

学 位 論 文 題 名

天北地方における重粘土草地の土壤微生物活性と牧草生産

学位論文内容の要旨

酪農経営においてはその基盤となる草地の生産性向上と永年維持を低コストで実現することが最も重要な課題の1つである。本研究は、天北地方に分布する重粘土地帯において、有機物分解と窒素固定を通じて草地の生産力に大きな影響を及ぼす土壤微生物作用の特徴と、それを規制する諸要因を明らかにし、それらを改善して、草地の生産性向上と永年維持を低コストで可能ならしめることを目的として実施したものである。得られた成果の概要は次の通りである。

(1)草地では Ap 層である0-15cm土層において微生物特性の顕著な層位分化が起こり、微生物数とその活性は表層で高く下層に向かうほど低下した。0-2cm土層の細菌数は、春、秋に多く、初春、夏、晩秋に少ない季節変化を辿った。春と秋における細菌数のピークはそれぞれ越冬時と1番草の枯死茎葉に由来し、乾燥年には秋のピークの出現時期が遅れた。季節変化の振幅は0-2cm土層に比べて、作土下層で小さかった。糸状菌菌糸長の季節変化は細菌数のそれに比べて小さく、フラクトースおよび尿素の分解活性の季節変化は細菌数のそれとほぼ類似した。0-2cm土層の微生物は牧草から土壤に還元された有機物の分解・無機化を行い、作土下層5-15cm土層の微生物は土壤有機物や更新時に鋤込まれた植物体、堆肥の分解・無機化を担うと位置づけることができる。

(2)0-2cm土層では草地の経年化に伴い、pHが低下し、リン酸・カリおよび有機物が蓄積した。これらの要因の中で土壤微生物特性を規制する最も重要な要因はpHであり、これが5.0以下になると細菌数と分解活性は著しく低下した。表層土壌pHが低い草地では、枯死茎葉の供給に対応した細菌数の季節変化が起こらないため、有機物の分解が円滑に進まず、草地表層での有機物蓄積量が増加した。0-2cm土層のpHが低下した土壤に炭酸カルシウムを表面施用することによって微生物数と活性は上昇したが、酸性矯正が不十分な場合には牧草収量の低下を招いた。

(3)5-15cm土層では、土壤の有効態リン酸含量、易分解性基質含量およびpHが低い場合に微生物

物数とその活性が低かった。一方、微生物数とその活性は、経年化に伴う基質の減少と酸素供給の低下のために、経年数の多い草地ほど低かった。また、気相率が低く土壤空気中の酸素濃度が低い土壤では、有機物存在量当りの分解速度が低かった。

(4)草地における微生物数と活性は、細菌数、糸状菌菌糸長および糸状菌数によって代表される3つのグループに大別された。細菌数と同じグループには尿素・フラクトースなど低分子化合物の分解活性が含まれた。これらの分解活性は草地土壤の炭酸ガス放出量とも相関が高く、0-2cm土層における微生物特性の簡易指標となりうる。これらの微生物特性の指標を良好に保つことによって、牧草から土壤に還元された枯死茎葉や土壤有機物の分解が促進され、牧草に対する無機成分の供給が円滑化すると結論された。

(5)アルファルファとオーチャードグラスの混播草地では根粒による窒素固定量が最大 $35\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ 、牧草生産量が $1000\text{kg} \cdot \text{乾物} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ 以上に達し、高い生産力を示した。アルファルファが混生することによってオーチャードグラスの窒素含有率は上昇し、窒素移譲はおもにアルファルファ根の分泌物を介して行われると考えられた。窒素移譲量はアルファルファ混生量が $400\text{kg} \cdot \text{乾物} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ のときに最大であり、その量は窒素施肥量に拘らず約 $5\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ であった。アルファルファ混生量が $400\text{kg} / 10\text{a}$ 以上では、窒素受容体としてのオーチャードグラスが不足するため移譲量が減少した。逆に、アルファルファ混生量が $300\text{kg} / 10\text{a}$ 以下では窒素移譲量が不足するため、低収化した。

(6)アルファルファと混播したチモシーは、アルファルファに比べて早春と1番草刈り取り後の再生が遅く競合力が劣るため、 $10\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ の窒素を施用したとしても、その生育が抑制された。年2回刈りであるため窒素固定量もオーチャードグラスとの混播に比べて小さく、窒素固定を利活用する立場からは、効率的ではないと判断された。

(7)オーチャードグラスと混播したラジノクローバの根粒は窒素無施用条件で平均 $12\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ の窒素を固定し、このうち約60%がオーチャードグラスに移譲された。ラジノクローバの窒素移譲はアルファルファとは異なり、おもに生育中や越冬時に土壤に還元された枯死茎葉を介して行われた。移譲窒素がオーチャードグラスの生育を促進しラジノクローバの生育を抑制するために、窒素固定量および牧草収量の年次間変動が極めて大きく、それぞれ $5 \sim 23\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ 、 $280 \sim 840\text{kg} \cdot \text{乾物} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ であった。

(8)チモシーと混播したラジノクローバの根粒は窒素無施用条件で平均約 $15\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ の窒素を固定した。窒素無施用区の窒素移譲量は造成2年目で $4\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ であったが、経年数と共に増加し、4年目には約 $13\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ まで増加し、牧草収量は $850\text{kg} \cdot \text{乾物} / 10$

a・年に達した。窒素 $10\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ の施用条件でも、早春と1・2番草刈り取り後にチモシーの生育が一時停滞するためラジノクローバの生育は顕著に抑制されず、4年目の窒素移譲量は $8\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ となった。

(9)アルファルファとラジノクローバの固定窒素は、前者の場合にはおもにアルファルファに含まれる窒素として、後者の場合にはおもにイネ科牧草に移譲されて牧草生産に反映すると特徴づけることができる。マメ科牧草の混播によって土壌の窒素無機化量、微生物数ともに増加した。根粒による窒素固定は、草地生態系内への窒素供給量を増大させるばかりでなく、土壌微生物の活性化によって草地土壌内での有機物分解を促進した。

(10)以上の結果から、土壌微生物を活性化して牧草に供給される有機物由来の無機成分量を増加させることと、マメ科牧草による窒素固定の有効利用によって、草地管理の命題である牧草収量向上と草地の永年維持を達成するために以下の低コスト方策を提案した。①作土表層における有機物の分解を促進するためには、随伴アニオン量の少ない肥料を用いるなど、土壌 pH の低下を招かない施肥法が必要である。やむをえず表層土壌 pH が低下した草地に対しては pH 6.0~6.5 を目標として酸性矯正を行う。②作土下層の有機物分解を促進するためには、更新時に土壌 pH と Bray II - リン酸をそれぞれ 6.0, $10\text{mg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 / 100\text{g}$ 以上に改善することが望ましい。堆肥の鋤込も作土下層の微生物を活性化する。③固定窒素を牧草生産に効率的に利用するためには、アルファルファとオーチャードグラス、およびラジノクローバとチモシーの組合せが望ましい。④アルファルファ混生量が不足し、低収化したオーチャードグラスとの混播草地に対しては $6\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ 程度の窒素施用を行う。しかし、排水不良土壌での窒素施用はアルファルファの生育を著しく抑制するのでこれを行わない。⑤オーチャードグラス・ラジノクローバ混播草地に対する窒素施用は、窒素固定を抑制するので好ましくないが、チモシー・ラジノクローバ混播草地における $6\text{kg} \cdot \text{N} / 10\text{a} \cdot \text{年}$ 程度の窒素施用は牧草収量向上のために有効である。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 但 野 利 秋
副 査 教 授 佐久間 敏 雄
副 査 教 授 富 田 房 男

本論文は、図33, 表67, 写真 2, 引用文献201を含み, 6 章からなる総頁数226の和文論文である。別に参考文献21編が添えられている。

酪農経営においては草地の生産性向上と永年維持を低コストで実現することが最も重要な課題である。本研究は、天北地方に分布する重粘土地帯において、有機物分解と窒素固定を通じて草地の生産力に大きな影響を及ぼす土壤微生物作用の特徴と、それを規制する諸要因を明らかにし、それらを改善して上記の課題を解決しようとして実施したものである。

(1)草地では Ap 層である 0 - 15cm土層において微生物特性の顕著な層位分化が起こり、微生物数とその活性は表層で高く下層に向かうほど低下した。0 - 2 cm土層の細菌数およびフラクトースと尿素の分解活性は、牧草からの基質供給を反映して、春、秋に高く、初春、夏、晩秋に低い季節変化を辿った。作土下層における微生物特性の季節的変動は 0 - 2 cm土層に比べて小さかった。0-2cm土層および5-15cm土層の微生物は、それぞれ主に牧草から土壤に還元された枯死茎葉等の分解・無機化、および更新時に鋤込まれた植物体、堆肥や土壤有機物の分解・無機化を担うと位置づけられる。

(2)0-2cm土層では草地の経年化に伴い、pH が低下し、リン酸・カリおよび有機物が蓄積した。これらの要因の中で土壤微生物特性を規制する最も重要な要因は pH であった。pH の低い表層土層では有機物の分解が円滑に進まず、有機物蓄積量が増加した。5-15cm土層では、土壤の易分解性基質含量、有効態リン酸含量および pH が低い場合に微生物数とその活性が低かった。また、気相率の低い土層では、基質存在量当りの分解率が低下した。草地の作土における微生物活性を良好に保つことによって、枯死茎葉や土壤有機物の分解が促進され、牧草に対する無機成分の供給が円滑化すると結論される。

(3)イネ科牧草と混播したアルファルファ、ラジノクローバの根粒はそれぞれ最大35, 25kg・N/10 a・年の窒素を固定した。根粒による固定窒素は前者の場合にはおもにアルファルファに含まれる窒素として、後者の場合にはおもにイネ科牧草に移譲されて牧草生産に反映すると特徴

づけることができる。アルファルファおよびラジノクローバの窒素移譲は、それぞれおもに根の分泌物、および生育中や越冬時に土壤に還元された枯死茎葉を介して行われると考えられた。マメ科牧草の混播によって微生物が活性化し、有機物の分解が促進された。

(4) オーチャードグラスとアルファルファの混播草地の収量は、窒素無施用条件でも約1000kg・乾物/10a・年であった。オーチャードグラスへの窒素移譲量はアルファルファ混生量が400kg・乾重/10a・年のときに最大となり、300kg/10a以下では窒素移譲量が低下し、低収化した。オーチャードグラスとラジノクローバの混播草地においては、窒素無施用条件でも移譲窒素がオーチャードグラスの生育を促進しラジノクローバの生育を抑制するために、窒素固定量、移譲量および牧草収量が不安定であった。チモシーとラジノクローバの混播草地においては、早春と1・2番草刈り取り後にチモシーの生育が一時停滞するため10kg・N/10a・年の窒素を施用してもラジノクローバの生育は顕著に抑制されず、窒素施肥は増収をもたらした。無窒素区の窒素移譲量は造成4年目には13kg・N/10a・年となり、牧草収量も850kg・乾物/10a・年に達した。

(5) 以上の結果から、草地管理の命題である牧草収量向上と草地の永年維持を達成するために以下の低コスト方策を提案した。①作土表層における有機物の分解を促進するためには、随伴アニオン量の少ない肥料を用いるなど、土壤pHの低下を招かない施肥法が必要である。表層土壤pHが低下した草地に対してはpH 6.0~6.5を目標として酸性矯正を行う。②作土下層の有機物分解を促進するためには、更新時に土壤pHとBray II - リン酸をそれぞれ6.0, 10mg・P₂O₅/100g以上に改善することが望ましい。堆肥の鋤込も作土下層の微生物を活性化する。③固定窒素を牧草生産に効率的に利用するためには、アルファルファとオーチャードグラス、およびラジノクローバとチモシーの組合せが望ましい。④アルファルファ混生量が不足し、低収であるオーチャードグラスとの混播草地に対しては6kg・N/10a・年程度の窒素施用を行う。しかし、排水不良土壤での窒素施用はアルファルファの生育を著しく抑制するのでこれを行わない。⑤オーチャードグラス・ラジノクローバ混播草地に対する窒素施用は、窒素固定を抑制するので好ましくないが、チモシー・ラジノクローバ混播草地における6kg・N/10a・年程度の窒素施用は牧草収量の向上のために有効である。

以上のように、本研究は天北地方の重粘土草地における土壤微生物活性の実態とその規制要因を解明し、あわせて牧草収量向上と草地の永年維持を達成するための低コスト方策を提示しており、その成果は学術的に高く評価し得るばかりでなく、実際の草地管理に対して貢献するところ

が極めて大きい。よって審査員一同は別に行った学力認定試験の結果と合わせて本論文提出者東田修司は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。