

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19580018

研究課題名（和文） ソバの耐塩性機構の解析

研究課題名（英文） Mechanisms of salt tolerance of buckwheat

研究代表者

松浦 朝奈 (MATSUURA ASANA)

東海大学・農学部・准教授

研究者番号：30299672

研究成果の概要（和文）：世界の乾燥地では塩類集積が深刻な問題となっている。そのような地域でも降雨などにより、一時的に塩濃度が低下する時期がある。栽培期間の短いソバはこうした土地に適した作物であると考えられる。本研究では、普通ソバとダツタンソバを用いて耐塩性機構を調べ、普通ソバがダツタンソバに比べて耐塩性が強いのは、Na イオンの吸収・地上部への移行が小さく、排出が大きく、吸水能を維持して葉面成長を大きく減少させないためであると考えられた。

研究成果の概要（英文）：High salinity decreases crop growth and yield, but its severity can be mitigated by a large amount of precipitation. Buckwheat may be suitable for cultivation in saline conditions because its growing period is very short. Our objective was to investigate the differences between common and Tartary buckwheat in the response to salinity to determine the mechanism of salt tolerance. In conclusion, common buckwheat show salt tolerance than Tartary buckwheat because the lesser uptake and translocate of Na<sup>+</sup>, the more excretion of Na<sup>+</sup>, and maintenance of leaf water potential not to largely decrease of leaf area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：食用作物, 耐塩性

## 1. 研究開始当初の背景

世界各地における砂漠化の進行により、食料生産は低下しており、なかでも塩類集積は深刻な問題となっている。このような塩類集積地においても、降水量が多く地下水位が低い場合には、

短期間ではあるが、土壌中の塩分濃度は低下する。作物の中で、とくに生育期間の短いソバはこうした土地に適した作物の一つと考えられる。岡山県児島湾の干拓地において多数の作物を作付けしたところ、普通ソバは、アブラナ科やナ

ス科と同様に土壌の塩分含量が1%前後では生育し、その耐塩性は数種のイネ科やマメ科作物よりも強く、ワタ、ナタネおよびムギ類よりも弱いと報告されているが、目下のところソバの耐塩性について詳細に検討した報告は見当たらない。

食用ソバには普通ソバ(*Fagopyrum esculentum*)、ダツタンソバ(*F. tataricum*)、宿根ソバ(*F. cymosum*)の3種がある。普通ソバは、3種の中で播種から収穫までが60日程度と最も在圃期間の短い早生品種がある。普通ソバとダツタンソバについては耐塩性にも種・品種間差異が認められている。宿根ソバは主に薬用に用いられ、わが国では家畜のえさとして導入されるなど旺盛な生育を示すが、野生種のため脱粒性が大きく、短日要求性が大きいと3種の中では最も栽培期間が長い(九州では4月上旬に出芽し、12月に収穫)。ダツタンソバは、自家受粉するため3種の中で最も結実率が高く、子実中には機能性成分の一つであるルチンが普通ソバの100倍程度も含まれているが、短日要求性が大きいと普通ソバよりも栽培期間が長く、子実1粒重が他の2種より小さい。また、これらソバは耐湿性が弱く、種・品種間差異も認められているため、海浜地域や地下水の高い地域では耐湿性も考慮する必要があると考えられる。

植物の耐塩性機構には、根でナトリウムを吸収しない、吸収したナトリウムを液胞に隔離する、再転流により地上部に移行したナトリウムを根から排出する、葉の表面からナトリウムを排出することなどが知られている。普通作物の多くは耐塩性が弱く、葉身の $\text{Na}^+$ イオンの多量蓄積が成長阻害をもたらす。幼植物期に普通ソバとダツタンソバを100mMの塩水で栽培した結果、塩水処理により、普通ソバはダツタンソバよりも体内へのナトリウムの蓄積量が少なく、葉身のナトリウム含有量を低く維持し、葉面成長を大きく低下させなかったため、強い耐塩性を示すことが明らかになった。普通ソバは、根の周囲の塩濃度が低い場合には、体内へのナトリウムの吸収は小さいが、根の周囲の塩濃度が高い場合には、多量にナトリウムを吸収して生育が阻害される *natrophobe* の1種であると考えられるが、詳細な耐塩性機構については目下のところ不明である。

近年、イネやアラビドプシスの液胞へのナトリウムの隔離を行う膜タンパク質の発現を高めたり、タバコの細胞質で浸透物質であるマンニトールを増加させる形質転換植物が作出されているが、実用化には至っていない。これは、普通作物の多くは *natrophobe* であり、結局は、体内のナトリウム含量が増大することには耐えられないためであると考えられている。本研究代表者らの実験結果においても、体内のナトリウム含有率の低い普通ソバは強い耐塩性を示した。体内のナトリウムの蓄積量を増加させないためには、ナトリウムの吸収抑制や排出が重要になると考えられるが、ソバにおけるこれらの機能については目下のところ全く不明である。ナトリウムの吸収およ

び排出のいずれが植物体内のナトリウム蓄積量に主に寄与しているかについては、体内蓄積量とともに木部と篩部のナトリウム含量を調べる必要がある。木部と篩部のナトリウム含量を同時にかつ迅速に調べる方法として、採取直後の茎の横断面をESEMで観察し、X線微量分析装置で部位別のイオン強度を測定する方法がある。この方法では、直接に濃度を測定できないが、対照区と比較することにより、対象とする元素の多少を比較できる。また、対象とする部位の面積を測定すれば、面積あたりのイオン強度を算出できる。

## 2. 研究の目的

本研究では、耐塩性品種の育成を最終目標とし、作物の中で最も生育期間の短いソバを対象に、体内におけるナトリウムの蓄積が主にソバの耐塩性の違いを規定するという仮説に基づき、耐塩性の異なる品種を用いて、体内ナトリウムの蓄積機構を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

塩ビパイプ(直径7.5cm、高さ10cm)の円筒を4つつなぎ、砂土を充填して、大型水耕装置へセットする。普通ソバとダツタンソバの種子を砂土に播種し、本葉の展開時に塩化ナトリウム濃度を0mM(対照区)、50mM、100mMおよび150mMとする塩処理区と培養液のみの対照区を設け、収穫時まで栽培した。処理開始時と処理終了時に個体あたりの葉面積と器官別の乾物重を測定した。葉身、葉柄、茎、根、花および子実を湿式灰化後、原子吸光光度計にてNaとKの含有量を測定した。上位展開第2葉の葉身の光合成・蒸散速度および水ポテンシャルを測定した。

この実験において、葉身のNa蓄積量と耐塩性との間に負の相関関係が、植物体のNa蓄積量との間に正の相関関係があり、根系を切除した場合に葉身へのNa蓄積量が増大すれば、耐塩性は主に根系のNa吸収抑制によって規定されていると考えられる。一方、葉身のNa蓄積量と耐塩性との間に負の相関関係が成立しない場合には、ソバの耐塩性は葉身のNa耐性によって主に規定されていると考えられる。

導管液の採取は、地上部を除去後の切断面からの出液を脱脂綿などに吸収させて採取する方法で行った。木部と篩部のナトリウムおよびカリウム濃度については、子葉節と第1葉節の間の茎の断面の木部領域と篩部領域の $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ のイオン強度を環境制御型走査型電子顕微鏡(ESEM)(Nikon ESEM 2700)とX線マイクロアナライザー(EDAX Inc., Mahwah, NJ, USA)で測定した。測定条件は、加速電圧15 kV、試料室の圧力520 Pa、距離8 mm、取り出し角度 $50^\circ$ 、解析時間200秒、1000倍とし、測定値はピーク/バックグラウンド比

で示した。

収穫時には、収量および収量構成要素を測定した。

#### 4. 研究成果

処理後 42 日目において、塩水処理により、普通ソバとダツタンソバの個体成長速度 (PGR) は、それぞれ対照区の 30% と 9% に大きく低下し、その低下速度には明らかな種間差異が認められた。平均葉面積 (MLA) においても、PGR とよく一致した種間差異が認められたが、純同化率 (NAR) においてはそのような傾向は認められなかったことから、PGR の種間差異は、主に MLA に基づくものと考えられた。

植物は、塩ストレスを受けると、吸水阻害とナトリウム害を受ける。そこで、植物の耐塩性を明らかにするためには、これらのうちのどのストレスを受けているのかを明らかにする必要がある。吸水阻害が起こると、葉の蒸散に吸水が追い付かず、葉の水分状態が悪化し、この結果、葉の水ポテンシャルは大きく低下して、葉面積の拡大や光合成の低下が起こるといふ。本実験においては、塩処理によりどちらのソバも処理区の水ポテンシャルが低下し、ダツタンソバのほうが吸水阻害を受けていることが判明した。

処理後 42 日目における各器官の無機イオン含有率について調べたところ、塩水処理によりどちらのソバにおいても根の  $K^+$  含有率は低下した。普通ソバの葉と茎の  $K^+$  含有率は増加したが、ダツタンソバの茎では低下し、葉では変化しなかった。どちらのソバにおいても、塩水処理によって  $Na^+$  の含有率はすべての器官において増大した。普通ソバとダツタンソバを比べてみると、普通ソバは根に多くの  $Na^+$  を蓄積し、ダツタンソバは地上部に多くの  $Na^+$  を蓄積していた。ダツタンソバの茎と花の  $Na^+$  含有率は普通ソバに比べて高かったが、葉身では同様であった。

処理後 42 日目におけるソバ 2 種の導管液の  $K^+$  と  $Na^+$  の含有率を調べたところ、塩処理により普通ソバの導管液の  $K^+$  含有率は変化せず、ダツタンソバでは増加した。どちらのソバにおいても、塩水処理によって導管液の  $Na^+$  は増加し、増加程度はダツタンソバのほうが大きかった。また、花のナトリウム含量はダツタンソバのほうが著しく多かった。これらのことから、ダツタンソバに比べて普通ソバは、ナトリウムの吸収量が少なく、吸収したナトリウムは根と茎に蓄積するのに対して、ダツタンソバでは茎に多く蓄積することが明らかになった。

地上部の  $Na^+$  蓄積量は、木部からの流入、篩部への排出、根での吸収および根の細胞内での隔離に基づく。そこで、このようなナトリウムの流れを明らかにするためには、篩部

のイオン含量を明らかにする必要がある。これまでに純粋な篩管液を採取する方法として、アブラムシ技法があるが、技術上困難な点が多く、採取量が微量であるという欠点がある。そこで、 $Na^+$  や  $K^+$  を定量的に分析する方法のひとつとして走査型電子顕微鏡 (SEM) と X 線マイクロアナライザーが用いられてきた。とくに ESEM は試料による特性 X 線の吸収や他の元素の励起による過大・過小評価などがあるものの、前処理が不要であり、含水試料でも迅速に低真空中で観察できるため、植物材料の元素分析には適した方法である。塩水処理により、普通ソバとダツタンソバの木部のナトリウムイオン強度はそれぞれ 17 倍と 32 倍に増加し、篩部では 22 倍と 14 倍に増加した。これらのことから、普通ソバはダツタンソバに比べて、ナトリウムの吸収が少なく、排出が多いと推察された。一方、木部ではダツタンソバのほうがカリウムの吸収は維持されたが、篩部では変化しなかった。これらの結果は、体内のイオン蓄積量とほぼ対応すると考えられた。

収穫時における、普通ソバとダツタンソバの根の乾物重は塩水処理により、それぞれ 18% と 4% に低下し、根の成長も著しく阻害されたことが明らかになった。また、ダツタンソバの葉面積と葉の乾物重も普通ソバより低下していた。塩水処理により普通ソバとダツタンソバの収量はそれぞれ 3% と 0% に著しく低下した。普通ソバでは花房数と 1 花房種子数が収量の低下要因であると考えられた。ダツタンソバは、花が咲いたものの結実をしなかったために収量が皆無であった。

以上のことから、普通ソバがダツタンソバに比べて耐塩性が強いのは、 $Na^+$  イオンの吸収・地上部への移行が小さく、排出が大きく、吸水能を維持して葉面成長を大きく減少させないためであると考えられた。

#### 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 1 件)

松浦朝奈・辻 渉・村田浩平, 2009. ナトリウムの吸収・蓄積からみた普通ソバとダツタンソバの耐塩性の差異. 日本作物学会紀事、査読無、78 巻、2009、254-255

[学会発表] (計 1 件)

松浦朝奈・辻 渉・村田浩平、ナトリウムの吸収・蓄積からみた普通ソバとダツタンソバの耐塩性の差異、日本作物学会、2009 年 3 月 27 日、つくば国際会議場エポカルつくば

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

松浦 朝奈 (MATSUURA ASANA)  
東海大学・農学部・准教授  
研究者番号：30299672

(2) 研究分担者

辻 渉 (TSUJI WATARU)  
鳥取大学・乾燥地研究センター・助教  
研究者番号：90279381  
村田浩平 (MURATA KOUHEI)  
東海大学・農学部・准教授  
研究者番号：90279381