地管理の違いが放牧地の牧草生産および窒素利用量に及ぼす影響を土壌動物および微生物による投入有機態窒素の無機化動態という観点から検討したものであり、得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 乳牛放牧地における放牧管理および草地管理の違いと土壌動物・微生物および土壌中無機態窒素濃度の関連

道東の草地型酪農地域において、放牧利用酪農家延べ 12 戸を対象とした調査を行った。窒素施肥量が 60kgN/ha/yr 以上の農家では 50kgN/ha/yr 以下の農家と比較して、牧草枯死物量が増加する傾向を示し ($P<0.1$)、土壌動物数は減少 ($P<0.05$) することが明らかとなった。一方、窒素施肥量が 50kgN/ha/yr 以下の農家では放牧強度が高いほど牧草枯死物量が減少する傾向がみられた。放牧期間を通じての単位面積あたりの牧草窒素利用量は放牧強度の増加に伴って増加する傾向を示した。それに対して、これらの放牧地へ化学肥料および家畜排泄物として投入された窒素量に差がなかったことから、放牧強度が高い場合には投入窒素量に対する牧草窒素利用量が増加することが示唆された。また、放牧強度が高い放牧地では土壌動物数および土壌微生物数が多かったことから、放牧強度の増加により土壌動物および微生物による有機態窒素の無機化量は増加する可能性が示唆された。放牧強度の増加は分解速度の遅い牧草枯死物量を減少させ、同時に分解速度の速い糞としての投入量を増加させるためと考えられた。

2. 放牧管理の違いが土壌動物・微生物、投入有機態窒素の動態および牧草生産に及ぼす影響

1 日あたりの放牧強度を 10、20、30、40 および 50cow-hr/ha とした 15 日間隔の輪換放牧区を設定し供試した。放牧強度の増加により放牧地に投入される有機態窒素の総量は同程度であったが、枯死物割合は 98.2 から 86.0%へ減少した。一方、各処理における牧草窒素利用量は 40cow-hr/ha までは放牧強度が高いほど多かったが、50cow-hr/ha では減少に転じた。50 cow-hr/ha の放牧地では他の処理と比較して土壌動物数、土壌中アンモニア態窒素および硝酸態窒素濃度が低い傾向にあったことから ($P<0.1$)、40cow-hr/ha までの放牧強度の増加は放牧地における単位面積あたりの牧草生産量および牧草窒素利用量を増加させるが、より放牧強度を高めた場合には土壌動物が減少し、有機態窒素の無機化量が減少することにより単位面積あたりの牧草生産量および窒素利用量が減少に転じることが明らかとなった。

放牧強度を 30cow-hr/ha/day とした定置放牧区と輪換放牧区を供試し、比較検討した結果、糞窒素投入量は両区同程度であったが、牧草枯死物窒素投入量は定置放牧区で多く、投入有機態窒素量合計は定置放牧区で多くなった。それに対し、牧草窒素利用量は輪換放牧区が多かった。定置放牧区では牧草枯死物の増加に伴い土壌動物、特にダニ類が増加した ($P<0.05$) が、牧草枯死物は分解速度が遅いため、定置放牧区では投入有機態窒素全体に対する無機化量は低下し、牧草窒素吸収量および牧草窒素利用量は低下したと考えられた。

これらのことから、放牧期間中の牧草枯死物量を低減させるような放牧管理および草地管理を行うことにより、土壌動物および微生物による投入有機態窒素の無機化量を増加させると考えられた。

以上のように本研究は、従来から提唱されている温帯地域における単位面積あたりの乳生産を高めるための放牧管理を土壌動物・微生物および投入有機態窒素の動態という観点から裏付けるものであり、学術面および実用面において高く評価される。

よって審査員一同は、高橋 誠が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。