

氏名	ばば たかし 馬場 貴志
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	乙第42号
学位授与年月日	平成16年 3月12日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	NaCl 処理植物におけるイオン輸送に関する研究
学位論文審査委員	(主査) 藤山英保 (副査) 本名俊正 山本定博 若月利之 進藤晴夫

## 学位論文の内容の要旨

乾燥地農業においては塩害が大きな問題となっており、特に Na 濃度の上昇による植物の生育阻害は広く認められている。高 Na による植物の生育低下に関する研究の多くは長期間の NaCl 処理を行っている。しかし植物のレスポンスが処理期間に起こった様々な生理作用の結果であるという可能性を否定することはできず、植物の高 Na に対する直接的なレスポンスを明確にすることは難しい。そこで本研究では、短期間の NaCl 処理を行い、NaCl ストレスの植物への直接的な影響を明確にしようとした。特に、導管液および師管液組成の変化を調査することで茎葉と根間のイオン輸送を明確にし、植物が高 NaCl によって生育低下に至るプロセスをイオン輸送の面から詳細に検討した。さらに、これまでに認められている NaCl ストレス下で生育する植物への KCl あるいは CaCl<sub>2</sub> 添加による生育改善機構についてもイオン輸送の面から検討した。

短期間（72 時間）の NaCl 処理が植物の水分状態および栄養状態に及ぼす影響をイネ (*Oryza sativa* L. cv. Koshihikari) とトマト (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Saturn) を用いて調査した。同時に KCl あるいは CaCl<sub>2</sub> 添加が NaCl 処理植物に及ぼす影響を調査した。NaCl 処理はイネの水分状態およびトマトの栄養状態を著しく悪化させた。しかし、イネでは K<sup>+</sup> 輸送促進により、良好な栄養状態を維持し、トマトでは蒸散抑制により良好な水分状態を維持した。KCl あるいは CaCl<sub>2</sub> 添加は両植物の水分状態を回復する効果はなかったが、栄養状態改善には効果的であった。特にトマトにおける CaCl<sub>2</sub> 添加は良好な水分状態を維持したまま Na<sup>+</sup> 輸送抑制と他の陽イオン輸送促進によって栄養状態を改善した。

短期間（24 時間）NaCl ストレスがイオン輸送に及ぼす影響を明らかにするために、80 mmol L<sup>-1</sup> 条件下で生育するイネとトマトの導管液組成を調査した。NaCl ストレスは両植物の導管液組成は処理直後から著しく変化したが、イネとトマトでは Na<sup>+</sup> および K<sup>+</sup> の挙動が異なっていた。イネでは Na<sup>+</sup> 輸送が抑制され、K<sup>+</sup> 輸送が促進された。トマトでは Na<sup>+</sup> 輸送が促進され、K<sup>+</sup> 輸送が抑制された。

植物の茎葉と根間のイオン輸送をより明確にするために、耐塩性が強いとされるイネ (*Oryza sativa* L. cv. Pokkari) とトマト (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Edkawi) の、短期間 NaCl ストレス下の導管液組成と師管液組成を調査し、それらの種間差および品種間差と耐塩性との関係を明らかにし

ようとした。イネの抵抗性種である Pokkari は茎葉への  $\text{Na}^+$  輸送抑制と  $\text{K}^+$  輸送促進により高い耐塩性を維持し、感受性種である根への Koshihikari は  $\text{Na}^+$  排除能が高いものの、他のイオン排除能も高く、耐塩性は弱かった。トマトの抵抗性種である Edkawi は処理直後におけるイオン（特に  $\text{K}^+$  および  $\text{Ca}^{2+}$ ）輸送能が高く、感受性種である Saturn は  $\text{K}^+$  輸送能が著しく低かった。

KCl あるいは  $\text{CaCl}_2$  添加効果の種間差および品種間差をイオン輸送の面から詳細に検討するため、 $80 \text{ mmol L}^{-1}$  条件下で生育するイネとトマトの 4 品種に  $10 \text{ mmol L}^{-1}$  の KCl あるいは  $\text{CaCl}_2$  を添加した。根から茎葉へのイオン輸送における KCl あるいは  $\text{CaCl}_2$  添加効果の植物種間差および品種間差は明確ではなかった。しかし、茎葉から根へのイオン輸送には種間差および品種間差が認められた。イネでは Koshihikari への KCl 添加は根へのイオン輸送を促進し、 $\text{CaCl}_2$  添加は抑制したが、Pokkari では添加効果は認められなかった。トマトでは KCl および  $\text{CaCl}_2$  添加は根への輸送を抑制し、 $\text{CaCl}_2$  添加がより効果的であった。

以上のことから、(1)NaCl ストレスに対するレスポンスの違いは短期間処理においても明確であること、(2)その傾向は長期栽培の結果と一致していること、(3)NaCl ストレス直後におけるイオン輸送の違いが植物種および品種間における耐塩性の違いと密接に関連していること、(4)KCl あるいは  $\text{CaCl}_2$  添加効果には茎葉へのイオン輸送促進に加えて、根への再転流抑制によるイオン保持能の向上があること、が明らかになった。

## 論文審査の結果の要旨

乾燥地農業においては塩害が栽培上の大きな問題である。塩害の中でも特に高 Na は土壤の物理性の悪化、拮抗作用による主要必須陽イオンの吸収抑制、土壤 pH の上昇に伴う必須重金属の不可給化などさまざまな害を及ぼすため、もっとも深刻である。高 Na による植物の生育低下に関する研究の多くは植物に長期間の NaCl 処理を行っている。しかし植物のレスポンスが処理期間に起こった様々な生理作用の結果であるという可能性を否定することはできず、植物の高 Na に対する直接的なレスポンスを明確にすることは難しい。

そこで本研究では、短期間の NaCl 処理を行い、NaCl ストレスの植物への直接的な影響を明確にしようとした。特に、導管液および師管液組成の変化を調査することで茎葉と根間のイオン輸送を明確にし、植物が高 NaCl によって生育低下に至るプロセスをイオン輸送の面から詳細に検討した。さらに、これまでに認められている NaCl ストレス下で生育する植物への KCl あるいは  $\text{CaCl}_2$  添加による生育改善機構についてもイオン輸送の面から検討した。

短期間（72 時間）の NaCl 処理が植物の水分状態および栄養状態に及ぼす影響を水耕栽培したイネ（*Oryza sativa* L. cv. Koshihikari）とトマト（*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Saturn）を用いて調査した。同時に KCl あるいは  $\text{CaCl}_2$  の培養液への添加が NaCl 処理植物に及ぼす影響を調査した。

NaCl 処理はイネの水分状態およびトマトの栄養状態を著しく悪化させた。しかし、イネでは  $\text{K}^+$  輸送促進により良好な栄養状態が維持され、トマトでは蒸散抑制により良好な水分状態が維持された。KCl あるいは  $\text{CaCl}_2$  添加は両植物種の水分状態を回復させる効果はなかったが、栄養状態改善には有効であった。特にトマトにおける  $\text{CaCl}_2$  添加は良好な水分状態を維持したまま  $\text{Na}^+$  の輸送を抑制し、他の陽イオンの輸送を促進することによって栄養状態を改善した。

短期間（24 時間）NaCl ストレスがイオン輸送に及ぼす影響を明らかにするために、 $80 \text{ mmol L}^{-1}$

条件下で生育するイネとトマトの導管液組成を調査した。

NaCl ストレスによって両植物の導管液組成は処理直後から著しく変化したが、イネとトマトではNa<sup>+</sup>およびK<sup>+</sup>の挙動が異なっていた。イネではNa<sup>+</sup>輸送が抑制され、K<sup>+</sup>輸送が促進された。トマトではNa<sup>+</sup>輸送が促進され、K<sup>+</sup>輸送が抑制された。

植物の茎葉と根間のイオン輸送を検討するために、耐塩性が強いとされるイネ (*Oryza sativa* L. cv. Pokkali) とトマト (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Edkawi) を用いて、短期間 NaCl ストレス下の導管液組成と師管液組成を調査し、それらの種間差および品種間差と耐塩性との関係を明らかにしようとした。

イネの抵抗性品種である Pokkali は茎葉への Na<sup>+</sup>輸送抑制と K<sup>+</sup>輸送促進によって高い耐塩性を維持し、感受性種である Koshihikari は Na<sup>+</sup>排除能が高いものの、他のイオン排除能も高く、耐塩性は弱かった。トマトの抵抗性種である Edkawi は処理直後におけるイオン (特に K<sup>+</sup>および Ca<sup>2+</sup>) 輸送能が高く、感受性種である Saturn は K<sup>+</sup>輸送能が著しく低かった。

KCl あるいは CaCl<sub>2</sub> 添加効果の種間差および品種間差をイオン輸送の面から詳細に検討するため、Na 濃度が 80 mmol L<sup>-1</sup>の条件下で生育するイネとトマトの上記 4 品種に 10 mmol L<sup>-1</sup>の KCl あるいは CaCl<sub>2</sub>を添加した。

根から茎葉へのイオン輸送における KCl あるいは CaCl<sub>2</sub> 添加効果の植物種間差および品種間差は明確ではなかった。しかし、茎葉から根へのイオン輸送には種間差および品種間差が認められた。イネにおいては、Koshihikari への KCl 添加は根へのイオン輸送を促進し、CaCl<sub>2</sub> 添加はイオン輸送を抑制したが、Pokkali では添加効果は認められなかった。トマトでは KCl および CaCl<sub>2</sub> 添加は根へのイオン輸送を抑制し、その効果は CaCl<sub>2</sub> 添加の方が大きかった。

以上のことから、(1) NaCl ストレスに対するレスポンスの違いは短期間処理においても明確であること、(2) その傾向は長期栽培の結果と一致していること、(3) NaCl ストレス直後におけるイオン輸送の違いが植物種および品種間における耐塩性の違いと密接に関連していること、(4) KCl あるいは CaCl<sub>2</sub> 添加効果には茎葉へのイオン輸送促進に加えて、根への再転流抑制によるイオン保持能の向上があること、が明らかになった。

以上のように、本研究は一般に認められている高 Na が植物に及ぼす影響を初期段階から追跡し、最終的に個体の乾物生産の抑制に至るプロセスを明確にしたものである。優れた学術的な業績であるばかりでなく、乾燥地農業で大きな問題となる Na 害を回避する上で貴重な資料となる。博士 (農学) の学位論文として十分な価値を有するものであると、審査委員一同認定した。