

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25660136

研究課題名(和文)極微量アミノ酸散布による樹木の成長促進誘導

研究課題名(英文)Administration of amino acids induces the tree growth

研究代表者

高部 圭司(Takabe, Keiji)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：70183449

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文): スギ、ヒノキ、ユーカリ、シロイヌナズナを試料とし、グルタミン酸(Glu)、システイン(Cys)、グリシン(Gly)のアミノ酸を3種類、2種類の組み合わせ、1種類で施用し成長促進効果を調べた。その結果、Cysを含むアミノ酸混合液で成長促進効果が認められたが、1～2mMのGlu+Cys+Gly混合水溶液で最も安定した成長促進効果が明らかとなった。シロイヌナズナでは老化の遅延による光合成期間の長期化が確認された。

研究成果の概要(英文): We administered aqueous solution of amino acids containing glutamic acid (Glu), cysteine (Cys) and glycine (Gly), combination of 2 kinds of amino acids, or individual amino acid, to Japanese cedar, Japanese cypress, Eucalyptus, and Arabidopsis. As the results, amino acid aqueous solutions containing Cys stimulated the growth in all plants, particularly 1 to 2mM amino acids of Glu, Cys and Gly was the most effective for the plant growth. The above amino acids solution caused the retardation (delay) of senescence in Arabidopsis, resulting in the lengthening of photosynthetic period.

研究分野：樹木細胞学

キーワード：アミノ酸 樹木 成長促進 スギ ヒノキ ユーカリ シロイヌナズナ システイン

1. 研究開始当初の背景

大気中のCO₂濃度は上昇を続け、2012年4月には日本で400ppmを越えるに至った。地球温暖化防止のためにはCO₂濃度の上昇を緩和することが急務である。地球上で最大のCO₂固定装置は樹木であり、樹木のCO₂固定能力を高めることで、大気中のCO₂濃度増加を抑制し、なおかつバイオマス増産を計ることは、有効な手段の1つといえる。

申請者らは偶然にも極微量のアミノ酸類をスギの実生苗に散布することで成長が促進され、全バイオマス量がおよそ2倍に増えることを見いだした。定期的にN、P、Kを与えた場合には、同様の成長促進効果が認められないことから、アミノ酸によりN源が増えたものとは考えにくく、アミノ酸散布が引き金になる何らかの成長促進メカニズムがあるものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では以下の5点を明らかにすることを目的としている。

どのようなアミノ酸の組み合わせが最も成長促進効果が高いのか。

どの程度のアミノ酸濃度が最も成長促進効果が高いのか。

極微量アミノ酸処理はどのような樹種に有効か。

極微量アミノ酸処理がどのようなメカニズムで成長促進をもたらすのか。

成長促進された樹木はどのような性質を持つのか。

3. 研究の方法

研究対象とした樹種は、日本産の主要な針葉樹であるスギ (*Cryptomeria japonica*)、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*)、早生広葉樹でパルプ材によく用いられるユーカリ (*Eucalyptus camaldulensis*) を用いた。これらの種子を蒔き、成長のそろった実生苗を用いた。またモデル植物であるシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) も用いた。

アミノ酸にはグルタミン酸 (Glu)、システイン (Cys)、グリシン (Gly) を用いた。濃度は1~5mMで、3種類のアミノ酸混合水溶液、2種類の組み合わせによる混合水溶液、単独の水溶液を2週間に1回施用した。コントロールとして、アミノ酸施用の代わりにハイポネクスを施用した。

樹木の成長解析には、2週間に1度、樹高と基部直径を測定した。成長解析終了時には、地上部と地下部の絶乾重量を計測した。また、地上部、地下部をエポキシ樹脂に包埋し、横断面切片を作製して光学顕微鏡観察した。

シロイヌナズナでは成長終了とともに、ロゼット葉、茎の絶乾重量を測定するとともに、種子重量も測定した。また茎をエポキシ樹脂に包埋し、横断面切片を作製して光学顕微鏡観察した。

4. 研究成果

スギの場合

スギの実生苗に Glu+Cys+Gly、Cys+Gly を施用することで、コントロールに比べ幹の肥大成長が促進され、地上部、地下部とも乾燥重量が増加し、基部直径も増加した。個々の仮道管では、上記のアミノ酸施用により横断面の放射径、接線径とも増大し、細胞壁厚さも増大した。全バイオマス量は、コントロールに比べ大幅に増大した (図1)。

Glu+Cys を施用したスギでも重量増加が認められたが、Cys+Gly、Glu+Cys+Gly を施用したスギほどではなかった。

Glu+Gly を施用したスギの乾燥重量は、コントロールよりも低かった。また、Glu、Cys、Gly を単独で施用した場合には、コントロールと変わらなかった。

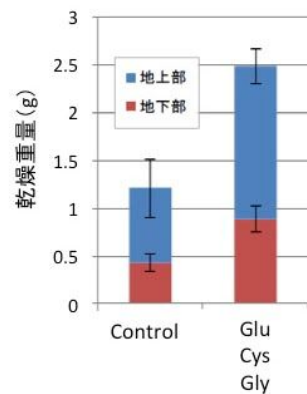


図1 アミノ酸施用によるスギ絶乾重量の増加

ヒノキの場合

ヒノキの実生苗に Glu+Cys+Gly を施用することで伸長成長が促進され、基部直径、乾燥重量が増大した。全バイオマス量はコントロールの1.14倍となった。仮道管横断面の放射径、接線径とも増大したが、細胞壁厚さは減少した。ヒノキにおいては、細胞径は大きい、細胞壁の薄い仮道管が形成された。

ヒノキの実生苗に Glu+Cys+Gly の濃度を変えて施用した所、1mM、2mM ではコントロールに比べ地上部、地下部とも絶乾重量の増加が認められたが、5mM ではコントロールと同じであった。苗の大きさに見合ったアミノ酸濃度が、成長促進につながることが判明した (図2)。

ヒノキの実生苗に Glu、Cys、Gly のうち2種類を組み合わせで施用し、成長を比較した。Glu+Cys、Cys+Gly ではコントロールに比べ乾燥重量が1.14倍程度増加した。個々の仮道管においては、上記の施用により仮道管横断面の接線径が増大し、細胞壁厚さは同じか増加した。

一方、Gly+Glu ではコントロールに比べ乾燥重量が減少した。

以上の結果から、Cys を含むアミノ酸の施用が、スギやヒノキの実生苗の成長促進につながることが明らかになった。

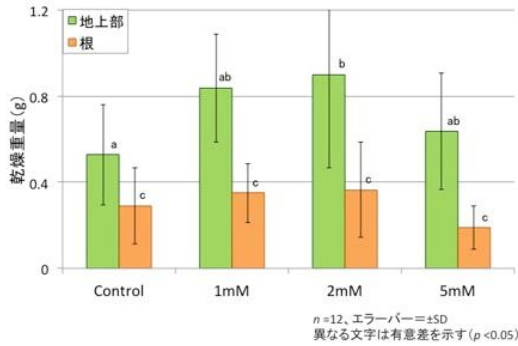


図2 3種類のアミノ酸混合水溶液の濃度の違いによるヒノキの絶乾重量の比較

ユーカリの場合

ユーカリの実生苗にアミノ酸施用を行い、成長解析を行った。アミノ酸施用はGlu, Cys, Glyを1:1:1, 1:2:1, 1:5:1の割合とした。5ヶ月間の施用後、地上部と地下部に分けて乾燥重量を測定した。その結果、地上部の乾燥重量に有意な差は認められなかったが、地下部ではGlu:Cys:Gly=1:1:1の場合では地下部でおよそ2倍の乾燥重量増加が認められた。1:2:1ならびに1:5:1では、地下部でおよそ2.5倍の乾燥重量増加が認められた。

地上部の木部を光学顕微鏡観察すると、コントロール、アミノ酸施用個体間で大きな違いは認められなかった。一方、地下部木部では、アミノ酸施用個体で顕著な道管直径の増加が認められた。

これらの結果は、ユーカリにおいては微量アミノ酸施用により根の発達が促進され、道管の直径が著しく増加することを示している。また、アミノ酸の中ではCysが鍵となり、その量を他のアミノ酸の2倍以上加えることにより、根の成長がさらに促進されることが判明した。

シロイヌナズナの場合

シロイヌナズナにGlu, Cys, Glyの3種類混合水溶液、2種類のアミノ酸を組み合わせによる混合水溶液、ならびに単独のアミノ酸水溶液を施用して生育させ、乾燥重量を比較した(図3)。3種類のアミノ酸混合水溶液、Cysを含む2種類の混合水溶液、Cys水溶液を施用したシロイヌナズナは、コントロールに比べロゼット葉の黄化が遅れ、2週間以上長く緑色を呈していた(図4, 5)。これらのロゼット葉、茎の乾燥重量は、コントロールに比較して2~2.5倍に達した。また、種子重量は2.5~3倍となった(図6)。

一方、Cysを含まないアミノ酸施用では、コントロールに比べロゼット葉、茎の乾燥重量は減少し、種子収量も減少した。

以上の結果は、Cysを含むアミノ酸水溶液の施用により、葉の老化に遅延が生じ、結果として光合成期間が長期化してバイオマスの蓄積が増加したものと考えられる。

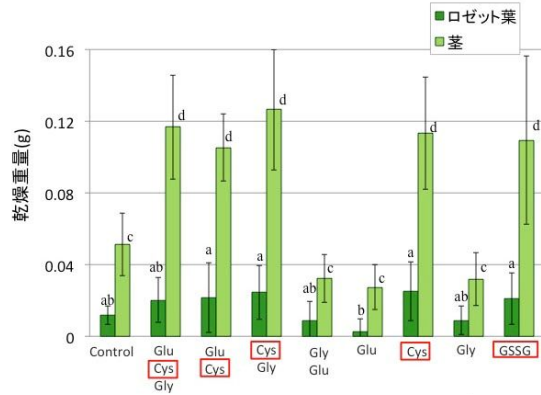


図3 アミノ酸施用の違いによるシロイヌナズナのロゼット葉、茎の絶乾重量の比較

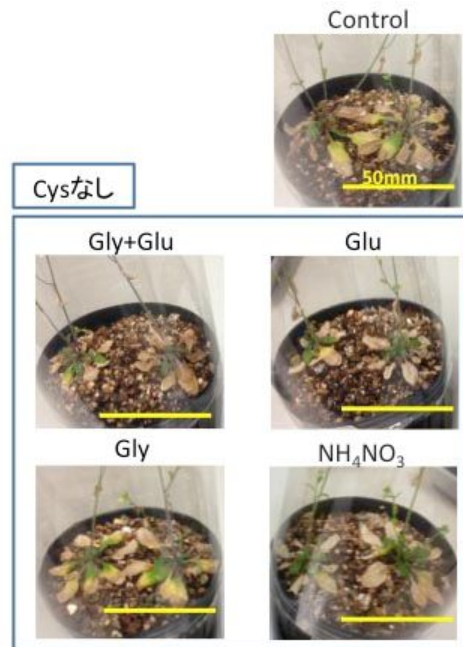


図4 播種47日目のシロイヌナズナのロゼット葉。コントロールやCysを含まないアミノ酸施用では葉が枯れ始めている。

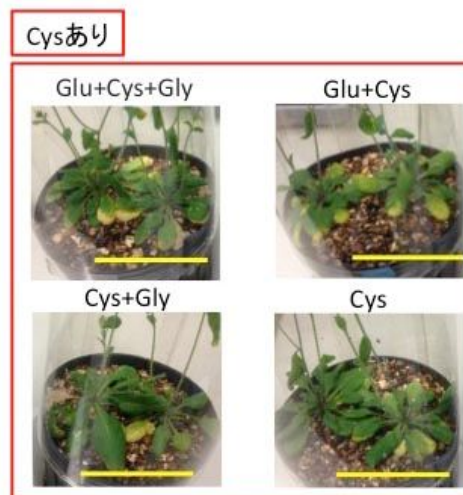


図5 播種47日目のシロイヌナズナのロゼット葉。Cysを含むアミノ酸施用では葉が枯れずに緑色を保っている。

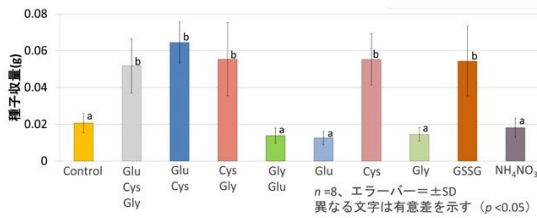


図 6 アミノ酸施用の違いによるシロイヌナズナの種子収量の比較

以上の結果を研究目的と照らし合わせる
と次のように結論づけられる。

どのようなアミノ酸の組み合わせが最も
成長促進効果が高いのか。

Cys を含むアミノ酸の組み合わせで成長
促進効果が認められる。どの樹種も安定
的に成長促進が見られるアミノ酸の組み
合わせは Glu+Cys+Gly であった。

どの程度のアミノ酸濃度が最も成長促進
効果が高いのか。

実生苗では 1~2mM で成長促進効果が
認められた。5mM ではコントロールと同
じであった。植物体の大きさによって、
成長促進効果が得られる濃度は異なる可
能性が高い。

極微量アミノ酸処理はどのような樹種に
有効か。

スギ、ヒノキでは地上部、地下部とも成
長促進効果が認められた。効果の程度は
樹種により異なっていた。ユーカリでは
地上部で成長促進効果は認められず、地
下部では顕著な効果が現れた。
シロイヌナズナでは Cys が含まれるアミ
ノ酸施用で顕著な成長促進効果が現れた。
また、種子重量の増加も顕著であった。

極微量アミノ酸処理がどのようなメカニ
ズムで成長促進をもたらすのか。

樹木に対するアミノ酸施用効果のメカニ
ズムは明瞭でないが、シロイヌナズナで
は顕著な老化の抑制により、光合成期間
が長期化してバイオマス生産の増加につ
ながった。

成長促進された樹木はどのような材質を
持つのか。

スギ、ヒノキでは、仮道管の横断面直径
の増加が認められた。細胞壁厚さは樹種
により若干異なり、コントロールと同程
度かやや厚みを増した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

阿部翔平、上森真広、高部圭司、グルタ
チオン構成アミノ酸施用によるシロイヌ
ナズナの成長への影響、第 66 回日本木材
学会大会、2016 年 3 月 28 日、名古屋大
学(愛知県・名古屋市)

阿部翔平、上森真広、高部圭司、スギ、
ヒノキ実生の成長に対するグルタチオン
構成アミノ酸施用の効果、第 65 回日本木
材学会大会、2015 年 3 月 17 日、タワー
ホール船堀(東京都・江戸川区)

阿部翔平、上森真広、高部圭司、アミノ
酸施用によるスギ、ヒノキの成長促進、
2014 年 3 月 13 日、愛媛大学(愛媛県・
松山市)

〔図書〕(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高部 圭司 (TAKABE Keiji)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：70183449

(2) 研究分担者

吉永 新 (YOSHINAGA Arata)
京都大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：60273489

粟野 達也 (AWANO Tatsuya)
京都大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号：40324660