

NUTRICION MINERAL Y COEFICIENTE DE RENDIMIENTO DE *EICHHORNIA CRASSIPES* (MART) SOLMS*

Mineral nutrition and yield coefficient in *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms*

MARGARITA VÉJAR P**, VÍCTOR DELLAROSSA S.** y JAIME CÉSPEDES***

ABSTRACT

It is shown that nitrogen is the most important growth limiting nutrient for *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms cultivated under laboratory conditions from the flowering to the onset winter dormancy.

The species was tested as a biological depleting agent of nitrogen enriched water with a yield of 24.0 mg (dry weight)/mg N-NO₃/l.

Experiments carried out at different salinities showed that *E. crassipes* can tolerate up to ca. 7.5 g/l NaCl.

KEYWORDS: *Eichhornia*, eutrophication, nitrogen.

RESUMEN

Se demuestra que el nutriente limitante más importante para el crecimiento de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms., bajo condiciones de laboratorio y en el lapso comprendido entre el período de floración y el de latencia de invierno, es el nitrógeno.

Se ensaya la potencialidad de la especie como depuradora biológica de aguas enriquecidas en nitrógeno determinando un coeficiente de rendimiento de 24.0 mg (p.s.)/mg N-NO₃/l.

Cultivos realizados a diferentes salinidades indican que *E. crassipes* puede tolerar hasta 7.5 g/l de NaCl.

INTRODUCCION

E. crassipes, una planta acuática flotante, conocida con el nombre de "jacinto o lirio de agua" es considerada uno de los colonizadores más exitosos del mundo vegetal. Su propagación

a través del mundo se atribuye a su gran tolerancia ambiental, adaptabilidad morfológica, estrategia reproductiva y elevada productividad. El rápido crecimiento y alta tasa de reproducción vegetativa de esta planta, considerados entre los mayores del planeta (Dinges, 1982), la han convertido en una peste en muchos lugares del mundo.

E. crassipes ha invadido algunos lagos ubicados en el radio urbano de la ciudad de Concepción. Su crecimiento se ha favorecido por el enriquecimiento sostenido en nutrientes del agua de estos lagos, producto del vaciado de desechos de las poblaciones ubicadas en el entorno.

* Investigación financiada por el Proyecto 20.32.18, Dirección de Investigación, Universidad de Concepción.

** Depto. Botánica. Casilla 2407. Concepción.

*** Depto. Ingeniería Química. Casilla 156-C, Concepción.

Se ha demostrado que *E. crassipes* es muy sensible al aumento de nutrientes. Un incremento en la concentración de nitrógeno del agua origina un aumento en el número de plantas, el que puede llegar a representar más de un cien por ciento de aumento del peso seco (Widyanto y Serjani, 1974).

El incremento de la contaminación de las aguas continentales en el mundo y la gran productividad de esta planta, interpretada tanto como aumento en número de plantas como de raíces, ha llevado a numerosos investigadores a realizar diferentes estudios tanto para llevar a cabo un control de las poblaciones mediante métodos mecánicos, químicos o biológicos, como para encontrar usos adecuados a la biomasa generada (alimento para animales, fertilizantes, fuente de energía y depuradora de aguas polucionadas).

La factibilidad de usar el jacinto de agua para resolver problemas de eutroficación en lagos y ríos ha sido objetivo de numerosos estudios. La elevada concentración de nutrientes en las aguas de desecho de una ciudad representa una alta energía potencial y *E. crassipes* es capaz de absorber e inmovilizar como biomasa el exceso de nutrientes a una tasa muy alta, disipando a un costo muy bajo la energía del agua contaminada (Junge, 1989).

En Chile, la producción de biogas a partir del jacinto está en fase de investigación (Sañavedra, 1985), así como su incorporación en algunos procesos experimentales de purificación industrial (Céspedes, 1989).

El propósito de este trabajo es determinar, bajo condiciones experimentales, cuáles son los nutrientes más importantes en el crecimiento de *E. crassipes* y el rango de tolerancia a la salinidad. Esto último, de importancia por la posible utilización de la planta como depuradora de aguas en áreas estuarinas.

MATERIALES Y METODO

Las plantas utilizadas en los diferentes experimentos se obtuvieron de una población de *E. crassipes* ubicada en el lago Las Tres Pascualas (36° 49'S; 73° 03'O).

Durante el transcurso de los experimentos se mantuvo cultivos de *E. crassipes* en condiciones de invernadero. De estos cultivos se selec-

cionó ejemplares para los diferentes tratamientos. La selección se realizó en forma semicuantitativa, por uniformidad de tamaño (largo total), número de hojas (3) y biomasa radicular.

El diseño experimental se hizo según la técnica del factor carencial que elimina el efecto directo de cada factor estudiado y simultáneamente, el de todas sus interacciones con los demás factores (Gastó, 1979).

Se ensayó la carencia de los principales cationes (calcio, magnesio, potasio, fierro) y aniones (nitrógeno, fósforo, azufre). Los diferentes tratamientos incluyen además dos tratamientos testigos, uno completo con adición de todos los nutrientes y otro sin nutrientes.

Los ejemplares seleccionados (plantas pequeñas con tres hojas, una en desarrollo) se colocaron en recipientes de plástico de 0.5 litros de capacidad. En cada recipiente se pusieron tres plantas a través de perforaciones en las tapas. El medio de cultivo utilizado fue Hoagland al cien por ciento (Machliss y Torrey, 1959). El nivel del líquido se mantuvo constante agregando agua destilada.

Los experimentos se realizaron en invernadero con un fotoperíodo de luz natural y a una temperatura de ca. $18 \pm 3^\circ \text{C}$.

El mismo diseño experimental se repitió para los estados de floración, post-floración y latencia invernal.

Al término de cada experimento se determinó peso húmedo, peso seco y área foliar. El contorno de cada lámina foliar se dibujó sobre papel y el área se determinó con un planímetro polar.

Los resultados se presentan como valores relativos respecto del tratamiento completo (Gastó, 1979).

Manteniendo el mismo diseño experimental con tres réplicas se ensayó un gradiente de nitrógeno inorgánico y uno de salinidad. Las concentraciones de N-NO_3^- fueron de 56, 112, 168, 196 y 224 mg/l (4, 8, 12, 14 y 16 mM, respectivamente). Los resultados obtenidos permitieron calcular el coeficiente de rendimiento para el nitrógeno. Las diferentes salinidades se obtuvieron con diferentes concentraciones de medio Hoagland: normal, doble y triple, que corresponden a 3.75, 7.50 y 11.25 g/l, respectivamente. Las repuestas de crecimiento permitieron obtener el límite de tolerancia de *E. crassipes* a la salinidad.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las experiencias de nutrición mineral en los tres estados fisiológicos estudiados, se muestran en la Fig. 1. Para los tres estados de desarrollo se han graficado el peso seco y el área foliar relativos, respecto del peso seco y área foliar del testigo completo (Fig. 1-I y Fig. 1-II, respectivamente) después de 20 días de tratamiento.

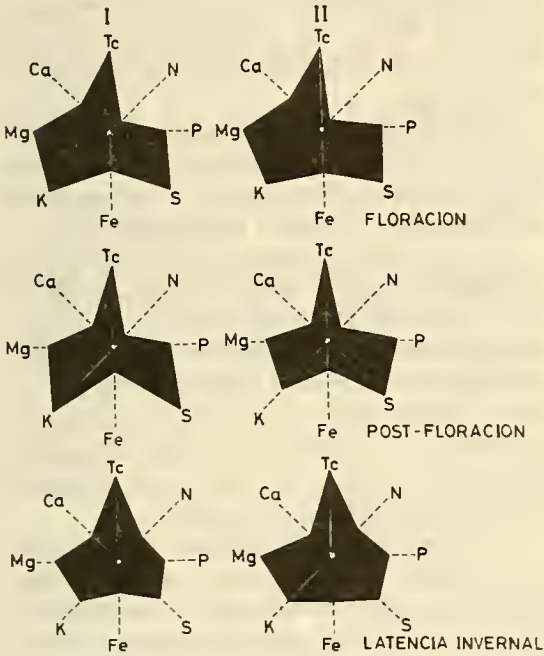


FIG. 1. Diagrama comparativo de la carencia de cationes y aniones en el crecimiento de *E. crassipes*. En la Fig. 1-I se han graficado los porcentajes relativos de peso seco en relación con el tratamiento completo (Tc = 100%) y en la Fig. 1-II, los porcentajes relativos del área foliar, en los periodos de floración, post-floración y latencia invernal.

El nitrógeno es el nutriente más importante para el crecimiento y desarrollo de *E. crassipes*. El calcio y el hierro le siguen en importancia. En los tres estados de desarrollo se manifiesta la misma tendencia.

Los resultados obtenidos de las experiencias realizadas con un gradiente de nitrógeno inorgánico muestran que la biomasa de *E. crassipes* está directamente correlacionada con la concentración de nitratos en el medio, especialmente en el

rango de concentraciones comprendido entre 100 y 250 mg N-NO₃/l. El análisis de regresión indica que 1 mg de N-NO₃ sustenta una biomasa de 24.0 mg (p.s) de planta (Fig. 2). Como los tejidos de esta especie contienen un 95 por ciento de agua, la relación en peso húmedo es de ca. 485 mg de biomasa.

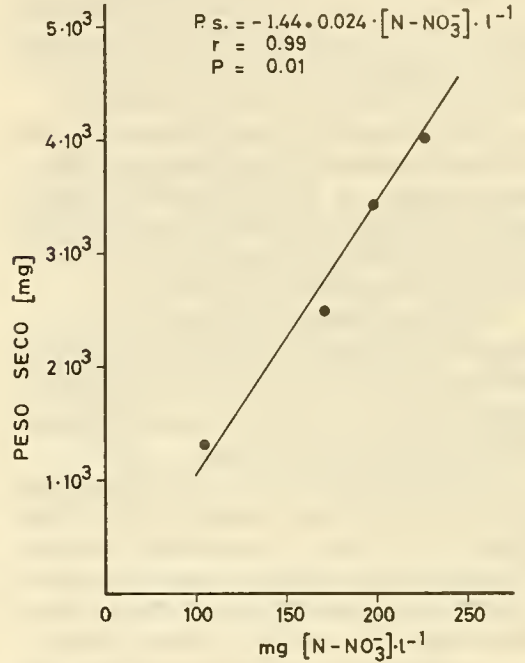


FIG. 2. Crecimiento de *E. crassipes*, expresado como peso seco, en un gradiente de concentraciones de nitrógeno a la forma de nitratos.

El crecimiento de *E. crassipes*, determinado como peso seco y área foliar, en un rango de salinidades indica una relación inversamente proporcional entre ambos parámetros. Para el peso seco se encontró una relación: P.s. = 3.6 - 0.625 · X; P < 0.01 y para el área foliar: A.f. = 460 - 37.0 · X; P < 0.1

DISCUSION

Todo vegetal requiere de un adecuado y constante suministro de nutrientes para la formación de nuevos tejidos. Durante su vida, una planta experimenta variaciones de forma, peso, volumen y tanto sus necesidades como sus res-

puestas respecto a determinados nutrientes también cambian continuamente. Estas variaciones nutricionales no son graduales ni continuas, hay intervalos o fases de desarrollo donde experimentan profundos cambios. Existen también períodos críticos o intervalos durante los cuales el organismo presenta la mayor sensibilidad a un factor y en los que sus efectos son más severos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, las experiencias de nutrición mineral se repitieron utilizando plantas en tres fases de desarrollo, floración, post-floración y latencia invernal.

A fines de marzo y en un lapso de aproximadamente dos semanas, todas las plantas entran simultáneamente en fase de floración. Ocurren cambios profundos en el metabolismo de la planta ya que éste se orienta completamente hacia la formación de unidades de dispersión.

El nitrógeno limita el crecimiento de *E. crassipes* en las tres fases de desarrollo estudiadas y el efecto de su carencia es más severo en la etapa de floración. Fierro y calcio tienen mayor importancia en la fase de post-floración.

La abundancia de estos nutrientes en lagos hipertróficos, como por ejemplo Las Tres Pascualas, podría explicar la distribución diferencial de la especie en los cuerpos de agua de la región. El crecimiento de esta especie se ha favorecido en aquellos lagos con entradas de aguas servidas.

La cantidad de biomasa factible de ser sintetizada por una planta a partir de una cantidad conocida de nutrientes limitante, se puede calcular si se conoce el coeficiente de rendimiento (Yn) para este nutriente. El Yn calculado en el estudio es de 24, valor muy similar al que obtienen Musil y Breen (1977) para la misma especie. Estos autores complementaron su estudio con el cálculo de la constante de Michaelis ($K_m = 21.74 \text{ mg N-NO}_3^-/l$).

Mercado (1979) señala que el jacinto puede absorber entre 50 y 100 ppm de N-NH_4^+ en el lapso de 15 a 21 días, 50 ppm de N-NO_3^- en 23 días y entre 13 y 25 ppb de P-PO_4^{3-} en 5 semanas, Wolverton y Mc Donald (1979) ponen en evidencia también la capacidad de la planta para incorporar nitrógeno inorgánico.

Todos los antecedentes indican que *E. crassipes* posee una elevada capacidad para absorber nutrientes e inmovilizarlos como biomasa. Numerosos autores sugieren su aplicación en el tra-

tamiento de aguas residuales industriales. (Sculthorpe, 1967; Wolverton y Mc Donald, 1979; Morand y Blake, 1987; Soerjani, 1987; Junge, 1989).

Dinges (1982) presenta algunos diseños de cómo operar con la fitomasa de *E. crassipes* utilizando el definido comportamiento estacional de la productividad de la especie.

La extracción de la planta en lagos hipertróficos deja una elevada oferta de nitrógeno para el resto de las especies, lo que explicaría la aparición de floraciones de microalgas, especialmente de *Microcystis aeruginosa*, especie que tiene un Yn de 31.5, valor que es mayor al del jacinto de agua.

La utilización directa de la biomasa formada presenta algunos inconvenientes ya que la planta acumula también elementos como plomo, cadmio, mercurio (Wolverton y McDonald, 1975).

Por otra parte Dinges (1982) señala incompatibilidad entre una máxima producción de jacinto y una máxima eficiencia en el tratamiento de aguas servidas. El problema consiste en remover nutrientes a un costo mínimo de energía, espacio y tiempo. Para lograr una alta producción de plantas se requiere de elevadas concentraciones de nitrógeno en el medio y una cobertura reducida que facilite el crecimiento.

Los resultados de crecimiento y sobrevivencia obtenidos en un rango de salinidades muestran un límite de tolerancia a la salinidad de 7.5 g/l. A salinidades mayores la planta presenta clorosis creciente en los márgenes de las hojas y posterior necrosis de los tejidos. Los límites de tolerancia encontrados en la literatura son mucho más bajos, ca. 3.5 g/l (Haller y col., 1974). Por lo tanto el uso de la planta como depuradora en aguas estuarinas es reducido.

El nivel máximo de salinidad tolerable por una planta depende de diversos factores ambientales y fisiológicos. Las especies libre-flotantes son más sensibles a un aumento de la salinidad del medio que el resto de las plantas acuáticas (Haller y col., *op. cit.*).

El grado de salinidad podría ser otro factor que incide en la localizada distribución de las poblaciones de *Eichhornia crassipes* en los lagos de la región. Esta planta está presente en pequeños lagos, hipereutróficos, con salinidades inferiores a 0.5 g/l.

BIBLIOGRAFIA

- Céspedes, J. 1989. Estudio de la factibilidad técnico-económica de una planta de biogas en el Sanatorio Alemán de Concepción. Depto. Ingeniería Química. Universidad de Concepción (Tesis mecanografiada) 93 pp.
- Dinges, R. 1982. Natural systems for water pollution control. Van Nostrand Reinhold Co., N. Y. 245 pp.
- Gasto, J. 1979. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Santiago, Edit. Univ. Chile. 573 pp.
- Haller, T.W., D.L. Sutton & W.C. Barlowe 1974. "Effects of salinity on growth of several aquatic macrophytes". *Ecology* 55: 891-894.
- Junge, I. 1989. Principios de Ecología. Impreso en "La Discusión" S.A. 142 pp.
- Machlis, L. & J.G. Torrey 1959. Plants in action. A laboratory manual of plant physiology. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 280 pp.
- Mercado, B. 1979 Biology, problems and control of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. A monograph. *Biotrop* 16: 1-52.
- Morand, P.H. & G. Blake 1987. Balance on floating aquatic plants in France. Biomass for energy and industry. Elsevier Applied Science. London. 545 pp.
- Musil C.F. & C.M. Breen 1977. The application of growth kinetics to the control of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms through nutrient removal by mechanical harvesting. *Hidrobiologia*, 53(2): 165-171.
- Saavedra, C.L. 1985. Digestión anaeróbica de plantas acuáticas eutroficadoras. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Concepción (Tesis mecanografiada). 54 pp.
- Sculthorpe, C.O. 1967. The biology of aquatic vascular plants. London, Arnold. 610 pp.
- Soerjani, M. 1987. Water enrichment and the possible utilization of aquatic plants. *Arch. Hidrobiol. Beih.* 28: 227-236.
- Widyanto, L.S. & M. Soerjani 1987. Water enrichment and the possible utilization of aquatic plants. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 28: 227-236.
- Widyanto, L.S. & M. Soerjani 1974. The growth of *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* and *Pistia stratiotes* in different levels of N, P, K and Ca contents of water cultures. Southeast Asian Workshop on Aquatic Weeds, Malang, June 25-29.
- Wolverton, B.C. & R.C. McDonald 1979. The water hyacinth: from prolific pest to potential provider. *Ambio* 8: 2-9.
- Wolverton, B.C. & R.C. McDonald 1975. Water hyacinths and alligator weeds for removal of lead and mercury from polluted waters. NASA Technical reports TV-X-72723, 14 pp.