

根の速度論的イオン吸収モデルに基づく砂漠化進行畑作圃場の塩類動態の評価
 Evaluation of salt dynamics in crop fields under desertification
 by applying kinetic models of root ion absorption

○北野雅治¹, 野見山綾介², 佐合悠貴², 安武大輔³

○Masaharu Kitano¹, Ryosuke Nomiya², Yuki Sago², Daisuke Yasutake³

1. はじめに 砂漠化進行畑作圃場では土壌および地下水の塩類化が深刻な問題である。圃場の塩類化は作物の物質吸収の影響を受けることから、塩類集積条件下での作物根の吸収機能の評価は必須の課題である。そこで本研究は、作物根のイオン吸収モデルとして2種の速度論的モデルを新たに提案し、畑作土壌での塩類動態に対する作物の吸収機能の影響を評価した。

2. 蒸散統合型イオン吸収モデル 作物根のイオン吸収は、根細胞の膜輸送タンパク質の機能に加え、葉の蒸散によって駆動される根の吸水の影響を受ける。根の吸水は根表面へのイオンのマスフローを引き起こし、膜輸送タンパク質(酵素)とイオン(基質)との邂逅頻度に影響を及ぼす。そこで、従来の酵素反応速度論に基づく濃度依存型イオン吸収モデルに蒸散の影響を考慮した、蒸散統合型イオン吸収モデル(1)を新たに提案した。

$$Q_M = Q_{\max} \frac{[M] \cdot Tr}{K_M + [M] \cdot Tr} \quad \dots (1)$$

ここで、 Q_M はイオン吸収速度($\text{mmol d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$)、 $[M]$ は根域の溶液イオン濃度(mmol L^{-1})、 Tr は蒸散速度($\text{L d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$)、 $[M] \cdot Tr$ はマスフローによるイオンの輸送量($\text{mmol d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$)、 Q_{\max} は最大イオン吸収速度($\text{mmol d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$)、 K_M は $Q_M=0.5Q_{\max}$ 時の $[M] \cdot Tr$ である。 Q_{\max} は膜輸送タンパク質の吸収能力を、 K_M は膜輸送タンパク質の各イオンに対する親和性を示すと考えられる。

3. 塩類集積条件下の栽培作物への適用 塩類集積条件下における作物のイオン吸収速度の測定にはNFT水耕栽培システム(Fig.1)および現地の塩類化地下水を模した培養液(Table.1)を使用し、各イオン種の日積算吸収量を30日間評価した。作物は黄河流域の主要作物であるトウモロコシとヒマワリを使用した。塩類集積条件下における両作物のイオン吸収速度が蒸散統合型モデルによって評価し得ることが分かった(Fig.2)。モデルを Q_{\max} について正規化を行った結果(Fig.3)、正規化されたイオン吸収速度に作物種間で違いは見られず、 Q_{\max} により吸収機能の種特異性が表現可能であること示唆された。次に、正規化モデルに基づいて、作物体へのイオン集積量により好塩性作物ビートの Q_{\max} および K_M の推定が可能であった(Fig.4)。塩類集積条件下での各作物のイオン吸収パラメータ Q_{\max} および K_M をTable.2に示す。

4. 蒸発散統合型イオン吸収モデル 畑作圃場における塩類動態の評価に際し、蒸発散統合型イオン吸収モデル(2)を新たに提案した。

$$Q_M = Q_{\max} \frac{(1-C) \cdot [M] \cdot ET}{K_M + (1-C) \cdot [M] \cdot ET} \quad \dots (2)$$

ここで、 ET は蒸発散速度($\text{L d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$)、 C は制限係数を表す。制限係数 C は、蒸発散に対する蒸

1 九州大学大学院農学研究院/Faculty of Agriculture, Kyushu University 2 九州大学大学院生物資源環境科学府/Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University 3 高知大学農学部/Faculty of Agriculture, Kochi University

キーワード：砂漠化、塩類集積、根の吸収モデル

散の割合，土壤溶液と吸収根の接触，イオン種と土粒子との関係に依存すると考えられる。植栽土壤コラムシステム (Fig.5) により作物および根域土壤へのイオン集積を測定し，蒸発散統合型モデルによる塩類動態の経時変化シミュレーションを試みた結果 (Figs.6 and 7)，作物の吸収機能による影響を考慮した塩類動態のシミュレーションが可能であり，本モデルの塩類動態評価に対する有意性が示唆された。

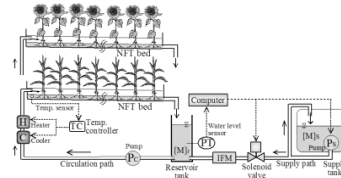


Fig.1 NFT 水耕栽培システム
Schematic diagram of the NFT system

Table.1 塩類化培養液のイオン組成
Ion composition of salinized solution

	Na ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ²⁻
Ion concentration mmol L ⁻¹	34.3	45.2	5.7	11.9	1.3	2.9	17.2	0.2

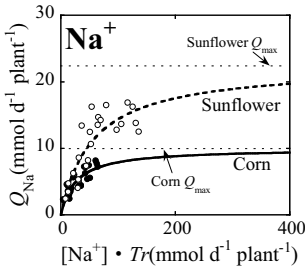


Fig.2 Na⁺吸収速度への蒸散統合モデルの適用
Na⁺ absorption rate and the transpiration-integrated model

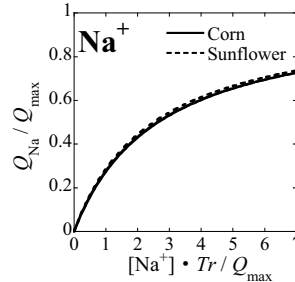


Fig.3 正規化モデルに基づくイオン吸収速度
The kinetic model normalized by Q_{max}

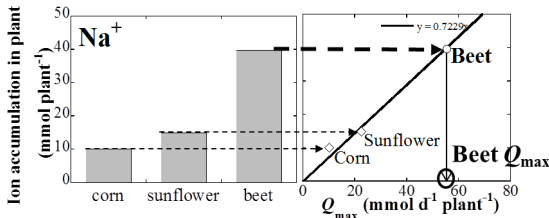


Fig.4 ビートのイオン吸収特性の推定
Estimation of the property of Na⁺ absorption of beet

Table.2 各作物のイオン吸収パラメータ
Model parameters of ion absorption in the respective crops

	Q _{max} (mmol d ⁻¹ plant ⁻¹)	K _M (mmol d ⁻¹ plant ⁻¹)
Na ⁺ Corn	10.0	26.3
Sunflower	22.4	56.2
Beet	53.3	137

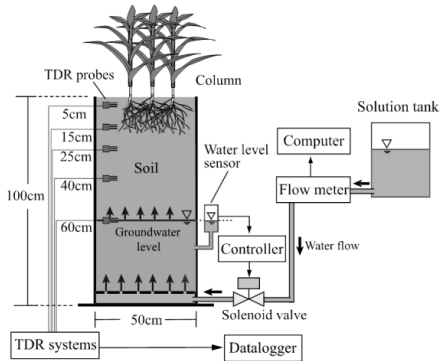


Fig.5 土耕コラムシステム
Cropped soil column system

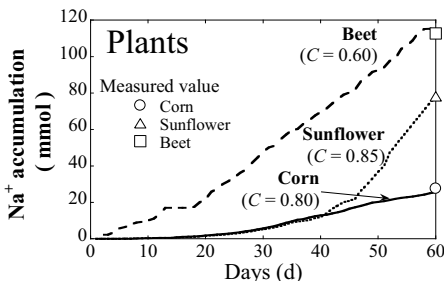


Fig.6 蒸発散統合型モデルに基づく作物のイオン吸収量の経時予測
Simulation of ion accumulation in plants on the basis of evapotranspiration-integrated model

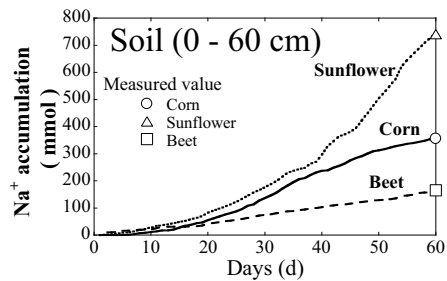


Fig.7 蒸発散統合モデルに基づく根域土壤における塩類動態の経時予測
Simulation of ion accumulation in the root zone soil on the basis of evapotranspiration-integrated model