

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2012

課題番号：21380097

研究課題名（和文） 乾燥地緑化への応用を目指した耐乾・耐塩性植物の浸透調整能の解明とその向上

研究課題名（英文） Elucidation of osmo-regulation mechanisms and improvement of drought and salt tolerance of plants for revegetation in arid areas.

研究代表者

山中典和（YAMANAKA NORIKAZU）

鳥取大学・乾燥地研究センター・教授

研究者番号：20202385

研究成果の概要（和文）：乾燥地緑化への応用を目指し、耐乾・耐塩性植物の浸透調整能の解明とその向上に関わる研究を行った。中国内陸乾燥地域に生育する耐乾・耐塩性植物を主な対象として浸透調整物質の分析を行った結果、葉に蓄積される浸透調整物質の種類は植物種によって大きく異なることが明らかとなった。さらに、生理的実験から、浸透圧ストレスを 2 日間与えることにより、浸透調整物質の蓄積を促進し、耐塩性を向上させることができた。

研究成果の概要（英文）： Studies on osmo-regulation mechanisms and improvement of drought and salt tolerance of plants were conducted for revegetation in arid areas. Types and amount of osmolytes (including Betains, Sugars, Sugar alcohols and Amino acids) accumulated in leaves were varied widely among plants growing in drylands of China. To enhance the salt tolerance of plants, we applied a stress acclimatization treatment to seedlings for 2 days by adding polyethylene glycol (PEG) to the culture solution. As for the results of experiments, 2-day stress acclimatization treatment could improve salt tolerance of seedlings enough to adapt them to a lethal concentration of NaCl.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2010 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2012 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

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：乾燥地緑化、乾燥耐性、耐塩性、浸透調節

1. 研究開始当初の背景

地球規模の環境問題である砂漠化問題の解決は国際的な重要課題であり、様々な学問分野において砂漠化対処に向けての研究が進められている。その中でも、砂漠化土地への緑化造林は、砂漠化対処への、直接的かつ

最も有効な手段として、現在、多くの地域で実行されつつある。

このような砂漠化土地の緑化には、耐乾性や耐塩性に優れた樹種を用いる必要があり、中国の内陸乾燥地などでも、樹木の耐乾性に関する知見は蓄積されつつある。しかし、耐

乾、耐塩性にすぐれた樹種であっても、植栽直後の厳しい環境によって多くの苗木が枯死してしまう事例が多い。このため、砂漠化土地の環境ストレス（乾燥ストレスや塩ストレス）に耐えうる強い苗木の生産が必要不可欠であり、野外生態系に植栽することを考慮すると、遺伝子の改変以外の方法による苗木の耐乾、耐塩性の向上が求められている。

2. 研究の目的

乾燥地緑化における苗木段階での生理的な耐乾性や耐塩性（主として浸透調整能の高さ）は、その後の生存と成長にきわめて重要な意義を持つ。浸透調整とは、植物が水欠乏や塩ストレスにさらされたとき、細胞・組織の浸透圧を糖、アミノ酸などの適合溶質の速やかな合成・蓄積によって上昇させ、脱水枯死を防止するしくみのことである。浸透調整に関わる適合溶質としては、糖類、糖アルコール類、グリシンベタインなどの第四級アンモニウム化合物、プロリンなどのアミノ酸、および第三級スルホニウム化合物等に区分されている。これらの適合溶質の組成は植物種によって異なり、また組織や生育段階によっても集積する溶質の種類や濃度が変化し、また複合的に蓄積する例が多いとされる。

しかし、以上のような結論はシロイヌナズナ等の草本植物を用いて導き出されたものが多く、緑化造林の主役である木本植物では、浸透調整能に寄与する適合溶質の役割等の基礎的な研究はほとんど行われていないのが現状である。本研究の目的は、中国内陸部の乾燥地に自生する樹種の耐乾・耐塩性を浸透調整機構の解明によって生理的に評価し、それらの結果をもとに環境ストレスに強い苗木生産を試み、乾燥地緑化に応用することである。

この目的を達成するために必要な2つの課題を設定し、研究を行った。

課題1:中国内陸部に生育する耐乾・耐塩樹木の生理特性の解明及び浸透調整能に関わる適合溶質の同定

課題2:適合溶質の誘導による苗木の耐乾・耐塩性向上と植栽モデル実験

3. 研究の方法

課題1: 中国内陸部に生育する耐乾・耐塩樹木の生理特性解明と浸透調整能に関わる適合溶質の同定

(1)中国内陸部に生育する植物の生理特性解明と適合溶質のスクリーニング

新疆ウイグル自治区（極乾燥・乾燥地）や黄土高原（半乾燥・乾燥半湿潤地）を中心として、出来るだけ多くの耐乾・耐塩性植物を対象に、葉のサンプリングを行い、葉中の適合溶質（特にベタイン類）の定量分析を行った。調査を行った植物種は新疆ウイグル自治

区で27種、黄土高原で20種である。これに加え、ウズベキスタンの砂漠及び塩類集積地を中心に50種の葉サンプルを収集し、葉中の適合溶質（特にベタイン類）の定量分析を行った。

中国黄土高原延安市南部に生育する樹木20種については、2008年5,6,7,8,10月に既にサンプリングを行っていた葉のサンプルを用いて適合溶質の分析を行い、適合溶質の季節変動の解析を行った。分析はベタイン類と糖類を対象として行った。

また、中国新疆ウイグル自治区アイディン湖周辺の塩類集積地に生育する塩生植物5種（*Tamarix hispida*, *Halocnemum strobilaceum*, *Kalidium foliatum*, *Karelinia caspica*, および *Phragmites australis*）を対象に器官別陽イオン濃度と葉中の適合溶質蓄積量を測定した。



写真1. 中国新疆ウイグル自治区アイディン湖周辺でのサンプリング

(2) マングローブの耐塩性に関わる適合溶質の蓄積

当初現地調査を継続して行う予定であった中国新疆ウイグル自治区での研究を、安全上のリスクを考慮して2011年度より断念した。このため、日本の沖縄県西表島に生育する耐塩性樹木であるマングローブ類（オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、マヤブシキ、ヒルギダマシ）の葉内適合溶質濃度と陽イオン濃度を調査し、①河口に生育する4種の種間比較、②それらの日中と夜間の比較、および③河岸に生育するオヒルギとヤエヤマヒルギ2種の比較を行った。なお、個体の繰り返しは各種5個体とし、樹冠部分に存在する陽葉を対象としてサンプリングを行った。サンプルは葉内陽イオン濃度と糖・糖アルコール、ベタイン濃度分析を行った。

課題2: 適合溶質の誘導による苗木の耐乾・耐塩性向上と植栽モデル実験

(3)乾燥ストレスによる適合溶質の誘導と耐乾、耐塩性向上の検証

乾燥ストレスによる適合溶質の誘導を検証するために、浸透圧ストレスへの順化处理

による *Elaeagnus oxycarpa* 当年生苗の耐塩性向上実験を行った。実験は鳥取大学乾燥地研究センターのガラス室内で水耕栽培で育成した苗木をポリエチレングリコール

(PEG ; 0, 100, 200 g/L) 溶液に2日間根を浸漬させ、浸透ストレス順化処理を行った。その後、NaCl (0M, 3M) を加えた培養液に移し、2週間経過観察するとともに、樹高、葉数の変化、光合成速度、クロロフィル蛍光の測定を行った。また葉のサンプルを収集し、適合溶質 (ベタイン類、糖類) の分析も行った。

(4) 塩ストレスによる適合物質の誘導と耐塩性向上の検証

中国内蒙古自治区の毛烏素沙地で緑化に利用される *Salix psammophila* と *Salix matsudana* の当年生挿木苗を水耕栽培によって育成し、NaCl (0, 50, 100 mM) による塩ストレスが成長、光合成、および葉内のベタイン蓄積におよぼす影響を比較した。

また、中国新疆ウイグル自治区原産で、パオニア樹種で多用途に用いられる砂藜

(*Elaeagnus oxycarpa*) 当年生苗木の塩ストレス反応を調査した。調査は30日間の塩処理(0, 50, 100, 200, or 300 mM)を行い、苗木の成長量、光合成、適合溶質蓄積量を調査した

(5) アブシジン酸や適合溶質の投与による耐乾・耐塩性向上の検証

鳥取大学乾燥地研究の大型ガラス室内でアブシジン酸 (ABA) 投与実験を行った。実験材料には中国黄土高原で生育している、ニセアカシア (*Robinia pseudoacacia*)、リョウトウナラ (*Quercus liaotungensis*)、紫丁香 (*Syringa oblata*) および側柏 (*Platyclus orientalis*) の3年生実生苗を用いた。ABA 試薬は、天然型 ABA を10%含む複合肥料ミヨビ (製造: バル企画) を用いた。ミヨビに含まれている他の肥料成分は、各処理で一定とした。処理濃度は0, 0.005, 0.05, 0.5 mM の4濃度を設定した。散布方法は噴霧器を使って、葉の裏面に1個体当たり約10 ml 散布した。散布頻度は1週間に1回、期間は2007年5月22日から10月29日まで行った。

この間、約1ヵ月ごとに気孔開口度、蒸散速度、光合成速度を測定するとともに、樹高、地際直径、葉数を測定した。実験終了直前(10月末)にプレッシャーチャンバーを用いて、P-V 曲線を作成した。また、乾燥葉を粉碎・抽出し、浸透調節物質の代表としてグリシンベタインの分析を行った。

4. 研究成果

課題1: 中国内陸部に生育する耐乾・耐塩性樹木の生理特性解明と浸透調整能に関わる適合溶質の同定

(1) 中国内陸部に生育する植物の生理特性解明と適合溶質のスクリーニング

中国の黄土高原に生育する20種の植物を対象として、葉中における適合溶質ベタイン類蓄積の有無を検討した結果、植物種により、ベタイン類蓄積が全く見られないものや、ベタイン類を蓄積するグループでも、植物種により、蓄積するベタインの違いがみられた。特にバラ科の樹木ではグリシンベタインの蓄積がほとんど見られなかったのに対し、マメ科では蓄積が多い等、植物の種により耐乾、耐塩に関わる浸透調整物質が異なることが明らかとなった。さらに葉中ベタイン類の季節的变化については、葉中に含まれるベタイン類には明瞭な時系列変化が認められ、特に乾燥が続く時期にはベタイン類蓄積が多くなり、雨が多い時期にはベタイン類が少くなる傾向がみられ、ベタイン類が乾燥耐性に寄与していることが明らかとなった。

新疆ウイグル自治区およびウズベキスタンの極乾燥地に生育する植物に含まれる適合溶質としてのベタイン類の定量分析を行った結果、新疆ウイグル自治区、ウズベキスタンともに、塩類集積地に生育するアカザ科の塩生植物 (*Halostachys caspica*, *Kalidium foliatum*, *Kalidium cuspidatum*, *Haloxyylon persicum* 等) で高濃度のグリシンベタイン蓄積が認められた。またこれらの種ではグリシンベタイン以外のベタイン類蓄積は多くなく、グリシンベタインに依存した浸透調整を行っているものと推定された。同じく塩類集積地に生育するタマリスク科の植物ではグリシンベタインは検出されずアラニンベタンやガンマブチロベタインが少量検出され、同じ環境に生育する植物でも蓄積するベタイン類が系統により異なることが明らかとなった。

中国新疆ウイグル自治区アイディン湖周辺に生育する塩生植物5種 (*Tamarix hispida*, *Halocnemum strobilaceum*, *Kalidium foliatum*, *Karelinia caspica*, および *Phragmites australis*) の器官別陽イオン濃度とそれらの体内分布を解析した結果、陽イオンの蓄積パターンは種により大きく異なった。葉に塩腺を有する *Tamarix hispida* は高い葉内 Na⁺濃度を示した。多肉性の *H. strobilaceum* および *K. foliatum* も高い葉内 Na⁺濃度を示した。これらの結果は根から吸収された Na⁺の多くが葉へ輸送されたことを示している。一方、*Kalinia caspica* や *P. australis* は極めて高い根のイオン選択性を示した。*P. australis* では全ての器官で高濃度の K⁺を蓄積し、その結果、他種より低い Na⁺/K⁺比が示された。適合溶質についてみる

と、*P. australis*はスクロースなどの水溶性炭水化物やプロリンやアラニンなどのアミノ酸を高濃度に蓄積していた。*K. caspica*は多くのマンニトールを蓄積しており、*H. strobilaceum*と*K. foliatum*はグリシンペタインを多量に蓄積していた。また*T. hispida*だけが γ -ブチロペタインを多く蓄積していた。これらの結果から、これら5種類の塩生植物は異なる塩類調節メカニズムを持つだけでなく、葉に様々な適合溶質を蓄積することで効果的な浸透調節メカニズムを獲得していると結論付けた。

(2) マングローブの耐塩性に関わる適合溶質の蓄積

西表島後良川河口に生育する4種で、葉内 $\text{Na}^+:\text{K}^+$ 比と糖類・糖アルコール濃度との明らかな相関は認められなかった。日中の葉の総可溶性糖濃度はヤエヤマヒルギとヒルギダマシで夜間よりも上昇した。河口～中流に分布するオヒルギと、中流～河口に分布するヤエヤマヒルギの浸透調節物質濃度と河川水中の塩分、pH、溶存酸素濃度との間に強い相関が示されたが、葉内 $\text{Na}^+:\text{K}^+$ 比との間に強い相関は認められなかった。以上の結果から、各マングローブの浸透調節物質の濃度は、日中と夜間での変化を示す樹種がある一方、分布域内の葉内浸透調節物質の濃度に明らかな差異がないことがわかった。

課題2：適合溶質の誘導による苗木の耐乾・耐塩性向上と植栽モデル実験

(3) 乾燥ストレスによる適合溶質の誘導と耐乾、耐塩性向上の検証

PEGによる浸透圧順化処理を行った苗木では、塩処理後、明らかに多くの葉が維持されており、細根の成長も確認された。さらに処理したPEG濃度が高いほど塩処理後の生育状態が良かった。特にPEG200g/L処理区ではすべての個体が実験終了まで生存していたのに対し、PEG100g/L処理区では7個体中3個体が、無処理区では7個体中6個体が枯死した。また、ストレス順化処理によって葉中のアラニンペタイン含量がおよそ2倍に増加しており、葉中の糖含量の増加も確認された。この結果より、2日間の浸透ストレス前処理により、適合溶質が誘導され、耐塩性の向上達成されたものと考えられた。

(4) 塩ストレスによる適合物質の誘導と耐塩性向上の検証

耐塩性樹種の苗木を異なる塩濃度で育成させ、苗木の生存や生理特性及び、葉中の適合溶質を分析した実験を行ったグミ科の*Elaeagnus oxycarpa*やギョリュウ科のタマリスク類では、高塩分環境下でプロリンの量が増大し、耐塩性に関わる浸透調節物質とし

て、プロリンが重要であることが明らかになった。

中国内蒙古自治区の乾燥地に生育する2種のヤナギ(*Salix psammophila*, *Salix matsudana*)の苗木を用いた塩ストレス実験を行った結果、両樹種とも100mMのNaCl処理区で成長、および光合成は強く抑制された。50mM、100mMの処理区では、両樹種とも根に Na^+ 蓄積が見られた。*S. psammophila*の葉の100mM処理区で Na^+ がわずかに増加したが、*S. matsudana*では顕著に増加した。両樹種の葉におけるグリシンペタイン含有量は100mM処理区で、 β -アラニンペタインは50mM処理区で増加した。

また、様々な濃度のNaCl溶液(0, 50, 100, 200, 300mM)を処理した、中国新疆ウイグル原産のグミ科樹木である砂棗(*Elaeagnus oxycarpa*)で、塩ストレス耐性と適合溶質蓄積を調べた結果、成長量とバイオマス量は塩濃度の増加とともに小さくなっていた。しかし300mM以下の塩ストレスは苗木の生存率に影響を与えていなかった。ガス交換は50mMの塩処理では影響を受けなかった。葉と根のNaイオン濃度は塩処理によって上昇していた。ほとんどのNaイオンは低濃度の塩処理(50, 100mM)では根系に維持されていたが、KイオンとCaイオンは高濃度で葉に蓄積されていた。200mMと300mMの塩処理では、スクロースや β -アラニンペタイン、プロリンやグリシンなどの様々な適合溶質の葉への蓄積が認められた。結論として、*E. oxycarpa*の耐塩性は光化学系IIやイオン恒常性の維持、適合溶質の蓄積によって成り立っていると考えられた。これらの結果は、*Elaeagnus*属は塩性条件下で生育するための耐塩性に必要な様々な特性を持っていることを示唆している。これらの種は成長期間の終わりに脱落させるシュートと葉にNaイオンを蓄積しており、体内からの塩類の除去を可能にしているものと考えられた。

(5) アブシジン酸や適合溶質の投与による耐乾・耐塩性向上の検証

実験を行った4種の中で、ニセアカシア、紫丁香ではABA処理濃度が高いほど気孔開口度が減少する傾向がみられた。リョウトウナラでは0.05, 0.5mM処理区で減少する傾向がみられ、側柏はABA処理間で変化がなかった。光合成速度について、ニセアカシア、紫丁香ではABA処理濃度が高いほど、光合成速度が減少する傾向がみられた。リョウトウナラでも0.05, 0.5mM処理区で減少する傾向がみられた。側柏はABA処理間で変化がなかった。伸長成長量について、0.5mM処理区では各樹種で初期成長が抑制された。肥大成長量について、

ABA 処理区では肥大成長が抑制される傾向がみられた。葉数について、紫丁香の 0.5 mM 処理区で葉数の減少が顕著にみられたが、落葉後、再度葉を展開させていた。ニセアカシアの 0.5 mM 処理区でも葉数が減少する傾向がみられた。総葉面積について、リュウトウナラ 0.5 mM 処理区では、葉に萎縮や褐色斑点がみられたため、散布実験終了直後の総葉面積は減少している傾向がみられた。1 枚当たり葉面積について、紫丁香 0.5 mM 処理区では、落葉後に面積の小さい葉を多数展開させていたため、1 枚当たりの葉面積は減少していた。現存量について、紫丁香、リュウトウナラの 0.5 mM 処理区で減少していた。ニセアカシアは初期設定のばらつきが大きく、各処理間で個体差が大きかった。グリシンベタイン量について、樹種間で比較するとニセアカシアに多くみられた。ABA 処理間では、グリシンベタイン量に変化がみられなかった。水分生理特性に関して、ABA 散布処理は負の効果をもたらしていた。これは、ABA 散布処理による浸透圧調節物質の蓄積誘導が行われず、浸透ポテンシャルが下がらなかったことと、気孔閉鎖により植物体内の水移動がなくなり、常に水が豊富にあるが故に水ストレスから解放され、水ポテンシャルが下がらなかったことが理由として考えられた。また、ABA 散布処理による植物の反応には樹種間差があり、今後の継続的研究が必要と考えられた。

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 3 件)

- ① Naoki Murata, Fumiko Iwanaga, Ailijiang Maimaiti, Nobuhiro Mori, Kiyoshi Tanaka, Norikazu Yamanaka (2012) Significant improvement of salt tolerance with 2-day acclimation treatment in *Elaeagnus oxycarpa* seedlings. Environmental and Experimental Botany、査読有、77:170-174 doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.11.019
- ② Ailijiang Maimaiti, Iwanaga Fumiko, Murata Naoki, Hara Nana, Nishizawa Makoto, Matsuo Naoko, Qimen Yunus and Yamanaka Norikazu (2012) Cation contents of five halophytes growing in saline soil around Aiding Lake in Turpan Basin, Xinjiang, China. Sand Dune Research、査読有 58(3)95-102

③ Ailijiang Maimaiti, Qimen Yunus, Naoki Murata, Norikazu Yamanaka (2012) Photosynthetic performance and salinity tolerance of *Elaeagnus angustifolia* L. saplings. Sand dune Research 査読有 58(3)103-112

[学会発表] (計 20 件)

- ① ALLIJANG Maimaiti, IWANAGA Fumiko, MATSUO Naoko, YAMANAKA Norikazu (2013. 3.7) Contrasting Osmolyte Accumulation Strategies in Halophytes Growing in Saline Habitatus. 第 60 回日本生態学会大会、静岡県コンベンションセンター (静岡)
- ② 齋木拓郎, 松尾奈緒子, 野口よしの, 宮田慎吾, 谷口真吾, 山中典和 (2013. 3. 6) 長短期塩分ストレスに対するヒルギダマシ (*Aricegnia marina* (Forsk.) Vierh.) の葉の炭素・酸素安定同位体比の応答. 第 60 回日本生態学会大会、静岡県コンベンションセンター (静岡)
- ③ 香口成美・岡田憲和・山本福壽・山中典和 (2012. 10. 20): 早柳と沙柳の浸透調整能におよぼすジャスモン酸処理の効果. 第 63 回応用森林学会研究発表会、龍谷大学 (大津)
- ④ Koguchi Narumi, Okada, Yoshikazu, Yamamoto Fukuju and Yamanaka Norikazu (2012. 9. 19) Betaine accumulation in salt-stressed *Salix psammophila* and *S. matsudana* cuttings. 3rd International Conference on Forest & Water in a Changing Environment, Fukuoka, Japan
- ⑤ 香口成美・岡田憲和・山中典和・山本福壽 (2012. 9. 15) 中国乾燥地で植栽される早柳と沙柳の耐塩性と浸透調整能. 日本植物学会第 76 回大会、兵庫県立大学 (姫路)
- ⑥ 大橋達矢, 松尾奈緒子, 楊靈麗, 吉川賢, 張国盛, 王林和 (2012. 3. 20) 酸素安定同位体比を用いた乾燥地植物の夜間の気孔コンダクタンスと露利用の解明. 59 回日本生態学会大会、龍谷大学 (大津市)
- ⑦ Matsuo N, Takamido Y, Oki K (2012. 3. 20) Seasonal variation in oxygen isotope ratio of leaf organic matter in temperate broad-leaves trees. The 5th East Asian Federation of Ecological Societies Congress (EAFES5), 龍谷大学 (大津市)
- ⑧ Hara, N., Matsuo, N., Imai, K., Imada, S., Maimaiti, A., Yamanaka, N. (2012. 3. 18) Evaluation of salt tolerance of desert plants using carbon isotope ratio The 5th East Asian Federation of Ecological Societies Congress (EAFES5), 龍谷大学 (大津市)
- ⑨ 岡田憲和・山中典和・山本福壽 (2011. 11. 9) 中国内モンゴル毛烏素砂地に生育する植物の浸透調節メカニズムー水分特性と糖含有

量の関係について。第 62 回応用森林学会研究発表会、鳥取大学（鳥取）

⑩香口成美・積山知幸・岡田憲和・山本福壽・山中典和 (2011.11.9) *Salix* 属苗木の生理・成長に関する研究—ジャスモン酸の葉面散布と塩ストレスによる影響。第 62 回応用森林学会研究発表会、鳥取大学（鳥取）

⑪大橋達矢，松尾奈緒子，楊靈麗，吉川賢，張国盛，王林和 (2011.3.11) 葉内水の酸素安定同位体比を用いた乾燥地植物の夜露の利用の評価 第 58 回日本生態学会大会，札幌コンベンションセンター（札幌）

⑫岡田憲和，積山知幸，香口成美，山本福壽，山中典和 (2011.3.11) 中国毛烏素沙地に生育する樹木の浸透調節能 第 58 回日本生態学会大会，札幌コンベンションセンター（札幌）

⑬西澤誠，松尾奈緒子，アリジャンマイマイティ，岩永史子，山中典和 (2011.3.11) 乾燥地における塩生植物の適合溶質と窒素安定同位体比の関係、第 58 回日本生態学会大会，札幌コンベンションセンター（札幌）

⑭今井一輝，松尾奈緒子，今田省吾，山中典和 (2011.3.11) 長期塩分ストレス下の *Tamarix ramosissima* の葉の炭素・酸素安定同位体比の変動，第 58 回日本生態学会大会，札幌コンベンションセンター（札幌）

⑮ AILIJIANG MAIMAITI, 山本福壽, QiMan YuNuSi, 山中典和 (2011.3.11) Characterization of Photosynthesis of *Elaeagnus angustifolia* Seedling Grown Under Various NaCl Salinity. 第 58 回日本生態学会、札幌コンベンションセンター（札幌）

⑯ Ailijiang Maimaiti, N. Yamanaka, F. Yamamoto, N. Mori and Q. YuNusi (2010.12.14) Accumulation of quaternary ammonium compounds in plant species growing in around Taklamakan desert of XinJiang region, China. Abstracts of 10th International Conference on Dryland Development, Cairo, Egypt

⑰ Naoko Matsuo (2010.11.3) Oxygen isotope enrichment in leaf water and organic matter as a measure of transpiration、International Symposium on Isotope Ecology 2010 (招待講演)、COOP Inn Kyoto (京都)

⑱ 今田省吾，政二大志，岩永史子，村田直樹，松尾奈緒子，山中典和 (2010.3.16) 異なる土壤塩分条件がタマリスク苗木の成長に及ぼす影響。第 57 回日本生態学会、東京大学（東京）

⑲ 政二大志，松尾奈緒子，今田省吾，岩永史子，村田直樹，山中典和 (2010.3.16) 異なる土壤塩分条件がタマリスク苗木の塩腺からの分泌液の蒸発量に及ぼす影響。第 57 回

日本生態学会、東京大学（東京）

⑳ AILIJIANG MAIMAITI, 山中典和, 山本福壽, 森信寛, QiManNuSi (2010.3.16) Betaine Accumulation as an Osmoregulator in Plant Species Growing in XinJiang Region, China, 第 57 回日本生態学会、東京大学（東京）

〔図書〕 (計 1 件)

山中典和 (2011.6) 1-1 乾燥地とはどういうところか p.3-3-16, 1-2-③ 塩ストレスへの対応 p.30-34, 植物解説 (山中典和, 吉崎真司) p.191-201 吉川賢・山中典和・吉崎真司・三木直子編、風に追われ水が蝕む中国の大地—緑の再生に向けた取り組み—。学報社、東京 pp.215 ISBN:978-4-904079-10-2

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山中典和 (YAMANAKA NORIKAZU)
鳥取大学・乾燥地研究センター・教授

研究者番号: 20202385

(2) 研究分担者

松尾奈緒子 (MATSUO NAOKO)
三重大学・生物資源学研究所・講師
研究者番号: 00423012

(3) 連携研究者

山本福壽 (YAMAMOTO FUKUJYU)
鳥取大学・農学部・教授
研究者番号: 60112322
森信寛 (MORI NOBUHIRO)
鳥取大学・農学部・教授
研究者番号: 30127469