

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26450218

研究課題名(和文) 連年施肥を受けたウダイカンバ林とトドマツ林における養分バランスと水ストレス

研究課題名(英文) Nutrient balance and water stress in *Betula maximowicziana* and *Abies sachalinensis* stands subjected to annual fertilization

研究代表者

長倉 淳子 (Nagakura, Junko)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：70353787

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：施肥による窒素とリンの飽和やカリウムの相対的な不足が樹体と土壌の養分状態および水ストレスにおよぼす影響を明らかにするため、1978年から毎年施肥(NPK区、NP区、無施肥区)が行われているウダイカンバ林とトドマツ林を調査した。施肥区の土壌では酸性化が進み、土壌や土壌微生物が保持する養分量が減少し、堆積有機物量が増加していた。葉の養分濃度は土壌の養分状態や酸性化の影響を反映していたが、応答には樹種による違いがあった。降水量の少ない年には施肥区の葉の炭素安定同位体比が無施肥区より高い場合があり、施肥区では水ストレスが助長される可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the influence of saturation of nitrogen and phosphorus by fertilization and the relative deficiency of potassium on the water stress and nutrient status of tree and soil, we investigated birch and fir stands where yearly fertilization (NPK, NP, non-fertilized) has been performed since 1978. Acidification progressed in the soil of the fertilized plots (NPK, NP), the amount of nutrients held by soil and soil microorganisms decreased, and the dry mass of organic layer increased. The nutrient concentration of the leaf reflected the nutrient status of the soil and the influence of acidification, but the response was different among species. The stable carbon isotope ratio of the leaves in the fertilized plot was higher than that of the non-fertilized plot in the year with little rainfall, suggesting the possibility that water stress may be promoted in the fertilized plot.

研究分野：樹木栄養

キーワード：施肥 窒素負荷 土壌酸性化 水ストレス 養分バランス

1. 研究開始当初の背景

(1) 低コスト化、バイオマス利用促進などの理由により、伐倒した木をそのまま森林から搬出する全木集材の導入が進められている。全木集材は、養分濃度の高い枝葉を林地から持ち出すため、地力を低下させることが危惧される。持続的な木材生産を担保するには地力の維持が必要であり、対策のひとつとして施肥が挙げられる。1960年代に広く行われた林地肥培の結果、森林への施肥は林齢や土壌型によっては成長促進効果がある一方で、土壌中のミネラルを流亡させるおそれもあることがわかっている。特定の養分を施肥し続けることによって、他の養分とのアンバランスが生じ、成長や樹木生理に悪影響を引き起こすことが懸念される。特に気孔の開閉に関わるカリウムが相対的に不足すると植物の蒸散制御機能が低下し、水ストレスを助長する可能性がある。九州の造林地で問題になっているスギの集団枯損現象においてもカリウム不足に起因する乾燥害の可能性が指摘されている。

(2) 筆者らは、窒素負荷が樹木の成長、生理状態におよぼす影響に関する研究に従事してきた。年に 336kg ha^{-1} の窒素を7年間林床に添加したスギ林では、葉の窒素濃度は増える一方で、リンとカリウムの濃度が低下し、土壌が乾燥すること報告した。また、苗木試験によって窒素負荷によってスギは蒸散量が増加する樹種特性があることを明らかにした。連年施肥を受けたウダイカンバ林において予備調査を行ない、施肥によって葉の窒素濃度は増加するが、カリウム施肥を受けていない個体は落葉のカリウム濃度が低く、カリウムが不足している可能性があることを示した。これらの研究は、施肥によって樹木が利用可能な土壌養分の量と質に変化が生じること、樹体の養分状態がアンバランスになること、土壌乾燥が促進されることを示唆している。特に、窒素は施肥されるがカリウムは施肥されない場合は、窒素による蒸散促進効果と相対的なカリウム不足による蒸散制御機能不全により水ストレスを受けやすくなると予想される。

2. 研究の目的

本研究は、施肥を長期的に受けると、樹木が利用可能な養分の量と質に変化が生じて樹体の養分バランスが崩れ、樹木が水ストレスを受けやすくなる、という仮説を検証しようというものである。そのために1978年から窒素+リン、および窒素+リン+カリウムが連年施肥されているウダイカンバ林とトドマツ林から葉と土壌の試料を採取し、1) 葉の無機養分状態、2) 土壌の可給態の養分量、3) 水ストレスの指標となる葉の炭素安定同位体比を調べる。

3. 研究の方法

(1) ウダイカンバとトドマツの葉の無機養分濃度

調査地のウダイカンバ林とトドマツ林において2014~2016年の8月にNPK施肥区、NP施肥区、対照区各区の3-6個体から十分展開した葉を採取し、無機養分濃度を測定し、処理区間で比較することにより、養分状態の違いを明らかにする。複数年にわたり試料を採取することにより、年変動を含めた処理間差を明らかにできる。

(2) 表層土壌中の可給態の養分量

調査地のウダイカンバ林とトドマツ林のNPK施肥区、NP施肥区、対照区各区から、表層土壌(0-10または0-5cm深)および堆積有機物層を採取した。生土について土壌微生物バイオマスCN量を分析した。風乾細土について、交換性塩基量、pH、全CN量を分析した。堆積有機物層については乾燥重量を測定した。これらの項目を処理区間で比較することにより、土壌の養分状態の違いを明らかにした。

(3) 葉の炭素安定同位体比

2014~2016年の8月にNPK施肥区、NP施肥区、対照区各区の3-6個体から採取した葉試料について、炭素安定同位体比を測定した。加えて、過去に採取された葉試料のうち降水量の少ない年の試料についても炭素安定同位体比を測定し、処理区間で炭素安定同位体比を比較する。

(4) 化学分析

上記の分析では、葉試料は湿式灰化法で分解後、ICPで各養分濃度を定量した。炭素安定同位体比は元素分析計を接続した質量分析計で測定した。土壌微生物バイオマスCNはクロロホルム燻蒸法で測定した。土壌の交換性塩基は酢酸アンモニウム抽出法により測定した。

4. 研究成果

(1) 土壌の養分状態

表層土壌のpHは両樹種とも施肥区、特にNP区で低下していた。表層土壌の交換性カルシウム、マグネシウム量は両樹種とも施肥区で少なかったが、交換性カリウム量はNP区で最も少なかった。可溶性N量や全N量には処理間差はみられなかった。可溶性リン量は、無施肥区で少なく、特にNP区で多かった。表層土壌の微生物バイオマスN量は施肥区で無施肥区よりも少ない傾向が特にトドマツで認められた(図1)。施肥区の土壌では無施肥区よりも相対的にカリウムが不足していること、施肥が微生物の保持する養分量を減少させることが明らかとなった。堆積有機物層の重量は施肥区で無施肥区より顕著に多く、施肥区では土壌の酸性化や微生物量の減少により有機物の分解が抑制されていると考えられた。

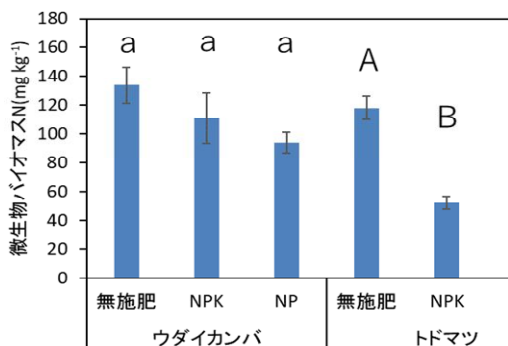


図 1.ウダイカンバ林とトドマツ林の表層土壌 (0-5cm) の微生物バイオマスN量

(2) 葉の養分状態

ウダイカンバ、トドマツともに施肥区で窒素濃度が高い傾向がみられた。トドマツではカリウムを施肥している NPK 区も含め施肥区でカリウム濃度が低い傾向だったが(図2)、ウダイカンバでは処理間差がみられなかった(図3)。施肥元素であるリン濃度は両樹種とも施肥区で高い傾向があったが、採取年によって結果が異なった。両樹種とも施肥区、特に NP 区でマグネシウム濃度が低い傾向がみられた。両樹種とも施肥区で葉のマンガン濃度が高く、アルミニウム濃度も高い傾向がみられた。葉の養分濃度は土壌の養分バランスの変化や酸性化の影響を反映していたが、樹種によって応答に違いがあることが明らかとなった。ウダイカンバよりトドマツでカリウムが不足しやすい可能性がある。

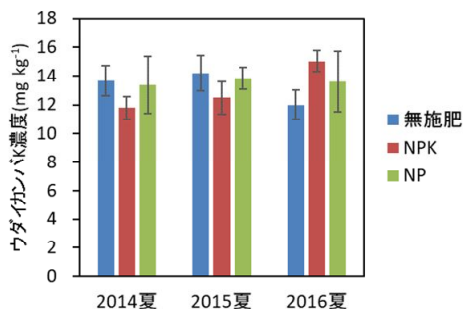


図 2.ウダイカンバの葉のカリウム濃度

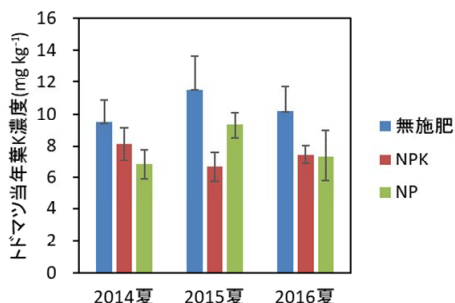


図 3.トドマツ当年葉のカリウム濃度

(3) 炭素安定同位体比

水ストレスの指標となる葉の炭素安定同位体比が乾燥した年には施肥区で高い(水ストレスが強い)と予想していたが、両樹種とも本研究期間中に有意な処理間差はみられなかった(図4)。降水量が平年値以下の年がなかったことが影響している可能性があるため、過去(1978~1995年)に採取された葉試料のうち、年降水量の少なかった(1000mm以下)年の試料5年分についても炭素安定同位体比を測定した。無施肥区の炭素安定同位体比が施肥区より低い年が、トドマツでは2年、ウダイカンバでは4年みられた(図5)。降水量の少ない年の試料では無施肥区の炭素安定同位体比が施肥区より低い年があったことから、施肥による相対的なカリウム不足により水ストレスが助長される可能性があるが、さらなるデータの蓄積が必要と考えられた。

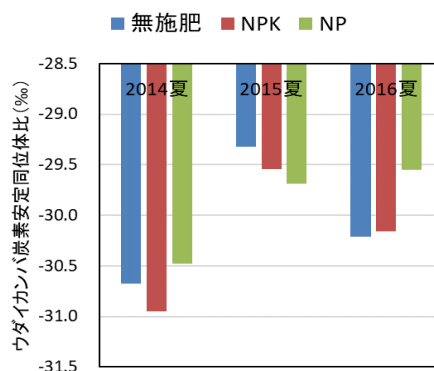


図 4.2014~2016年に採取したウダイカンバの葉の炭素安定同位体比

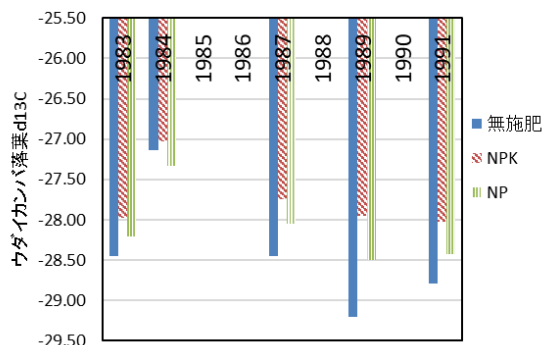


図 5.年降水量が少ない(1000mm以下)年に採取されたウダイカンバ落葉の炭素安定同位体比

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計6件)

長倉淳子、古澤仁美、伊藤江利子、橋本徹、相澤州平、ウダイカンバ連年施肥林の落葉の

養分濃度 -施肥開始から 17 年間の变化-、第 129 回日本森林学会、2018 年

林総合研究所・主任研究員 等

長倉淳子、古澤仁美、伊藤江利子、相澤州平、37 年間連続施肥を受けたウダイカンバとトドマツの養分状態、第 6 回関東森林学会、2016 年

長倉淳子、古澤仁美、伊藤江利子、相澤州平、1978 年から連続施肥を受けているウダイカンバの養分状態、第 127 回日本森林学会、2016 年

古澤仁美、長倉淳子、相澤州平、伊藤江利子、38 年連年施肥を受けている森林の土壤養分状態と微生物バイオマス、第 127 回日本森林学会、2016 年

長倉淳子、古澤仁美、伊藤江利子、相澤州平、37 年間連続施肥を受けたトドマツの養分状態、第 126 回日本森林学会、2015 年

古澤仁美、長倉淳子、相澤州平、伊藤江利子、連年施肥による pH 低下が肥培モデル実験林の土壤微生物バイオマスに及ぼす影響、第 126 回日本森林学会、2015 年

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長倉 淳子 (NAGAKURA, Junko)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：70353787

(2) 研究分担者

古澤 仁美 (Furusawa, Hitomi)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：40353841

(3) 連携研究者

伊藤 江利子 (ITO, Eriko)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：20353584

(4) 研究協力者

相澤 州平 (AIZAWA, Shuhei)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

橋本 徹 (HASHIMOTO, Toru)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森