

ツルヨシ *Phragmites japonica* の栄養塩吸収に関する水耕栽培実験

名古屋大学 学生会員 Jeffrey Nicolaisen
 名古屋大学 正会員 戸田祐嗣
 名古屋大学 学生会員 Bui Thi Khanh Chi
 名古屋大学 フェロー会員 辻本哲郎

1. はじめに

全国の河川では河川敷での植生の拡大が報告されている。そのなかで、ツルヨシ (*Phragmites japonica*) は裸地砂州上に先駆的に侵入し、砂州植生域の拡大を引き起こすきっかけとなると共に、砂州生態系に影響を与える。ツルヨシの拡大を予測するためにツルヨシの成長の制約因子を知ることが必要である。本研究では水耕栽培実験を用いてツルヨシの栄養塩供給源である水の窒素濃度とツルヨシの窒素吸収率の関係を把握し、そして、能動的な吸収と D0 の関係を把握することを目的とする。

2. 背景

Redfield(1963)は藻類が炭素(C)、窒素(N)、リン(P)の原子比(106:16:1)という一定の割合で構成されているということを明らかにし、その比率はRedfield比と呼ばれている。種によるもののある程度一定の割合で構成されており、陸上植物の場合、二酸化炭素を空気から取れるため、炭素が制約因子になる場合が少ない。一方、土壌・地下水環境によって栄養塩供給源が異なりP・Nのどちらかが植物成長を制約する場合が多い。植物種によってN:P比が異なるが、14:1~16:1程度である。本研究の対象域は矢作川の17キロ砂州で、砂州内に4つの井戸を設置し、2005年春季から秋季にかけて10回水質を調査し、アンモニウム態窒素(NH₄-N)、硝酸塩態窒素(NO₃-N)、亜硝酸塩態窒素(NO₂-N)を含む溶存態窒素(WSN)とリン酸塩態リン(PO₄-P)のN:P比で4.3:1を算出した。このことから、伏流水が栄養塩の供給源であると仮定すると、伏流水のN:P比がRedfield比より小さいということから窒素が制約因子になるものと判断される。

栄養塩は植物の根で吸収されその吸収は受動的な吸収と能動的な吸収に分けることができる。受動的な吸収とは、光合成活動によって蒸散する水の輸送に伴う栄養塩吸収のことで、能動的な吸収とは、根の呼吸によりイオンを交換させ、吸収することである。能動的吸収するときに根が呼吸するので、根が溶存酸素(DO)を消耗し二酸化炭素を排出する。

3. 実験

水耕栽培実験は10月21日及び10月26日に行った。6月4日、6月19日、7月1日に4箇所の井戸から採水したサンプルの窒素濃度観測値の平均 1.27 mg L⁻¹ WSN・1.09 mg L⁻¹ NO₃ を基に水道水(0 mg L⁻¹ NO₃-Nの場合だけ蒸留水)に硝酸カリウ

Table 1. Initial concentrations of culture solutions					
		Original			
		PO ₄ -P (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)
10/21		5.920	0.000	0.00	4.64
10/26	A	0.903	0.000	0.05	0.000
	B	0.500	0.000	0.00	0.326
	C	0.540	0.000	0.00	0.981
	D	0.480	0.000	0.00	2.010
	E	0.480	0.000	0.00	3.000

ム KNO₃ を加え、窒素が制約条件になるようにそれぞれの栽培液にリン酸水素二カリウム(K₂HPO₄)を用いてRedfield比(16 原子N:1 原子P)を上回る濃度のリンを加え、Table 1 が示す濃度の培養液を作った。

実験の前日に矢作川の17キロ砂州からツルヨシを採り、できるだけ質量が等しくなるようにツルヨシを切り出した。各ツルヨシの根を無リン洗剤で洗い、それぞれの濃度の培養液1Lが入っているジッパー付きの袋にツルヨシを一本ずつ入れた。茎の周りの隙間をガムテープで閉め、袋を1Lのポリビンに入れた。ポリ

ビンを名古屋大学構内の屋上に置いた。

全てのサンプルについてイオン・クロマトグラフィを用いて $\text{NO}_3 \cdot \text{PO}_4 \cdot \text{NO}_2$ の濃度を分析し、実験前後の培養液は Hach 社の簡易分析機器を用いて NH_4 の濃度を分析した。

10 月 21 日の 24 時間実験で 15 本の植物を同様な培養液に入れた。実験期間中に栄養塩がなくなるのを防ぐために高い濃度（矢作川の伏流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ の 4 倍）を使った。採水開始の 2 時間前に植物を水耕環境にいい、培養液に馴染ませた。0 時から 24 時までの 24 時間、8 時間間隔で水をシリンジで吸い上げ、2mL 位を採水した。

10 月 21 日の実験では植物は $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ を両方吸収したが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の変化が大きかった。Figure 1 に各間隔の吸収量を示す。培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が減ったにも関わらず、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収率は時間と共に増加した。DO の消耗は $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度変化に伴って変化した。Figure 2 に示すように初期に $\text{NO}_3\text{-N}$ の能動的吸収が小さかったため N:P の吸収比は小さかったが、最終的に $\text{NO}_3\text{-N}$ の能動的吸収が大きくなるにつれて N:P の吸収率が 16 : 1 またはそれ以上になった試行が多かった。 $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸収が 0 に近く、一つが負になっているのは $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸収が負のためである。

10 月 26 日の実験は 11 時から 17 時までの 6 時間間隔で行った。10 月 26 日の 6 時間実験では、濃度による吸収率変化を見るために 5 つの異なった濃度を使い、各濃度に対して三つの重複試行を行った。初期濃度を保つために馴染がなかった。濃度による吸収の差は小さく、主として $\text{PO}_4\text{-P}$ を能動的吸収した。図 3 が示すように $\text{PO}_4\text{-P}$ は根呼吸（DO）と関係があった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の能動的吸収は 0 に近かった。

両方の実験では最終的 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ はほぼ 0 だった。

4. 結論

植物は能動的吸収をするためにイオン交換で根の境界層など、吸収しやすい化学的環境を作る。10 月 21 日の実験の場合に吸収が間隔ごとに増加したのは植物がその境界層構造などにより化学的に吸収しやすい段階に進んだからだと考えられる。10 月 26 日の実験は培養液に馴染む間隔がなかったため、初期に境界層を作る前の段階になっていた。図 2 から考えると 10 月 21 日の実験の場合にも最初の間隔より早い間隔で N:P の吸収比がより小さくなったと考えられる。従って、間隔毎に濃度が減って $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収が増加したのはイオン交換に必要な培養液の化学的環境の形成時間に依存するものと思われる。

参考文献

Redfield, A.C., Ketchum, B.H., and Richards, F.A. (1963). The influence of organisms on the composition of seawater. In *The Sea*, Vol. 2, (Ed. M.N. Hill), pp 26-79. (Wiley Interscience: New York).

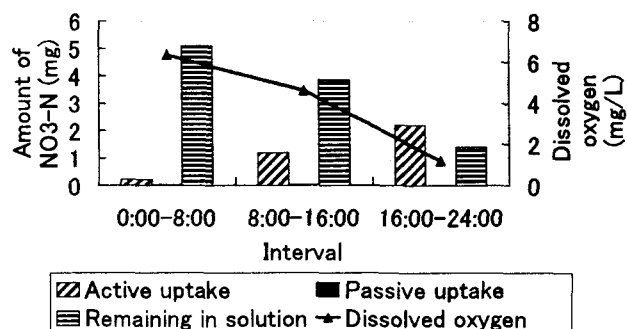


Figure 1. Time change of $\text{NO}_3\text{-N}$ and DO

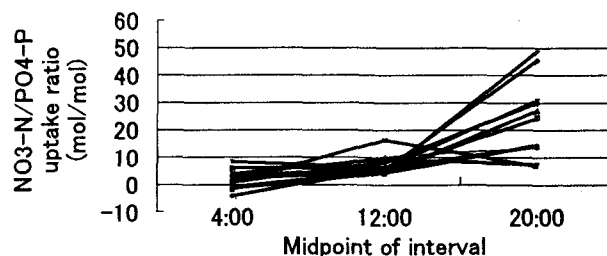


Figure 2. Time change of $\text{NO}_3\text{-N}/\text{PO}_4\text{-P}$ uptake ratio

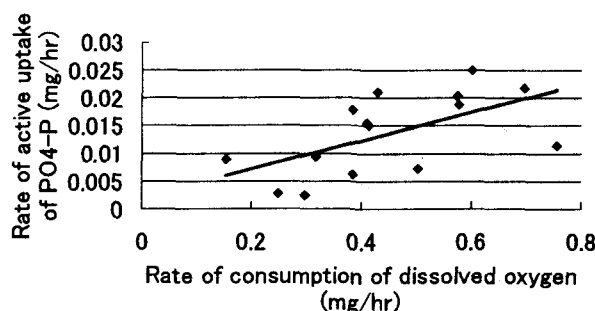


Figure 3. Rate of consumption of dissolved oxygen v. rate of active uptake of $\text{PO}_4\text{-P}$