

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23780164

研究課題名(和文) アメリカ乾燥地侵入樹種の環境ストレス適応システム

研究課題名(英文) Mechanisms for stress tolerance of invasive woody species in arid areas of the United States

研究代表者

岩永 史子 (Iwanaga, Fumiko)

九州大学・持続可能な社会のための決断科学センター・助教

研究者番号：50548683

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、アメリカ西部乾燥地に侵入した中国原産の外来種・タマリスクが、在来種をほとんど駆逐するなど、自生地とまったく異なる生態的挙動を示すことに着目し、この生理的要因を、適合溶質という多様なストレス耐性獲得に必須な物質の蓄積能から明らかにしようとするものである。自生地のタマリスク生育環境は、導入地アメリカと比較して、表層土壌中のNa濃度が約10-100倍であったが、植物体中のNa濃度は同程度であった。高土壌Na環境での生育に必要な葉内のNa濃度維持に、塩腺からの過剰なNa排出が重要であるととともに、葉内の浸透調整にアミノ酸の一種であるプロリンが寄与していることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This research was focused on difference in growth trait between native and introduced area of invasive alien species 'Tamarix ramosissima', and carried out to reveal their physiological mechanism to adapt to harsh environment. Trees of *T. ramosissima* in native area were grown under high Na condition, where the Na concentration was almost 10-100 times as high as the introduced area. However, leaf Na concentration of *T. ramosissima* in the native area was same level of the introduced area. These results indicate secretion of excess salt from leaf salt gland was essential to thrive under high saline condition, whereas it was suggested that osmotic adjustment by accumulation of amino acid played an important role.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：外来種 浸透圧調節 形態的適応 タマリスク 環境ストレス

1. 研究開始当初の背景

近年、外来植物種の侵入による生態系の攪乱と生物多様性の低下は、世界各地で大きな環境問題として認識されるようになった。アメリカ西部に位置するモハベ砂漠においても同様に、砂漠地帯を貫流するコロラド川の河畔で、かつて導入された中国原産の塩生植物・タマリスクが爆発的な分布域拡大を示し、在来種を駆逐するほどになっている。このような乾燥地・半乾燥地での外来種増加は、水資源の枯渇や土壌の塩濃度上昇など、在来植生の生育を不可能にするほどの環境改変を引き起こす。一方で、モハベ砂漠では旺盛な成長、高密度、急速な分布域拡大等を示すタマリスクは、自生地の中国乾燥地ではむしろ成長は抑制され、樹形は矮小で分布域もまばらである。

このような同一植物の侵入地と自生地の間に見られる生育特性の差に関しては、共生菌類の変化や、動物による被食の影響などの外的要因 (Blossey & Notzold, J Ecol, 1995) 以外に、新環境における植物側の遺伝的変異と、それらに基づく生理的反応の現れ方のような植物の内的要因が強く影響することが報告されている (Kleunen & Fischer, Basic Appl Ecol, 2008; Rogers & Siemann, Plant Ecol, 2005)。しかしながら、乾燥地の外来種については、その内的要因に関わる研究課題として不可欠の、乾燥や塩ストレス耐性の解析を端緒とする研究展開が乏しく、植物の生化学的解析とそれらの生理的機能の解明が喫緊の課題であった。

2. 研究の目的

本申請計画は、アメリカ西部乾燥地に侵入した中国原産の外来種・タマリスクが、在来種をほとんど駆逐するなど、自生地とまったく異なる生態的挙動を示すことに着目し、この生理的要因を、適合溶質という多様なストレス耐性獲得に必須な物質の蓄積能から明らかにすることを目的とした。

具体的には以下の3課題を設定した。

<課題1> 侵入地および自生地での生態的調査による適合溶質の定性定量解析

<課題2> 適合溶質蓄積と植物体の生理活性維持との関係

<課題3> 部位・器官ごとの適合溶質蓄積とNa⁺移動および形態的適応との関係

以上の研究から、塩生植物タマリスクの耐塩性メカニズムにおける適合溶質の重要性を明らかにし、本種の侵入地と自生地の間に認められる生態的挙動との相関を検討した。それによって乾燥地緑化植物の耐塩性向上技術の開発に向けた基礎的情報を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

<課題1> 植生分布と適合溶質蓄積パターン

ン：アメリカおよび中国での生態調査では、ネバダ州・砂漠研究所 (Desert Research Institute) および新疆農業大学 (新疆ウイグル自治区) の協力を得て行った。また自生地である中国新疆ウイグル自治区内では、タマリスク、ハロキシロンの分布地を中心とした調査区を設定し、各種の分布と出現頻度から生育する塩生植物の生態調査と土壌調査を行った。環境測定用の土壌 (樹冠下あるいは根元・0-30cm 深) と適合溶質分析用植物サンプルを持ち帰り、土壌サンプル、および植物サンプル (乾燥葉・アルコール抽出葉サンプル) の無機分析を蛍光分析法および原子吸光分析法によって行った。適合溶質の分析は、還元糖・糖アルコール・ペタイン類・アミノ酸分析を行い、環境条件と適合溶質の相関を検討した。

<課題2> タマリスクポット苗のストレス期間中～回復期の成長および生理活性の解析：葉・根の適合溶質分析を塩処理前・処理過程・処理後 (回復期) で器官別の浸透ポテンシャルを測定し、適合溶質との相関を解析する。光合成活性や電解質溶出量の測定を行い、塩処理による生理機能の影響評価を行った。これにより急性の塩ストレスに対する適合溶質の蓄積と生理活性維持との関わりについて考察した。

<課題3> ポット苗で育成したタマリスクのNa⁺移動比較、および形態的適応と部位・器官ごとの適合溶質蓄積との関係を検討した。タマリスクの砂耕ポット苗を用いて長期の塩処理を行い、慢性の塩ストレスに対する適合溶質蓄積の量的変動とその蓄積部位を評価した。塩ストレス条件下で育成したタマリスクを用いて、これらの適合溶質蓄積と機関別のNa⁺蓄積濃度を検討した。

4. 研究成果

自生地のタマリスク生育環境は、導入地アメリカと比較して、表層土壌中のNa⁺濃度が

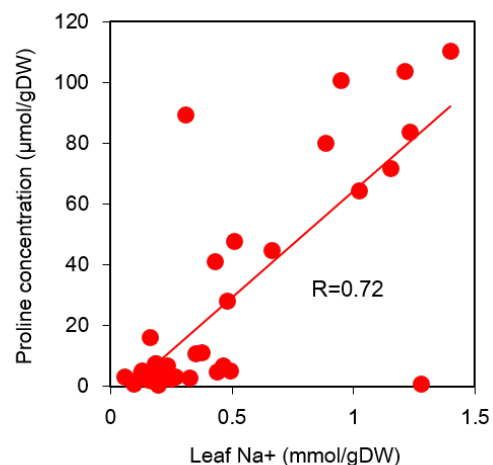


図1. タマリスク葉内塩濃度とプロリン蓄積濃度との関係

約 10-100 倍であったが、植物体中の Na 濃度は同程度であった。高土壌 Na⁺環境での生育に必要な葉内の Na⁺濃度維持に、塩腺からの過剰な Na⁺排出が重要であるとともに、葉内の浸透調整にアミノ酸の一種であるプロリンが寄与していることが明らかになった。

また、2 年間の塩水灌漑によって育成したタマリスク苗の葉内塩濃度蓄積は処理水の塩濃度増加に対して明らかな変化を示さなかった。そのため、塩腺からの過剰な Na 排出が本樹種の耐塩性に重要であることが示された。同様の耐塩性機構を有するマングローブ樹種を対象に、生育土壌（冠水中）の塩濃度勾配と葉内塩濃度、浸透調整物質との関連性について検討した。しかしながら、マングローブ、タマリスク両種において浸透調整物質の蓄積が成長および分布域の拡大において明らかな改善効果を示すことができなかった。

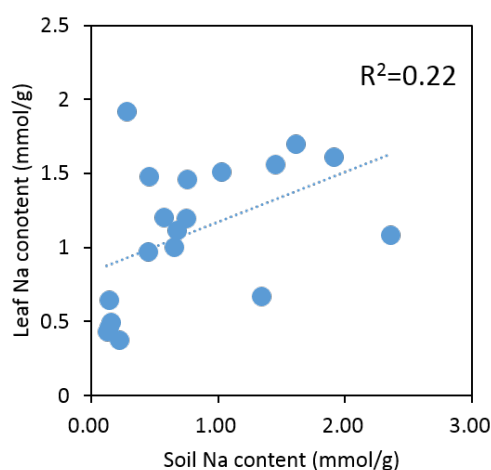


図 2 . 土壌塩濃度と葉内塩濃度との関係

今回の調査行った浸透調整物質の網羅的な解析から、乾燥地という養分の限られた条件下で、アミノ酸による浸透調整を行う塩生植物・乾生植物が多いことが明らかになった。浸透調整物質の蓄積による生理的効果を適切に評価するためには、乾燥環境での水や養分の配分などを考慮する必要がある。

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 6 件)

- (1) Maimaiti A, Qumine Y, Iwanaga F, Mori N, Tanaka K, Yamanaka N (2014) Effects of salinity on growth, photosynthesis, inorganic and organic osmolyte accumulation of *Eleagnus oxycarpa* seedlings, *Acta Physiologia Plantarum* 36: 881-892

- (2) 岩永史子, 山本福壽, Ailijiang Maimaiti, 吉田佑美, 森信寛, 谷口真吾, 山中典和 (2013) 西表島に生育するマングローブ 4 種の浸透調節物質の濃度変化と陽イオンとの関係, *緑化学会誌* 39: 21-26

- (3) Imada S, Acharya K, Li Y, Taniguchi T, Iwanaga F, Yamamoto F, Yamanaka N (2012) Salt dynamics in *Tamarix ramosissima* in the lower Virgin River floodplain, Nevada, *Trees*, DOI: 10.1007/s00468-013-0847-3

- (4) Maimaiti A, Iwanaga F, Murata N, Hara N, Nishizawa M, Matsuo N, Quimen Y, Yamanaka N (2012) Cation contents of five halophytes growing in saline soil around Aiding Lake in the Turpan Basin, Xinjiang, China., *Sand Dune Research*, 58(3):95-102

- (5) Murata N, Iwanaga F, Maimaiti A, Imada S, Mori N, Tanaka K, Yamanaka N (2012) Significant improvement of salt tolerance with 2-day acclimatization treatment in *Eleagnus oxycarpa* seedlings., *Environmental and Experimental Botany*, 77:170-174

- (6) 今田省吾, 岩永史子, Kumud Acharya, 山中典和 (2011), 異なる塩水灌漑条件下における塩生植物 *Tamarix ramosissima* Ledeb. の Na⁺動態, *日本緑化学会誌*, 37(1):50-54

[学会発表](計 7 件)

口頭発表(国際学会)

- (1) Iwanaga F, Yamada A, Yamamoto F (2012) Effects of total submergence or flooding with saline water on growth, physiology and osmoregulation of native and invasive species in wetland forests of Mississippi floodplain. The 4th International Ecosummit 'Ecological Sustainability: Restoring the Planet's Ecosystem Services, Columbus, USA

- (2) Iwanaga F, Yoshida, Y, Mori, N, Yamamoto, F, Yamanaka, N (2011): Osmotic adjustment of four mangrove species growing in Ishigaki Island, Japan. Joint meeting of Society of Wetland Scientists, WETPOL and Wetland Biogeochemistry Symposium, Prague, Czech Republic.

ポスター発表(国際学会)

(3) Iwanaga F, Miyazawa Y, Kajisa T, Mizoue N, Yahara T (2013) Characteristics of the water relations of native and introduced tree species in a community forest of the Central Cambodia, Asian Forest Workshop 2013, Phnom Penh, Cambodia

(4) Iwanaga F, Takeuchi T, Yamamoto F (2012) Effects of total submergence or flooding with saline water on growth, physiology and osmoregulation of native and invasive species in wetland forests of Mississippi floodplain. Ecosummit 2012, Columbus, USA

口頭発表 (国内学会)

なし

ポスター発表 (国内学会)

(5) 岩永史子, 今田省吾, Kumud Acharya, 山本福壽, 山中典和 (2013) アメリカ西部モハベ砂漠に生育する植物の浸透調整物質と季節変動, 日本生態学会大会, 静岡

(6) 岩永史子, エリジャン マイマイティ, チメン ヌヌス, 田中 浄, 森 信寛, 山中典和 (2012) 中国新疆ウイグル自治区, アイディン湖周辺に生育するタマリスク種の適合溶質蓄積. 日本森林学会, 宇都宮

(7) 岩永史子, Acharya K, 今田省吾, 谷口武士, 河村幸雄, 田中浄, 森信寛, 山本福壽, 山中典和 (2011) アメリカ合衆国西部に生育する塩生植物, タマリスクの浸透調整物質蓄積, 日本生態学会大会, 札幌

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩永 史子 (IWANAGA FUMIKO)

九州大学・持続可能な社会のための決断科

学センター・助教

研究者番号 : 50548683

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :