

II-532

水生植物(ハナショウブ)の窒素・リン吸収特性

広島大学工学部 正 員 今 岡 務
(株)日水コン 山 本 誠 二
広島大学工学部 正 員 寺 西 靖 治

1. はじめに 下水処理水を再利用し、都市域での水空間の創造に役立てようとする試みが各地で見られ始めているが、その運用方法については確立されていないのが現状であろう。とくに2次処理水を対象とする場合、通常その窒素(N)・リン(P)濃度は依然として高いことから、富栄養化にともなう水辺環境の悪化が懸念される。本研究では、水生植物の栄養塩吸収能を放流水中のN・Pの低減化に利用するという観点から、観賞植物としてもよく知られているハナショウブに着目し、回分式の水耕栽培実験によりその窒素・リン吸収特性について検討を加えた。

2. 実験方法 栽培実験は、表-1に示すホーランド液に NaNO_3 および K_2HPO_4 を所定の濃度になるように添加した栽培溶液を用いて行い、N・P濃度を10 mgN/lおよび 4 mgP/lとしてハナショウブの生長にともなう吸収速度の変化を調査した実験Iと、各種N・P濃度の溶液を用いた実験IIとを実施した。いずれの実験も、栽培容器(ガラス製 外寸φ137×157 mm、溶液量1,200 ml)を恒温庫内に設置し、15,000 luxの恒照度下(陽光ランプにより明条件12時間、暗条件12時間)で行った。実験Iでは、4株のハナショウブ(3株は茎葉部を削除した切断根、1株は成株[3週間後に茎葉部を削除])を、1週間毎に栽培溶液を交換することにより8週間栽培した。実験期間中、週毎に恒

温庫内の温度を 9.1~22.7℃に変化させるとともに、N・P濃度および生長量の測定などを行った。実験IIでは、初期 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を 0.27~4.32 mgN/l($\text{PO}_4\text{-P}$: 2.0 mgP/l)の範囲で9段階、初期 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度を0.06~1.80 mgP/l($\text{NO}_3\text{-N}$: 4.0 mgN/l)の範囲で7段階にそれぞれ設定し、明条件で12時間、栽培溶液交換後暗条件で12時間成株の栽培を行った。その間、1~3時間毎に採水し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ・ $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度を測定した。それぞれの実験終了時には、各ハナショウブの乾物率およびN・P含有量の測定を行った。

表-1 ホーランド液の組成

イオン交換水	H_2O	1000 ml
塩化カルシウム	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.735g
塩化カリウム	KCl	1.11g
硫酸マグネシウム	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.49g
クエン酸鉄	$\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_6$	0.005g
ホウ酸	H_3BO_3	0.0029g
塩化マンガン	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.0018g
硫酸亜鉛	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.00022g
硫酸銅	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.00008g
モリブデン酸	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.00002g

3. 実験結果および考察 植物根からのイオン吸収速度 v_s は、一般に次のMichaelis-Menten型の式によって外部溶液中のイオン濃度Sと関係付けられる。

$$v_s = V_{s\max} \cdot S / (K_s + S) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 $V_{s\max}$: 最大比吸収速度、 K_s : 飽和定数。

この v_s は、単位根部重量当りの吸収速度によって表示されることが多いが、生長にともなう長期間の変動を考えた場合、茎葉部の状態も吸収速度に影響を及ぼすことが推測される。さらに、温度あるいは光条件によっても影響されよう。そこで、単位全体重量当りの吸収速度として求めた場合、実験IIにおいて(1)式で示される関係が概ね成り立つことを確認した上で、(1)式をもとに実験Iの実測データから最大比吸収速度の変化を算出し、個体重 W_t (乾燥重量、g)との関係を改めて検討してみた。なお、 v_s (mgS/g/day)は次式をもとに算出した。

$$v_s = (1/W_t) \cdot (dM_s/dt) \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 M_s (mgS)は栽培容器中のN・P量であり、 W_t は実験終了時に得られた乾物率をもとに期間中に測定した湿潤重量から推定した。

その結果、図-1に示すように、個体重の増加に伴う最大比吸収速度の低下がN・Pいずれに関しても見られた。なお、図には後述する温度の影響を補正した20℃での値 V_{sm20} (mgS/g/day)によって示してある。本研究では、これを次式によって近似した。

$$V_{Nm20} = 0.623 \cdot W_t^{-0.300} \quad \text{----- (3)}$$

$$V_{Pm20} = 0.108 \cdot W_t^{-0.441} \quad \text{----- (4)}$$

ここで、右辺の係数は、20℃における修正最大比吸収速度 V_{sm20} を示す。

上述の関係は、N・Pを積極的に要求する植物体中の部位（シンク）の量あるいは活性が、重量の増加に伴い、相対的には低下することを示唆すると考えられるが、詳細は今後の検討課題である。次に、(3)、(4)式をもとに個体重の影響を改めて補正した修正最大比吸収速度 V_{smax} と温度との関係を検討した結果、図-2に示すようにこの温度範囲ではN・Pいずれに関しても、1.06前後の温度活性係数を用いて温度効果を表示できることが明らかとなった。

さらに、実験Ⅱで得られた v_s について個体重および温度の影響を補正し、N・P濃度との関係を検討した。図-3は明条件での結果であり、これより飽和定数として $K_N = 2.447$ mgN/l、 $K_P = 0.503$ mgP/lをそれぞれ得た。暗条件における V_{sm20} および K_s も、ほぼ明条件での値と一致し、光条件の顕著な影響は認められなかった。また、 V_{sm20} について、Nでは(3)式中の値との一致が確認された。したがって、 W_t (g)のハナショウブの硝酸性窒素吸収速度 R_N (mgN/day)は、

$$R_N = 0.62 \cdot (1.06)^{T-20} \cdot [N / (2.45 + N)] \cdot W_t^{0.70} \quad \text{--- (5)}$$

とまとめられる。

一方、リンに関しては図-3に示した実験Ⅱのデータからは、(4)式中の値よりもかなり高い $V_{Pm20} = 0.277$ mgP/g/dayが得られた。この相違については、P含有量の影響などが考えられ、リンの吸収機構の複雑さを示唆した。ハナショウブの栽培をN・P除去に対してより効果的に行うための指針を確立するには、生長速度の解析とともにP吸収特性の検討がさらに必要であろう。

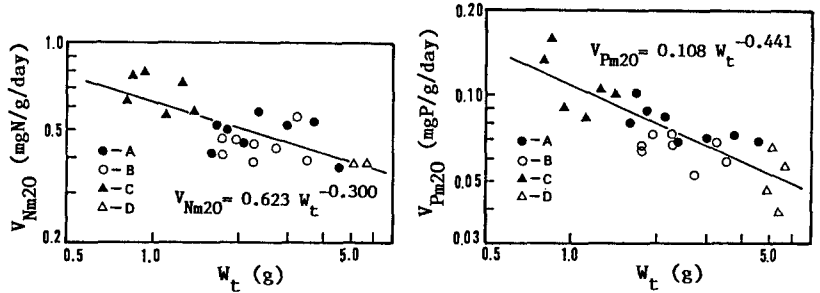


図-1 20℃における最大比吸収速度と個体重の関係

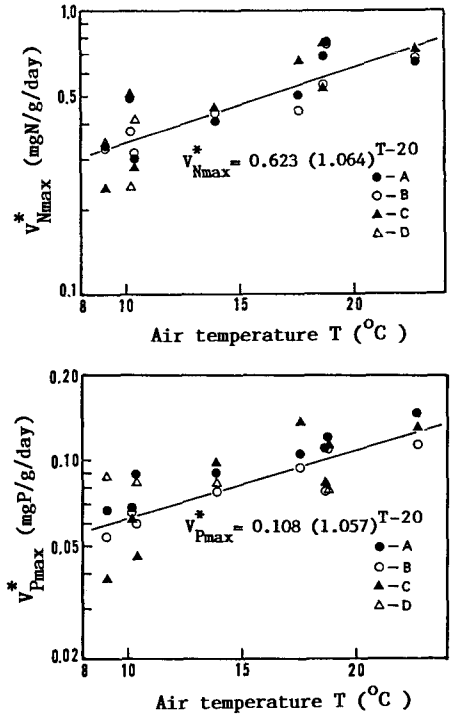


図-2 修正最大比吸収速度と温度の関係

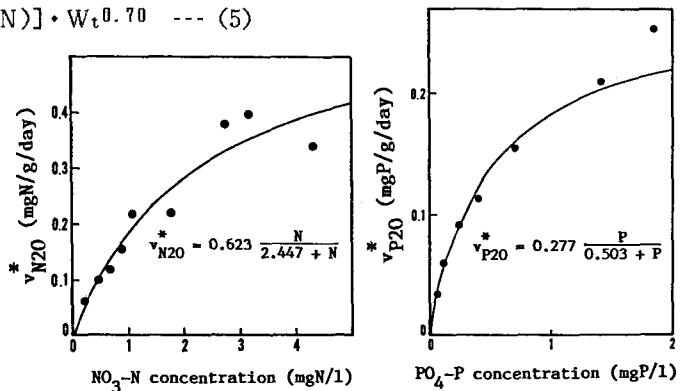


図-3 20℃における修正比吸収速度と窒素・リン濃度の関係