

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

ĐẶNG THỊ LỆ XUÂN

NGHIÊN CỨU SỰ PHÂN BỐ CỦA CỎ THỦY SINH
Halophila beccarii Aschers. VÀ *Najas indica* (Willd.) Cham.

Ở ĐÀM CÀU HAI THUỘC PHÁ TAM GIANG –
CÀU HAI, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ VÀ KHẢ NĂNG
SINH TRƯỞNG, PHÁT TRIỂN CỦA CHÚNG
Ở CÁC ĐỘ MẶN KHÁC NHAU

CHUYÊN NGÀNH: THỰC VẬT HỌC
MÃ SỐ: 9420111

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH HỌC

HUẾ, NĂM 2022

Công trình được hoàn thành tại:
Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. Tôn Thất Pháp
TS. Lương Quang Đốc

Phản biện 1:

.....

Phản biện 2:

.....

Phản biện 3:

.....

Luận án sẽ được bảo vệ tại Hội đồng chấm luận án cấp Đại học Huế
họp tại:.....

Vào hồi giờ..... ngày..... tháng..... năm.....

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC LIÊN QUAN
ĐÃ CÔNG BỐ**

- [1]. Đặng Thị Lệ Xuân, Trương Thị Hiếu Thảo, Hoàng Lê Thùy Lan, Trần Thị Thu Sang, Tôn Thất Pháp, Phan Thị Thúy Hằng & Lương Quang Đốc (2020). Đặc điểm hình thái và phân bố của loài rong cám *Najas indica* (Wild.) Cham. ở đầm Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế. *Hue University Journal of Science: Natural Science*, 129(1A), 107-114.
- [2]. Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Hoang Cong Tin & Lương Quang Doc (2022). Response to salinity of the submerged aquatic vegetation species *Najas indica* (Willd.) Cham. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 22(1), 29–35.
- [3] Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Hoang Cong Tin & Lương Quang Doc (2022). Growth and morphological responses of seagrass to low salinity: The case of *Halophila beccarii* originated from a brackish lagoon in Central Viet Nam. *Hue University Journal of Science: Natural Science* 131 (1B), 47-57.
- [4]. Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Hoang Cong Tin, Luong Quang Doc (2022). Effects of salinity on seedling germination and growth of early seedlings of the *Najas indica* (Willd.) Cham. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 22(2), 199–207.
- [5]. Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Trương Thị Hiếu Thảo, Hoàng Công Tin, Lương Quang Đốc (2022). Morphological and distribution characteristics of *Halophila beccarii* Aschers., 1871 in the cau hal lagoon, Thừa Thiên Huế province. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 22(3), 271-283.

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Halophila beccarii Aschers. là một loài cỏ biển phân bố phổ biến ở vùng Ấn Độ - Thái Bình Dương. *Najas indica* (Willd.) Cham. là một loài cỏ thủy sinh sống chìm thuộc nhóm nước ngọt nhưng có mặt ở cả môi trường nước ngọt và nước lợ. Hiện nay, diện tích bao phủ của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* đang bị thu hẹp ở mức báo động trên phạm vi toàn cầu, đặc biệt là loài *H. beccarii* đã được liệt kê vào danh sách các loài dễ bị tổn thương và đe dọa của Tổ chức Liên minh Bảo tồn Quốc tế (IUCN). Ở nước ta hai loài *H. beccarii* và *N. indica* phân bố ở các môi trường ven biển, đặc biệt là đầm Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế. Cho đến nay chưa có nghiên cứu nào chuyên sâu về đặc điểm phân bố, sinh sản của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* cũng như sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến phân bố và sinh sản của hai loài ở điều kiện môi trường đầm phá. Để góp phần bổ sung những thông tin khoa học hỗ trợ công tác bảo tồn đa dạng sinh học vùng đầm phá ven biển, chúng tôi chọn đề tài nghiên cứu của luận án là: **“Nghiên cứu sự phân bố của cỏ thủy sinh *Halophila beccarii* Aschers. và *Najas indica* (Willd.) Cham. ở đầm Cầu Hai thuộc phá Tam Giang – Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế và khả năng sinh trưởng, phát triển của chúng ở các độ mặn khác nhau”**. Các kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung những thông tin về đặc điểm hình thái, phân bố, sinh sản của hai loài, là cơ sở khoa học cho công tác bảo vệ và phát triển các thảm cỏ thủy sinh sống chìm ở môi trường đầm phá.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung của đề tài là nghiên cứu đặc điểm phân bố của hai loài cỏ thủy sinh sống chìm *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai và sự ảnh hưởng của độ mặn lên sự sinh trưởng của hai loài này ở điều kiện nuôi trồng.

Để thực hiện mục tiêu chung trên đây, đề tài bao gồm các mục tiêu nghiên cứu cụ thể:

- Mô tả đặc điểm hình thái của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai.

- Xây dựng được bản đồ phân bố của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai.

- Xác định được yếu tố môi trường ảnh hưởng đến phân bố của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai.

- Đánh giá được đặc điểm sinh sản hữu tính của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai.

- Xác định được yếu tố môi trường ảnh hưởng lên sinh sản hữu tính của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai.

- Đánh giá được mức độ ảnh hưởng của độ mặn lên sinh trưởng của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* trong điều kiện nuôi trồng.

3. Nội dung nghiên cứu

- Xác định một số đặc điểm môi trường nước và môi trường trầm tích của đầm Cầu Hai (nhiệt độ, độ mặn, độ sâu, độ đục, pH và nồng độ N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} trong môi trường nước và nồng độ N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} môi trường trầm tích).

- Nghiên cứu đặc điểm hình thái của hai loài *H. beccarii*, *N. indica*; xác định đặc điểm phân bố trên cơ sở đánh giá độ phủ, mật độ thân đứng và sinh khối đi đến xây dựng bản đồ phân bố của *H. beccarii*, *N. indica*; xác định đặc điểm sinh sản của *H. beccarii*, *N. indica* ở điều kiện tự nhiên đầm Cầu Hai.

- Kiểm tra mối quan hệ giữa sự phân bố của hai loài *H. beccarii*, *N. indica* với một số yếu tố của môi trường nước, môi trường trầm tích và yếu tố khí hậu (nhiệt độ không khí, lượng mưa và số giờ nắng).

- Đánh giá sự ảnh hưởng của độ mặn đối với hai loài *H. beccarii*, *N. indica* thông qua sự nảy mầm cây con và khả năng sinh trưởng của hai loài trong điều kiện nuôi trồng.

4. Ý nghĩa của luận án

4.1. Ý nghĩa khoa học

Cung cấp thông tin khoa học về hình thái, phân bố, sinh sản của *H. beccarii*, *N. indica* ở đầm Cầu Hai; cung cấp bản đồ phân bố của *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai trong thời gian nghiên cứu và mối liên hệ giữa sự phân bố của hai loài với một số yếu tố môi trường của thủy vực. Xác định được độ muối thích hợp cho sự sinh trưởng của *H. beccarii* và *N. indica* trong điều kiện nuôi trồng.

4.2. Ý nghĩa thực tiễn

Thông tin về đặc điểm hình thái, sinh sản, phân bố của *H. beccarii* và *N. indica* và sự ảnh hưởng của độ mặn môi trường nước lên sinh trưởng của hai loài góp phần làm sáng tỏ sự hình thành, phát triển các thảm cỏ của hai loài này ở đầm Cầu Hai theo không gian và mùa vụ. Các kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở khoa học quan trọng cho công tác bảo vệ, phục hồi và phát triển các thảm cỏ thủy sinh sống chìm ở đầm Cầu Hai nói riêng và những thủy vực có điều kiện sinh thái tương tự ở ven biển Việt Nam nói chung.

5. Những đóng góp mới của luận án

- Mô tả được đặc điểm hình thái, đặc điểm sinh sản và xây dựng được bản đồ phân bố của hai loài cỏ thủy sinh sống chìm *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế.

- Xác định được mùa vụ sinh trưởng, sinh sản của loài *H. beccarii* và *N. indica* và một số các yếu tố môi trường ảnh hưởng lên sinh trưởng và sinh sản của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế.

- Kiểm tra được mức độ ảnh hưởng của độ mặn và xác định được độ mặn thích hợp cho sự sinh trưởng của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* trong điều kiện nuôi trồng.

6. Cấu trúc của luận án

Cấu trúc luận án có 174 trang và bao gồm các phần chính sau: Phần Mở đầu

gồm 05 trang; Chương 1. Tổng quan nghiên cứu gồm 24 trang; Chương 2. Đối tượng, vật liệu và phương pháp nghiên cứu gồm 15 trang; Chương 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận gồm 69 trang; Kết luận và kiến nghị gồm 03 trang; Phần danh mục các công trình khoa học liên quan đã công bố gồm 05 công trình; Tài liệu tham khảo gồm 147 tài liệu, trong đó có 15 tài liệu tiếng Việt và 132 tài liệu Tiếng Anh; Luận án có 09 bảng và 42 hình; Phần phụ lục gồm 29 trang.

Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Luận án đã tham khảo và tổng kết 03 vấn đề và các nội dung liên quan gồm: (1) Cỏ thủy sinh sống chìm; (2) Tổng quan về đầm phá; (3) Điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu.

Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, thời gian và khu vực nghiên cứu

2.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Loài cỏ biển <i>Halophila beccarii</i> Aschers., 1871	Loài cỏ thủy sinh nước ngọt <i>Najas indica</i> (Willd.) Cham., 1829
Giới: Plantae	Giới: Plantae
Ngành: Magnoliophyta	Ngành: Magnoliophyta
Lớp: Liliopsida	Lớp: Liliopsida
Bộ: Alismatales	Bộ: Alismatales
Họ: Hydrocharitaceae	Họ: Najadaceae
Chi: <i>Halophila</i>	Chi: <i>Najas</i>
Loài: <i>Halophila beccarii</i>	Loài: <i>Najas indica</i>

2.1.2. Thời gian nghiên cứu

Từ năm 2017 đến năm 2021

2.1.3. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành ở đầm Cầu Hai có tọa độ từ 16°28'37" N, 107°90'53" E đến 16°36'41" N, 107°78'19" E.

2.2. Các phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu mẫu và thu thập số liệu môi trường đầm Cầu Hai

***Thu mẫu ngoài hiện trường:** Chúng tôi thực hiện tổng thể có 15 đợt thu mẫu vào tháng 3, 4, 5, 6, 7, 9 và 11 năm 2018 và tháng 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9 và 11 năm 2019 trên 21 điểm của toàn đầm Cầu Hai. Trong suốt thời gian

khảo sát tọa độ của các điểm thu mẫu được cố định bằng máy định vị Garmin GPSMAP®78. Độ mặn, nhiệt độ, pH, độ đục của môi trường nước được xác định bằng máy đo đa chỉ tiêu HORIBA. Độ sâu cột nước được đo bằng dụng cụ xác định độ sâu cầm tay Handy Depth Sounder Hondex PS-7. Tại mỗi điểm thu mẫu, 5 cm trầm tích bề mặt (sử dụng Core có đường kính 40 mm) và 0,5 lít nước được thu thập theo TCVN 5998:1995 (ISO 5667-9:1992) và TCVN 6663-19:2015 (ISO 5667-19:2004) để phân tích thành phần các chất dinh dưỡng dễ tiêu NO_3^- và PO_4^{3-} .

***Phân tích mẫu nước và trầm tích trong phòng thí nghiệm:** Hàm lượng các chất dinh dưỡng hòa tan (NO_3^- và PO_4^{3-}) trong môi trường nước được phân tích bằng phương pháp SMEWW 4500- NO_3^- .E (Cadmium reduction method) và SMEWW 4500-PC (Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method). Hàm lượng PO_4^{3-} trong trầm tích được phân tích bằng các phương pháp “Chất lượng đất – phương pháp xác định hàm lượng nitơ dễ tiêu” theo TCVN 5255:2009. Hàm lượng NO_3^- trong trầm tích phân tích dựa trên TCVN 8661:2011 “Chất lượng đất – xác định phospho dễ tiêu – phương pháp Olsen”.

2.2.2. Phương pháp thu mẫu và thu thập số liệu về hình thái, phân bố, sinh sản và xây dựng bản đồ phân bố của loài *H. beccarii*

***Thu mẫu ngoài thực địa:** Tại mỗi điểm thu mẫu, sinh khối của *H. beccarii* bao gồm rễ, thân, lá, hoa và quả được thu thập ở bên trong 3 ô tiêu chuẩn (0,5 x 0,5 m). Các mẫu cỏ được bảo quản trong thùng mát trước khi mang về phòng thí nghiệm. Độ phủ của *H. beccarii* được xác định ngay tại các điểm thu mẫu bằng phương pháp ô tiêu chuẩn dựa trên các tài liệu hướng dẫn của Mckenzie (2003) và McKenzie & Campbell (2002). Toàn bộ mẫu của *H. beccarii* sẽ được mang về phòng thí nghiệm Sinh lí Thực vật, Khoa Sinh học, trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế.

***Phân tích trong phòng thí nghiệm:** Các mẫu cỏ được bảo quản trong

ngăn mát tủ lạnh. Mẫu cỏ được rửa sạch và tiến hành xác định số lượng lá trên mỗi thân đứng, số lượng thân đứng và số lượng hoa, đo chiều dài thân đứng, chiều dài phiến lá, chiều rộng phiến lá, chiều dài cuống lá, đường kính thân và chiều dài lông.

2.2.3. Phương pháp thu mẫu và thu thập số liệu về hình thái, phân bố, sinh sản và xây dựng bản đồ phân bố của loài *N. indica*

Tương tự như loài *H. beccarii*, tại mỗi điểm thu mẫu sinh khối của *N. indica* được thu thập ở bên trong 3 ô tiêu chuẩn (0,5 x 0,5 m) bố trí ngẫu nhiên ở bên trong thảm cỏ. Độ phủ của *N. indica* được xác định ngay tại mỗi điểm thu mẫu bằng phương pháp ô tiêu chuẩn của McKenzie và McKenzie & Campbell. Tại phòng thí nghiệm, ở mỗi ô tiêu chuẩn lấy ngẫu nhiên 30 thân đứng *N. indica* để xác định chiều dài thân (chồi chính), chiều dài lá, chiều dài lông và đường kính thân. Các thông số hình thái của cả hai loài *H. beccarii* và *N. indica* được đo bằng thước kẹp điện tử như loài *H. beccarii*. Toàn bộ sinh khối của cả hai loài *H. beccarii* và *N. indica* đem rửa sạch lại với nước máy, để ráo nước rồi cho vào tủ sấy. Sinh khối cỏ được sấy ở nhiệt độ 60⁰ C cho đến khi trọng lượng không đổi, sau đó lấy ra để nguội rồi đem cân để xác định sinh khối khô (g DW m⁻²).

***Xây dựng bản đồ phân bố cỏ**

Bản đồ phân bố độ phủ và mật độ của hai loài *H. beccarii* và *N. indica* được xây dựng bằng phần mềm QGIS 3.6.

2.2.4. Phương pháp khảo sát sự ảnh hưởng của độ mặn lên sự sinh trưởng của hai loài *H. beccarii* và *N. indica*

Thí nghiệm khảo sát sự ảnh hưởng của độ mặn lên sinh trưởng của loài *H. beccarii

Thu thập thân rễ H. beccarii và trầm tích: Các đoạn thân rễ của *H. beccarii* được thu thập ở đầm Cầu Hai.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được bố trí tại khu nhà lưới của khoa Môi Trường, trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Thời gian thí nghiệm kéo dài trong 12 tuần. Toàn hệ thống thí nghiệm gồm 5 bể kính (70 × 40 × 44 cm) và 20 chậu nhựa (26 × 20 × 18 cm). 5 bể kính chứa môi trường nuôi trồng tương ứng 5 mức độ mặn thí nghiệm 0‰, 5‰, 10‰, 15‰ và 20‰. 20 chậu nhựa dùng để trồng các thân rễ *H. beccarii*. Các mức độ mặn được xây dựng trên kết quả của các nghiên cứu trước về độ mặn phân bố ở môi trường tự nhiên của loài *H. beccarii*. Trầm tích sử dụng làm giá thể trồng cỏ được rây qua rây có mắt lưới 0,5 mm, sau đó cho vào các chậu nhựa một lớp dày 5 cm. 12 đoạn thân rễ (rhizome fragments) mang đủ 4 chồi (shoots) và 4 rễ đơn (roots) còn nguyên vẹn rồi đem trồng thành 4 hàng trong mỗi chậu nhựa. Bốn chậu nhựa đã được trồng cỏ (tương ứng cho 4 lần lặp lại) được đặt vào một bể kính đã được chuẩn bị sẵn môi trường nước.

Theo dõi thí nghiệm và thu thập số liệu: Số lượng các đoạn thân rễ loài *H. beccarii* được theo dõi hàng tuần. Sự dài thêm của các đoạn thân rễ được đánh dấu bằng cách cắm các que gỗ nhỏ. Các chỉ số hình thái như chiều dài phiến lá, chiều rộng phiến lá, chiều dài cuống lá, chiều dài thân đứng được xác định vào tuần thứ 8 của thời kỳ thí nghiệm. Số lượng thân đứng của *H. beccarii* ở các độ mặn thí nghiệm được xác định vào hai thời điểm: sau 8 tuần và kết thúc thí nghiệm (sau 12 tuần).

Thí nghiệm khảo sát sự ảnh hưởng của độ mặn lên sinh trưởng của loài *N. indica

Thu thập thân đứng *N. indica* và trầm tích: Các thân đứng loài *N. indica* và trầm tích được thu thập ở thảm cỏ đơn loài của *N. indica* có độ sâu môi trường nước là 1,2 m và độ mặn là 8,8‰ ở đầm Cầu Hai.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm nuôi trồng *N. indica* được bố trí cùng vị trí với thí nghiệm nuôi trồng loài *H. beccarii* được đề cập ở trên. Thí nghiệm được kéo dài trong 8 tuần. Hệ thống thí nghiệm gồm 6 bể kính được sử dụng

để chứa môi trường nước tương ứng với 6 mức độ mặn 0‰, 5‰, 10‰, 15‰, 20‰ và 25‰; 24 chậu nhựa được sử dụng để trồng các thân đứng *N. indica*. Môi trường nước, giá thể trồng cỏ, các bể kính, chậu nhựa, máy bơm lọc nước tuần hoàn được thực hiện giống với thí nghiệm nuôi trồng loài *H. beccarii* đã được trình bày ở trên. Độ mặn môi trường nước được đo bằng máy đo đa chỉ tiêu HORYBA. Chọn 30 thân đứng *N. indica* (dài khoảng 6 cm) có chồi và rễ còn nguyên vẹn đem trồng vào mỗi chậu nhựa thành 3 hàng. 4 chậu nhựa đã được trồng cỏ (tương ứng cho 4 lần lặp lại) được đặt vào một bể kính đã được chuẩn bị sẵn môi trường nước.

Theo dõi thí nghiệm và thu thập số liệu: Số lượng lóng, số lượng nhánh trên mỗi thân đứng, chiều dài lá, chiều dài thân đứng và sinh khối tích lũy của *N. indica* được xác định vào khi kết thúc thí nghiệm. Tốc độ sinh trưởng của thân rễ loài *H. beccarii* và thân đứng loài *N. indica* được xác định theo công thức (2):

$$G = \frac{L_{i+1} - L_i}{t} \quad (2)$$

Trong đó: G: Là tốc độ sinh trưởng của thân rễ/thân đứng (mm/ngày)

L_{i+1} : Chiều dài của thân rễ/thân đứng ở lần đo trước (mm)

L_i : Chiều dài của thân rễ/thân đứng ở lần đo tiếp theo (mm)

t: Số ngày giữa mỗi lần đo (3 ngày)

Mực nước ở các bể được ổn định ở mức 25 cm trong suốt thời kỳ thí nghiệm. Các thông số môi trường nước như pH, độ mặn, độ đục sẽ được kiểm tra và điều chỉnh 3 ngày 1 lần. Các thí nghiệm được thực hiện ở khu thí nghiệm ngoài trời có mái che, do đó, các yếu tố như nhiệt độ không khí và điều kiện chiếu sáng gần giống với điều kiện tự nhiên. Kết thúc thí nghiệm, toàn bộ sinh khối của *H. beccarii* và *N. indica* được thu hoạch và đem vào phòng thí nghiệm. Các mẫu cỏ được rửa sạch lại với nước máy và

đếm số lượng thân đứng (loài *H. beccarii*). Toàn bộ sinh khối của *H. beccarii* và *N. indica* được mang sấy ở nhiệt độ 60⁰ C cho tới khi trọng lượng không đổi, sau đó lấy ra để nguội rồi đem cân để xác định sinh khối khô (g DW) tích lũy ở mỗi độ mặn thí nghiệm của mỗi loài.

*** Thí nghiệm khảo sát sự ảnh hưởng của độ mặn lên sự nảy mầm cây con (seedling) từ hạt và sự sinh trưởng của cây con ở loài *N. indica***

Chuẩn bị thí nghiệm: Hạt của *N. indica* và tràm tích được thu tại cùng một vị trí có thảm cỏ *N. indica* ở đầm Cầu Hai. Sử dụng nước máy và muối biển để chuẩn bị môi trường nước cho 5 mức độ mặn thí nghiệm là 0‰, 5‰, 10‰, 15‰ và 20‰ ở 5 bể kính (70 × 40 × 44 cm) Độ mặn của môi trường nuôi trồng được pha tương tự như hai thí nghiệm trên. Tràm tích dùng làm giá thể được rây qua rây có mắt lưới 0,3 mm, sau đó được cho vào các chậu nhựa (26 × 20 × 18 cm).

Bố trí thí nghiệm: Thời gian thí nghiệm kéo dài trong 28 ngày. Các chậu nhựa sau khi đã được chuẩn bị sẵn giá thể, mỗi chậu được gieo vào 300 hạt *N. indica*. 3 chậu (tương ứng cho 3 lần lặp lại) đã được gieo hạt được đặt vào một bể kính.

Theo dõi thí nghiệm và thu thập số liệu: Từ ngày thứ 7 của thời kỳ thí nghiệm, tiến hành đo chiều dài cây con với tần suất 3 ngày 1 lần. Số lượng cây con và một số đặc điểm hình thái của cây con như chiều dài lá, chiều dài lóng, số lượng lóng và số lượng nhánh ở các độ mặn sẽ được xác định khi kết thúc thí nghiệm. Độ mặn và các yếu tố môi trường như pH, độ đục của nước được kiểm tra 3 ngày 1 lần. Chế độ chiếu sáng, cường độ ánh sáng và nhiệt độ không khí gần giống với điều kiện tự nhiên.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Phần mềm IBM SPSS Statistics Version 20 được sử dụng cho việc vẽ biểu đồ và phân tích số liệu nghiên cứu. Số liệu trước khi phân tích, các biến được kiểm tra phân phối chuẩn bằng Shapiro-Wilk Test. Sự khác nhau

giữa các biến được kiểm tra bằng Friedman ANOVA và hậu kiểm bằng Wilcoxon; hoặc Repeated Measures ANOVA hay One-Way ANOVA và hậu kiểm bằng Duncan. Mỗi tương quan giữa các biến được kiểm tra bằng phương pháp Spearman hay Pearman phụ thuộc vào sự phân phối chuẩn của các biến.

Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm phân bố của *H. beccarii* và *N. indica* ở đầm cầu hai

3.1.1. Một số đặc điểm môi trường đầm Cầu Hai

Độ mặn của đầm trong thời gian khảo sát dao động từ 0,1 – 20,6‰, trung bình $9,3 \pm 0,2\%$. Độ mặn có sự khác biệt khá rõ theo thời gian khảo sát ($\chi^2_{(14, n = 21)} = 224,1$; $p < 0,0001$), độ mặn cao nhất vào tháng 9/2018 ($14,8 \pm 0,4\%$) và thấp nhất rơi vào tháng 1/2019 ($1,5 \pm 0,2\%$). Các điểm khảo sát nằm trong khu vực phía đông nam đầm có độ mặn trung bình cao ($9,9 - 12,7\%$); các điểm khảo sát ven bờ phía tây bắc của đầm có độ mặn trung bình thấp hơn ($4,8 - 9,3\%$), ($\chi^2_{(20, n = 15)} = 196,8$; $p < 0,0001$). Nhiệt độ môi trường nước từ $20,7 - 34,8^\circ\text{C}$ và trung bình là $29,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Nhiệt độ nước đạt cao nhất vào tháng 7/2018 ($33,2 \pm 0,2^\circ\text{C}$) và thấp nhất rơi vào tháng 1/2019 ($24,4 \pm 0,2^\circ\text{C}$), ($\chi^2_{(14, n = 21)} = 270,9$; $p < 0,0001$). Nhiệt độ nước cũng có sự khác biệt có ý nghĩa ở các điểm khảo sát ($\chi^2_{(20, n = 15)} = 75,9$; $p < 0,0001$) nhưng mức độ chênh lệch không lớn ở cùng một thời điểm khảo sát và giá trị trung bình về nhiệt độ giữa các điểm chỉ lệch nhau khoảng trên dưới 2°C . Độ sâu của đầm dao động từ 0,2 – 2,4 m, trung bình là $1,2 \pm 0,02$ m. Độ sâu cao nhất ở tháng 11/2018 ($1,7 \pm 0,08$ m) và thấp nhất vào tháng 7/2019 ($0,9 \pm 0,08$ m), ($r_{mA}, F = 334,7$; $p < 0,0001$). Các điểm ở ven đầm có mực nước nông ($0,5 - 0,9$ m); các điểm còn lại có độ sâu lớn hơn ($1,2 - 1,8$ m), ($\chi^2_{(20, n = 15)} = 247,8$; $p < 0,0001$). Điểm khảo sát CH6 có mực nước sâu nhất là $1,9 \pm 0,04$ m và mực nước nông nhất được ghi nhận tại điểm CH20 ($0,5 \pm 0,05$ m). Độ đục dao động từ 0 – 75,1 NTU,

trung bình là $10,2 \pm 0,6$ NTU, cao nhất rơi vào tháng 7/2018 ($16,2 \pm 3,9$ NTU) và thấp nhất rơi vào tháng 11/2018 ($4,4 \pm 0,9$ NTU), ($\chi^2_{(14, n=21)} = 62,3$; $p < 0,0001$). Hai điểm có độ đục cao nhất gồm CH20 ($19,6 \pm 5,1$ NTU) và CH21 ($18,5 \pm 3,8$ NTU), ($\chi^2_{(20, n=15)} = 83,5$; $p < 0,0001$). pH môi trường nước từ 4,1 – 9,9 và trung bình là $7,6 \pm 0,07$, cao nhất ở tháng 3/2019 ($8,8 \pm 0,2$) và thấp nhất ở tháng 11/2019 ($6,2 \pm 0,05$), ($\chi^2_{(14, n=21)} = 101,4$; $p < 0,0001$). pH môi trường nước tương đối đồng nhất ở các điểm khảo sát và không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê. Nồng độ các chất dinh dưỡng dễ tiêu như N-NO_3^- và P-PO_4^{3-} của môi trường nước dao động từ 0,006 mg/l – 0,573 mg/l và 0,001 – 0,429 mg/l, và trung bình là $0,11 \pm 0,006$ mg/l và $0,05 \pm 0,004$ mg/l. Nồng độ N-NO_3^- và P-PO_4^{3-} có sự sai khác ở các tháng khảo sát, tương ứng là ($\chi^2_{(10, n=21)} = 124,9$; $p < 0,0001$), ($\chi^2_{(10, n=21)} = 137,6$; $p < 0,0001$). Nồng độ N-NO_3^- cao nhất rơi vào tháng 11/2018 là $0,233 \pm 0,01$ mg/l và thấp nhất vào tháng 7/2019 là $0,044 \pm 0,003$ mg/l. Nồng độ N-NO_3^- trong môi trường nước không có sai khác ở các điểm khảo sát. Nồng độ P-PO_4^{3-} trong nước cao nhất ở tháng 5/2018 ($0,151 \pm 0,01$ mg/l) và thấp nhất vào tháng 7/2018 ($0,014 \pm 0,001$ mg/l). Nồng độ P-PO_4^{3-} của môi trường nước có sự sai khác ở các điểm khảo sát ($\chi^2_{(10, n=21)} = 35$; $p = 0,02$), cao nhất ở điểm CH21 ($0,123 \pm 0,03$ mg/l) và thấp nhất ở điểm CH12 ($0,02 \pm 0,01$ mg/l). Hàm lượng N-NO_3^- trong trầm tích từ 0,014 – 0,811 mg/kg và trung bình là $0,319 \pm 0,024$ mg/kg. Nồng độ N-NO_3^- có sự sai khác ở các tháng khảo sát ($\chi^2_{(4, n=21)} = 16,2$; $p = 0,003$), thấp nhất vào tháng 11/2018 là $0,152 \pm 0,042$ mg/kg và cao nhất vào tháng 5/2018 là $0,587 \pm 0,029$ mg/kg. Nồng độ N-NO_3^- cao nhất ở điểm CH2 ($0,599 \pm 0,119$ mg/kg) và thấp nhất tại điểm CH20 ($0,161 \pm 0,069$ mg/kg), ($\chi^2_{(20, n=5)} = 56,3$; $p < 0,0001$). Nồng độ P-PO_4^{3-} từ 0,103 – 4,532 mg/kg và trung bình là $1,336 \pm 0,085$ mg/kg, cao nhất rơi vào tháng 1/2019 là $1,933 \pm 0,198$ mg/kg và thấp nhất ở tháng 7/2018 là $0,968 \pm$

0,144 mg/kg, ($\chi^2_{(4, n=21)} = 16,2; p = 0,003$). Nồng độ $P-PO_4^{3-}$ cao nhất tại điểm CH21 là $3,063 \pm 0,604$ mg/kg và thấp nhất ở điểm CH19 là $0,596 \pm 0,259$ mg/kg, ($\chi^2_{(20, n=5)} = 42,5; p = 0,002$).

3.2. Đặc điểm hình thái, phân bố và sinh sản của *H. beccarii* ở đầm Cầu Hai

3.2.1. Đặc điểm hình thái của *H. beccarii*

H. beccarii sinh trưởng ở đầm Cầu Hai có chiều dài thân đứng dao động từ 2,3 – 49,1 mm, trung bình $15,1 \pm 0,3$ mm. Đỉnh của thân đứng mang vòng lá từ 4 - 12 lá, trung bình $6,6 \pm 0,07$ lá. Các lông thân rễ có chiều dài từ 6,6 – 30,7 mm, trung bình là $16,7 \pm 0,3$ mm. Đường kính thân rễ từ 0,25 – 1,0, trung bình $0,6 \pm 0,01$ mm. Lá của *H. beccarii* có lá hình elip dài, chiều dài phiến lá từ 2,0 – 25,9 mm và trung bình là $17,4 \pm 0,1$ mm; chiều rộng phiến lá từ 0,3 – 2,6 mm, trung bình là $1,7 \pm 0,01$ mm. Phiến lá có 3 gân dọc, các gân chạy song song và hội tụ ở chóp lá, lá không có gân ngang. Cuống lá thường dài hơn phiến lá và có chiều dài từ 3,7 – 39,0 mm, trung bình là $18,9 \pm 0,3$ mm.

3.2.2. Đặc điểm phân bố của *H. beccarii*

Loài cỏ biển *H. beccarii* hiện diện tại 13/21 điểm khảo sát. Giá trị trung bình của độ phủ, sinh khối và mật độ thân đứng của loài *H. beccarii* ở đầm Cầu Hai được xác định tương ứng là $37,8 \pm 3,4$ %, $13,6 \pm 1,6$ g DW m^{-2} , $1.923,6 \pm 211,2$ thân/ m^2 . Kết quả phân tích thống kê cho thấy các tham số của loài có sự sai khác có ý nghĩa về độ phủ ($\chi^2_{(12, n=11)} = 42,6, p < 0,0001$), sinh khối ($\chi^2_{(12, n=11)} = 41,5, p < 0,0001$) và mật độ thân đứng ($\chi^2_{(12, n=11)} = 41,9, p < 0,0001$) ở các điểm khảo sát. Cả độ phủ, sinh khối và mật độ thân đứng của *H. beccarii* đều cao nhất ở điểm CH1 tương ứng là $76,2 \pm 9,8$ %, $26,2 \pm 6,1$ g DW m^{-2} , $3388,3 \pm 634,9$ thân/ m^2 và thấp nhất ở điểm CH17 tương ứng là $6,4 \pm 6,4$ %, $1,36 \pm 1,36$ g DW m^{-2} , $755,1 \pm 755,1$ thân/ m^2 . *H. beccarii* có sự sai khác đáng kể về độ phủ ($\chi^2_{(10, n=13)} = 53,3, p < 0,0001$), mật độ thân đứng ($\chi^2_{(10, n=13)}$

= 57,2, $p < 0,0001$) và sinh khối ($\chi^2_{(10, n = 13)} = 66,9, p < 0,0001$) ở các tháng khảo sát. Độ phủ, mật độ thân đứng và sinh khối của loài cao nhất vào tháng 1/2019, tương ứng là $77,1 \pm 10,2 \%$, $5527 \pm 1082,2$ thân/m² và $39,4 \pm 8,5$ g DW m⁻². Độ phủ và mật độ thân đứng thấp nhất rơi vào tháng 7/2019, tương ứng là $4,9 \pm 2,6 \%$, $224 \pm 114,9$ thân/m², nhưng sinh khối thấp nhất rơi vào tháng 11/2019 là $2,3 \pm 1,6$ g DW m⁻². Kết quả khảo sát của chúng tôi trong hai năm 2018 và 2019 được kết hợp với ghi nhận của Phan Thị Thúy Hằng (từ 2015 đến 2017) có thể nhận thấy rằng, phân bố của loài cỏ biển *H. beccarii* ở môi trường đầm Cầu Hai có tính mùa vụ không rõ nét. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận, sinh trưởng của *H. beccarii* được bắt đầu từ đầu mùa mưa năm trước và kéo dài đến cuối mùa khô năm sau, trong đó, khoảng thời gian loài sinh trưởng mạnh cho sinh khối, độ phủ và mật độ thân đứng cao rơi vào từ tháng 11 năm 2018 đến tháng 3 năm 2019. Nghiên cứu cho thấy độ mặn và nhiệt độ nước có mối tương quan với sinh khối của *H. beccarii* với hệ số tương quan tương ứng là ($r = -0,3, p = 0,03, n = 39$) và ($r = -0,4, p = 0,006, n = 39$). Sinh khối của loài có mối tương quan chặt chẽ với lượng mưa ($r = 0,8, p = 0,05, n = 6$). Như vậy, ở điều kiện độ mặn (0,1 – 20,6‰) và nhiệt độ nước (20,7 – 34,8 °C) của đầm Cầu Hai, sinh khối của *H. beccarii* tăng khi lượng mưa tăng, độ mặn và nhiệt độ nước giảm.

3.2.3. Đặc điểm sinh sản của *H. beccarii*

3.2.3.1. Đặc điểm cơ quan sinh sản của *H. beccarii*

H. beccarii ở đầm Cầu Hai có hoa đơn tính. Hoa đực của phát sinh ở đỉnh của thân đứng, nằm giữa vòng lá. Hoa đực còn non được bao bởi hai mo (spathe) trong suốt, hoa nhô ra khỏi mo khi trưởng thành. Hoa đực có cuống dài tới 9,8 mm, có 3 cánh hoa màu nâu nhạt, cánh hoa có dạng hình elip thuôn bầu dục, lõm, tù. Mỗi hoa đực có 3 bao phấn, bao phấn không có cuống. Hạt phấn của *H. beccarii* có dạng hình bầu dục dài, thường kết thành chuỗi từ 2-8

hạt. Hoa cái không có cuống hoa, nằm sâu trong nách lá, bên trong hoa mang bầu nhụy có kích thước $1,4 \times 3,8$ mm, bầu nhụy chứa từ 2 - 4 noãn. Hoa cái có một vòi nhụy dài từ 13 - 18 mm, phía đầu vòi nhụy được phân làm hai nhánh, tận cùng các nhánh cuộn tròn lại như tua cuốn. Quả có hình bầu dục, cong ở đỉnh, đỉnh quả có một vòi ngắn uốn cong. Mỗi quả chứa từ 1 - 4 hạt, hạt có hình bầu dục hơi tròn; vỏ hạt có màu nâu đậm và có các vân hình mắt lưới. Đặc điểm hình thái cơ quan sinh sản của *H. beccarii* ở đầm Cầu Hai gần giống với những mô tả của loài ở Ấn Độ.

3.2.3.2. Sự hình thành hoa, quả và hạt của *H. beccarii*

H. beccarii ở đầm Cầu Hai có mật độ trung bình của hoa đực, hoa cái, quả và hạt được xác định tương ứng là $9,3 \pm 2,7$ hoa/m², $6,4 \pm 2,1$ hoa/m², $11,9 \pm 4,6$ quả/m², $16,5 \pm 6,6$ hạt/m². Hoa đực, hoa cái và quả của loài có mật độ cao nhất tại điểm CH5 tương ứng là $17,5 \pm 9,8$ hoa/m², $12,3 \pm 8,8$ hoa/m², $20,9 \pm 17$ quả/m², nhưng mật độ hạt cao nhất được ghi nhận tại điểm CH20 là $29,7 \pm 23,8$ hạt/m². Ở điểm khảo sát CH13, sự hình thành hoa chỉ quan sát thấy duy nhất vào tháng 5/2018 với số lượng hoa đực, hoa cái, quả và hạt thấp tương ứng là $9,3 \pm 1,3$ hoa/m², $64 \pm 29,4$ hoa/m², $20 \pm 6,1$ quả/m², $26 \pm 5,2$ hạt/m². Quá trình nghiên cứu chúng tôi thấy hoa và quả của *H. beccarii* ở đầm Cầu Hai được quan sát thấy từ tháng 3 - 6 năm 2018 và từ tháng 2 - 3 năm 2019. Phân tích thống kê cho thấy có sự sai khác có ý nghĩa về mật độ hoa đực ($\chi^2_{(14, n=5)} = 27,8$, $p = 0,01$), hoa cái ($\chi^2_{(14, n=5)} = 27,8$, $p = 0,01$), quả ($\chi^2_{(14, n=5)} = 31,7$, $p = 0,004$) và hạt ($\chi^2_{(14, n=5)} = 31,7$, $p = 0,004$) ở các tháng khảo sát. Trong năm 2018, hoa, quả, hạt của *H. beccarii* được quan sát thấy từ tháng 3. Tháng 4 loài có mật độ hoa, quả, hạt cao nhất với số lượng hoa đực, hoa cái, quả và hạt tương ứng là $50,1 \pm 22,8$ hoa đực/m², $44,4 \pm 23,7$ hoa cái/m², $72,2 \pm 46,6$ quả/m², $87,8 \pm 49,4$ hạt/m². Sau đó, số lượng hoa, quả, hạt của loài giảm mạnh ở các tháng tiếp theo và thấp nhất vào tháng 6 tương ứng là $15,1 \pm$

11,2 hoa đực/m², 6,2 ± 4,7 hoa cái/m², 4 ± 4 quả/m², 5,6 ± 5,6 hạt/m². Năm 2019, hoa, quả, hạt được quan sát vào tháng 2 với mật độ hoa đực, hoa cái, quả và hạt tương ứng là 30,1 ± 20,2 hoa đực/m², 15,5 ± 11,6 hoa cái/m², 4,4 ± 4,4 quả/m², 6,1 ± 6,1 hạt/m². Số lượng hoa của loài giảm mạnh vào tháng 3 với mật độ tương ứng là tương ứng là 10,0 ± 6,1 hoa đực/m², 5,1 ± 3,1 hoa cái/m²; nhưng mật độ quả và hạt cao hơn so với tháng 2 tương ứng là 43,1 ± 30,3 quả và 52,5 ± 34,1 hạt.

Độ mặn có mối tương quan ở mức trung bình với mật độ hoa, quả, hạt ($r = -0,5$, $p < 0,05$; $n = 13$) của *H. beccarii*. Trong khu vực phân bố của *H. beccarii* ở đầm Cầu Hai với độ mặn môi trường nước từ 0,1 – 20,6‰, độ mặn tăng cao sẽ làm giảm số lượng hoa, quả và hạt của *H. beccarii*.

3.3. Đặc điểm hình thái, phân bố và sinh sản hữu tính của *N. indica* ở đầm Cầu Hai

3.3.1. Đặc điểm hình thái của *N. indica*

Najas indica (Willd.) Cham. ở đầm cầu Hai có thân cây cao tới 156 cm, trung bình là 44,6 ± 2,9 mm; đường kính thân từ 0,2 - 0,7 mm và trung bình là 0,6 ± 0,01 mm. Thân gồm nhiều lông, các lông có chiều dài từ 0,2 - 81,1 mm, trung bình 36,9 ± 1,7 mm. Lá mọc đối, cứng và giòn; mép lá có răng cưa; chiều dài lá từ 8,7 - 34,3 mm. Rễ của *N. indica* thuộc loại rễ chùm, rễ có thể mọc ra từ các đốt thân nằm gần gốc.

3.3.2. Đặc điểm phân bố của *N. indica*

Loài *N. indica* có phân bố rộng ở đầm Cầu Hai, hiện diện ở 10/21 điểm với trung bình độ phủ là 22,7 ± 3,5 % và sinh khối là 31,7 ± 5,9 g DW m⁻². Sinh khối và độ phủ của loài có sự sai khác ở các điểm khảo sát tương ứng là ($\chi^2_{(9, n=11)} = 22,2$, $p = 0,008$) và ($\chi^2_{(9, n=11)} = 25,5$, $p = 0,002$). Có 4 điểm gồm CH4, CH11, CH12, và CH18 có *N. indica* phát triển phong phú hình với độ phủ trung bình cao lần lượt là 48,1 ± 14 %, 43,1 ± 13,3 %, 26,8 ± 13,7 %, 24,4 ± 11,8 % và sinh khối tương ứng là 66,5 ± 22,9 g DW m⁻², 65,6 ± 24,5

g DW m⁻², 54,6 ± 31,2 g DW m⁻², 36,5 ± 14,3 g DW m⁻², (TB ± SE, n = 11); 6 điểm còn lại *N. indica* sinh trưởng cùng với loài cỏ biển *H. beccarii* nên loài có độ phủ và sinh khối thấp hơn, thấp nhất được ghi nhận tại điểm CH19 (5,1 ± 5,1 % ; 1,9 ± 1,9 g DW m⁻²).

Khu vực phân bố các thảm cỏ của loài được mở rộng dần tương ứng với số điểm loài hiện diện tăng dần từ tháng tháng 5/2018 (3 điểm) đến tháng 9/2018 (9 điểm), sau đó giảm còn 3 điểm vào tháng 1/2019. Tuy nhiên, đợt khảo sát vào tháng 3/2019, số điểm loài hiện diện tăng trở lại lên 7 điểm, sau đó giảm xuống còn 4 điểm vào tháng 5/2019 và loài biến mất hoàn toàn từ tháng 7 – 11/2019. Độ phủ của *N. indica* tăng dần từ tháng 5/2018 (23,3 ± 12,5 %), tháng 7/2018 (49,3 ± 15,1%), loài có độ phủ cao nhất vào tháng 9/2018 (58,3 ± 10,8 %), loài tiếp tục duy trì độ phủ cao ở tháng 11/2018 (51,5 ± 14,5%). Tháng 1/2019 độ phủ của *N. indica* giảm mạnh (6,7 ± 3,6%), sau đó tăng lên vào tháng 3/2019 (36,8 ± 14,4%), độ phủ của loài tiếp tục giảm xuống đáng kể vào tháng 5/2019 (26,7 ± 12,1 %), ($\chi^2_{(10, n=10)} = 45,9$, $p < 0,0001$). Sinh khối của loài đạt cực đại vào tháng 7/2018 (93,6 ± 35,6 g DW m⁻²), và thấp nhất vào tháng 1/2019 (5,5 ± 2,9 g DW m⁻²), ($\chi^2_{(10, n=10)} = 47,9$, $p < 0,0001$); từ tháng 7 – 11/2019 loài tàn lụi hoàn toàn với sinh khối bằng 0 g DW m⁻².

Độ phủ và sinh khối của *N. indica* có mối tương quan yếu với độ mặn ($r = 0,28$, $p = 0,007$, $n = 90$; $r = 0,32$, $p = 0,01$, $n = 90$) và nhiệt độ môi trường nước ($r = 0,26$, $p = 0,01$, $n = 90$; $r = 0,28$, $p = 0,02$, $n = 90$). Trong khoảng độ mặn phân bố của *N. indica* (< 15‰) và nhiệt độ nước (20,7 – 34,8 °C) của môi trường đầm Cầu Hai, sinh khối và độ phủ của loài tăng khi độ mặn và nhiệt độ nước tăng, tuy nhiên, mối tương quan này chỉ ở mức yếu. Sinh khối của *N. indica* có tương quan chặt chẽ với nhiệt độ không khí ($r = 0,71$; $p = 0,04$); nghĩa là sinh khối *N. indica* tăng khi nhiệt độ không khí tăng.

3.3.3. Đặc điểm sinh sản của *N. indica*

N. indica là loài có hoa đơn tính cùng gốc. Hoa cái có kích thước lớn nằm trong bẹ lá, hoa có một vòi nhụy, bầu nhụy chứa một noãn to hình bầu dục dài. Hoa đực nhỏ nằm sâu trong bẹ lá, mỗi hoa có 3 vòi nhị dài và một bao phấn hình bầu dục, hạt phấn có hình cầu. Quả có hình bầu dục dài, mỗi quả chứa một hạt. Hạt có hình bầu dục dài; vỏ hạt có màu nâu đậm và các vân hình lục giác. Nghiên cứu cho thấy rằng *N. indica* ở đầm Cầu Hai có mật độ hạt trong trầm tích cao (2.765 ± 790 hạt/m²) và có sự biến động theo không gian và thời gian. Mật độ hạt có sự sai khác có ý nghĩa ở các tháng khảo sát ($FA, \chi^2_{(9, n = 10)} = 31,9, p < 0,0001$), thấp nhất ở tháng 5/2018 và tháng 7/2018 là $94,5 \pm 21,1$ hạt/m² và $83,5 \pm 12,7$ hạt/m² và cao nhất ở tháng 9/2018 ($7.811,6 \pm 4.893,9$ hạt/m²) và tháng 11/2018 ($7.831,2 \pm 4.646,8$ hạt/m²). Mật độ hạt của loài có sự sai khác giữa các điểm khảo sát ($FA, \chi^2_{(9, n = 10)} = 50,94, p < 0,0001$). Mật độ cao nhất tại điểm CH4 ($16.739,6 \pm 5.662,2$ hạt/m²), và thấp nhất ở điểm CH19 ($103,3 \pm 31,7$ hạt/m²).

Kết quả kiểm tra mối tương quan giữa mật độ hạt của *N. indica* với độ phủ, sinh khối và các yếu tố môi trường cho thấy, mật độ hạt trong trầm tích của *N. indica* có mối tương quan với độ phủ ($r = 0,4, p < 0,0001, n = 80$) và sinh khối ($r = 0,4, p < 0,0001, n = 80$) của loài. Mật độ hạt tăng khi độ phủ và sinh khối của loài tăng. Mật độ hạt trong trầm tích của *N. indica* có mối tương quan với các thông số môi trường nước như nhiệt độ ($r = -0,3, p = 0,003, n = 80$), độ đục ($r = -0,3, p = 0,006, n = 80$) và độ sâu ($r = 0,3, p < 0,0001, n = 80$). Mật độ hạt của *N. indica* có mối tương quan chặt ($r = 0,7, p = 0,03, n = 8$) với lượng mưa trong năm.

3.4. Ảnh hưởng của độ mặn lên sinh trưởng của *H. beccarii* và *N.* ở điều kiện nuôi trồng

3.4.1. Ảnh hưởng của độ mặn lên sinh trưởng của *H. beccarii*

*** Tỷ lệ sống và tốc độ sinh trưởng của thân rễ *H. beccarii***

Các đoạn thân rễ của loài *H. beccarii* thu thập từ đầm Cầu Hai được trồng thử nghiệm ở các mức độ mặn 0‰, 5‰, 10‰, 15‰ và 20‰. Kết quả thí nghiệm cho thấy độ mặn có ảnh hưởng lên khả năng sống của các đoạn thân rễ loài *H. beccarii*. Các thân rễ bị chết chỉ xuất hiện ở tuần đầu tiên, từ tuần thứ hai cho tới kết thúc thí nghiệm ở tất cả các độ mặn đều không có xuất hiện thân rễ chết. Các thân rễ của *H. beccarii* sống và tiếp tục sinh trưởng ở khoảng độ mặn từ 0‰ đến 20‰. Có sự sai khác có ý nghĩa về tỉ lệ sống của các đoạn thân rễ ở các độ mặn (ANOVA, $F = 14,04$, $p < 0,0001$). Thân rễ của *H. beccarii* có tỉ lệ sống 100% ở độ mặn 5‰ và 10‰, tỉ lệ sống của thân rễ giảm đáng kể ở các độ mặn 15‰ và 20‰ tương ứng là $81,3 \pm 2,1\%$ và $66,7 \pm 3,4\%$, loài có tỉ lệ sống thấp nhất ở độ mặn 0‰ là $33,3 \pm 3,4\%$,

Tốc độ sinh trưởng của thân rễ *H. beccarii* có sự sai khác có ý nghĩa ở các độ mặn (FA , $\chi^2_{(4, n = 128)} = 134,1$, $p < 0,0001$). Tốc độ sinh trưởng của loài đạt cực đại ở 10‰ ($4,4 \pm 0,2$ mm/ngày) và thấp hơn ở các độ mặn 5‰ ($3,45 \pm 0,15$ mm/ngày), 15‰ ($3,9 \pm 1,2$ mm/ngày) và 20‰ ($3,3 \pm 0,2$ mm/ngày), ở 0‰ loài có tốc độ sinh trưởng thấp nhất ($0,9 \pm 0,1$ mm/ngày).

***Đặc điểm hình thái của loài *H. beccarii* ở các độ mặn thí nghiệm**

Có sự sai khác đáng kể về chiều dài phiến lá (ANOVA, $F = 60,9$, $p < 0,0001$), chiều dài cuống lá (ANOVA, $F = 35$, $p < 0,0001$), chiều rộng phiến lá (ANOVA, $F = 23,5$, $p < 0,0001$) và chiều dài thân đứng (ANOVA, $F = 92,7$, $p < 0,0001$) của *H. beccarii* ở các độ mặn thí nghiệm. Ở độ mặn 10‰ và 15‰ loài có chiều dài phiến lá ($20,5 \pm 0,3$ mm; $20,1 \pm 0,3$ mm) và chiều dài cuống lá ($18,9 \pm 0,4$ mm; $18,3 \pm 0,3$ mm) dài nhất, chiều rộng phiến lá lớn nhất ($2,6 \pm 0,05$ mm; $2,5 \pm 0,06$ mm). Ngược lại, ở độ mặn 0‰ loài có chiều dài phiến lá ($15,8 \pm 0,2$ mm) và chiều dài cuống lá ($14,2 \pm 0,3$ mm) ngắn nhất, chiều rộng phiến lá ($2,08 \pm 0,04$ mm) nhỏ nhất. Chiều dài thân đứng của loài đạt cực đại ở độ mặn 10‰ ($23,1 \pm 0,7$ mm), và thấp nhất được ở 0‰ ($8,9 \pm$

0,2 mm). Sau 2 – 3 ngày trồng *H. beccarii* bắt đầu hình thành những thân đứng mới, các thân đứng mang 3 – 4 lá. Số lượng lá trên mỗi thân đứng dao động từ 2 – 12 lá và trung bình là $7,2 \pm 0,1$ lá/thân. Số lượng lá có sự sai khác có ý nghĩa ở các độ mặn (FA, $\chi^2_{(4, n=40)} = 87,2$, $p < 0,0001$). Số lượng lá cao nhất được ghi nhận ở độ mặn 10‰ là $8,7 \pm 0,2$ lá/thân, ở các độ mặn còn lại có số lượng lá thấp hơn và thấp nhất được ghi nhận ở 0‰ là $5,0 \pm 0,2$ lá/thân. Như vậy, giá trị của các đặc điểm hình thái (chiều dài phiến lá, chiều rộng phiến lá, chiều dài cuống lá, chiều dài thân đứng) đều đạt cực đại ở độ mặn 10‰ và thấp nhất ở 0‰. Chiều rộng phiến lá có xu hướng rộng hơn ở độ mặn $> 10‰$; trong khi chiều dài thân đứng cao nhất được ghi nhận ở độ mặn 5 - 10‰.

Số lượng thân đứng và sinh khối tích lũy của *H. beccarii

Số lượng thân đứng của *H. beccarii* ở các độ mặn được xác định sau 8 tuần nuôi trồng. Kết quả phân tích thống kê cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa về số lượng thân đứng của *H. beccarii* ở các độ mặn (ANOVA, $F = 26,39$, $p = 0,0001$), trong đó số lượng thân đứng cao nhất ở độ mặn 5‰ ($466 \pm 50,03$ thân) và 10‰ ($351,5 \pm 30,6$ thân), số lượng thân đứng giảm đáng kể ở 15‰ ($219 \pm 25,1$ thân) và 20‰ ($170 \pm 31,1$ thân) và số lượng thân đứng thấp nhất ở 0‰ ($43,0 \pm 63,3$ thân). Số lượng thân đứng của *H. beccarii* tiếp tục được xác định vào thời điểm kết thúc thí nghiệm (sau 12 tuần). Số lượng thân đứng của loài có sự khác biệt ý nghĩa ở các độ mặn thí nghiệm (ANOVA, $F = 32,22$, $p < 0,0001$). Số lượng thân đứng cao nhất được ghi nhận ở độ mặn 5‰ ($955,00 \pm 131,23$ thân), số lượng thân đứng giảm đáng kể ở độ mặn 10‰ ($224,5 \pm 77,4$ thân), 15‰ ($74,5 \pm 36,8$ thân), 0‰ ($25,8 \pm 7,5$ thân) và thấp nhất ở độ mặn 20‰ ($10,5 \pm 7,1$ thân). Như vậy, ở độ mặn 5-10‰ loài *H. beccarii* có số lượng thân đứng cao nhất, trong đó sự chênh lệch số lượng thân đứng ở độ mặn 5‰ so với các độ mặn khác khá lớn.

Độ mặn ảnh hưởng đến số lượng thân đứng, theo đó ảnh hưởng đến sinh khối tích lũy của *H. beccarii*. Phân tích thống kê cho thấy có sự sai khác có ý nghĩa thống kê về sinh khối tích lũy của *H. beccarii* ở các độ mặn sau 12 tuần thí nghiệm (ANOVA, $F = 19,2$, $p < 0,0001$). Sinh khối của *H. beccarii* cao nhất ở độ mặn 5‰ là $4,65 \pm 0,48$ g DW, sinh khối của loài có xu hướng giảm dần ở các độ mặn 10‰, 15‰ và 20‰ tương ứng là $2,80 \pm 0,68$ g DW, $1,18 \pm 0,36$ g DW, $0,36 \pm 0,29$ g DW. Sinh khối của loài thấp nhất được ghi nhận ở 0‰ là $0,23 \pm 0,06$ g DW. Kết quả này cho thấy, ở mức độ mặn 5‰ *H. beccarii* đồng hóa tốt nhất cho sinh khối tích lũy cao nhất.

3.4.2. Ảnh hưởng của độ mặn lên sinh trưởng của *N. indica*

*** Tỷ lệ sống và tốc độ sinh trưởng của *N. indica***

Tỷ lệ sống của các thân đứng loài *N. indica* khác nhau đáng kể ở các độ mặn thí nghiệm (ANOVA, $F = 189,7$, $p < 0,0001$). Ở tuần đầu tiên sau khi trồng các thân đứng *N. indica* bị chết hoàn toàn ở độ mặn 20‰ và 25‰, các độ mặn còn lại có tỷ lệ thân đứng sống sót giảm dần khi độ mặn tăng từ 0‰, 5‰, 10‰ và 15‰ tương ứng là $75,50 \pm 2,47$ %, $70,75 \pm 5,25$ %, $65,50 \pm 2,06$ % và $23,75 \pm 1,44$ %. Kết quả thí nghiệm cho thấy *N. indica* từ đầm Cầu Hai sống sót và tiếp tục sinh trưởng ở độ mặn từ 0 – 15‰ và độ mặn gây chết của *N. indica* là 20‰ và 25‰.

N. indica có tốc độ sinh trưởng cao nhất ở độ mặn 10‰ là $13,18 \pm 0,68$ mm/ngày và thấp nhất ở độ mặn 15‰ là $8,98 \pm 0,55$ mm/ngày, (ANOVA, $F = 9,3$, $p < 0,0001$). Tỷ lệ sống sót và tốc độ sinh trưởng của *N. indica* ở thí nghiệm này cho thấy, giới hạn sinh thái về độ mặn của loài là 0 – 15‰, trong đó 10‰ là độ mặn thích hợp nhất cho sự sinh trưởng của loài.

*** Đặc điểm hình thái của *N. indica* ở các độ mặn thí nghiệm**

Phân tích thống kê ghi nhận, có sự sai khác có ý nghĩa ở các độ mặn về chiều dài thân đứng (ANOVA, $F = 67,4$, $p < 0,0001$), chiều dài lá (ANOVA, $F = 20,5$, $p < 0,0001$), số nhánh (ANOVA, $F = 23,9$, $p < 0,0001$)

và số lông trên mỗi thân (ANOVA, $F = 34,5$, $p < 0,0001$). Chiều dài thân đứng của *N. indica* cao nhất được ghi nhận ở độ mặn 10‰ ($743,9 \pm 5,5$ mm) và thấp nhất ở các độ mặn còn lại, trong đó thấp nhất ở 15‰ (508,6 mm). Kích thước chiều dài lá của loài dài nhất ở độ mặn 0‰ ($25,67 \pm 0,35$ mm), chiều dài lá có xu hướng giảm dần khi độ mặn tăng và thấp nhất được xác định ở 15‰ ($21,3 \pm 0,3$ mm). Số lượng nhánh của loài cao nhất ở độ mặn 5‰ ($27,7 \pm 1,6$ nhánh) và thấp nhất ở 15‰ ($15,9 \pm 0,9$ nhánh). Nhưng số lượng lông cao nhất được ghi nhận ở độ mặn 10‰ ($28,1 \pm 0,2$ lông) và thấp nhất ở 0‰ ($20,8 \pm 0,3$ lông) và 5‰ ($20,3 \pm 0,9$ lông). Chiều dài thân đứng và số lượng nhánh đều có giá trị cực đại ở độ mặn từ 5 – 10‰. Nhưng số lượng lông lại có giá trị cao hơn ở độ mặn 10 - 15‰ và chiều dài lá có xu hướng giảm dần theo chiều gia tăng độ mặn.

Sinh khối tích lũy của *N. indica

Kết quả thí nghiệm cho thấy, sinh khối của *N. indica* ở các độ mặn 0‰, 5‰, 10‰ và 15‰ tương ứng là $0,80 \pm 0,19$ (g DW), $5,84 \pm 0,51$ (g DW), $5,99 \pm 1,03$ (g DW) và $3,19 \pm 0,26$ (g DW). Phân tích thống kê cho thấy sinh khối của *N. indica* có sự khác nhau có ý nghĩa ở các mức độ mặn (ANOVA, $F = 17$, $p < 0,0001$). Sinh khối của loài cao nhất được ghi nhận ở độ mặn 5‰-10‰ và thấp nhất ở 0‰.

3.4.3. Ảnh hưởng của độ mặn lên nảy mầm cây con và sự sinh trưởng của cây con loài *N. indica*

*** Số lượng cây con của *N. indica***

Cây con của loài *N. indica* được quan sát thấy ở các độ mặn 0‰, 5‰, 10‰ và 15‰, ở độ mặn 20‰ không có cây con nào được ghi nhận trong suốt thời gian thí nghiệm. Phân tích thống kê cho thấy số lượng cây con có sự sai khác đáng kể ở các độ mặn (ANOVA, $F = 94,9$, $p < 0,0001$). Số lượng cây con cao hơn ở độ mặn 0‰ ($50 \pm 2,5$ cây) và cao nhất ở 5‰ ($104,7 \pm 5,5$ cây); số lượng cây con của loài giảm xuống đáng kể ở độ mặn 10‰ ($32,3 \pm 3,8$

cây) và thấp nhất được ghi nhận ở 15‰ ($13 \pm 3,8$ cây). Kết quả này cho thấy yêu cầu độ mặn cho sự nảy mầm cây con từ hạt ở loài *N. indica* khá thấp (0 - 5‰), trong đó 5‰ được ghi nhận là độ mặn thích hợp nhất.

Sự sinh trưởng của cây con *N. indica

Kết quả phân tích thống kê cho thấy tốc độ sinh trưởng của cây con loài *N. indica* có sự sai khác đáng kể ở các độ mặn (ANOVA, $F = 8,3$, $p < 0,0001$). Tốc độ sinh trưởng của cây con đạt cực đại ở độ mặn 5‰ ($3,2 \pm 0,5$ mm/ngày) và giảm đáng kể ở 0‰ ($1,9 \pm 0,3$ mm/ngày) và 10‰ ($1,7 \pm 0,2$ mm/ngày), tốc độ sinh trưởng của cây con thấp nhất được ghi nhận ở độ mặn 15‰ ($1,0 \pm 0,2$ mm/ngày). Kết quả này cho thấy số lượng cây con và tốc độ sinh trưởng ở giai đoạn cây con loài *N. indica* đều đạt cực đại ở độ mặn 5‰ tiếp đến là 0‰; ở độ mặn từ 10 - 15‰ số lượng cây con và tốc độ sinh trưởng của cây con thấp hơn đáng kể, trong đó thấp nhất ở 15‰. Như vậy, độ mặn thích hợp nhất cho sự sinh trưởng ở giai đoạn cây con loài *N. indica* là 0 - 5‰.

Có sự sai khác đáng kể về một số đặc điểm hình thái của cây con như chiều dài cây, số lượng lóng và chiều dài lá (ANOVA, $p < 0,0001$). Chiều dài cây con và số lượng lóng đều đạt cực đại ở độ mặn 5‰ ($82,7 \pm 2,7$ mm; $5,5 \pm 0,2$ lóng) và thấp nhất ở độ mặn 15‰ ($25,7 \pm 2,6$ mm; $2,6 \pm 0,2$ lóng). Chiều dài lá của cây con dài nhất được ghi nhận ở độ mặn 0‰ ($25,4 \pm 0,8$) và có xu hướng giảm dần khi tăng độ mặn từ 5‰, 10‰ và 15‰ tương ứng là $23,3 \pm 0,7$ mm; $21,5 \pm 0,7$ mm; $21,6 \pm 0,6$ mm. Như vậy kết quả thí nghiệm này cho thấy, độ mặn có ảnh hưởng rõ nét lên sự nảy mầm cây con từ hạt ở loài *N. indica*. Hạt của loài chỉ nảy mầm và hình thành cây con ở khoảng độ mặn từ 0 - 15‰. Trong đó độ mặn từ 0 - 5‰ là thích hợp nhất. Kết quả này chứng tỏ yêu cầu độ mặn cho sự nảy mầm và sinh trưởng trong giai đoạn cây con loài *N. indica* từ đầm Cầu Hai thấp hơn đáng kể (0 - 5‰) so với giai đoạn cây trưởng thành (5 - 10‰).

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1. Các yếu tố môi trường (độ mặn, nhiệt độ, độ sâu, độ đục, pH trong nước, nồng độ N-NO_3^- và P-PO_4^{3-} trong nước và trầm tích) ở đầm Cầu Hai có sự biến động theo không gian và thời gian, trong đó thể hiện rõ nhất là độ mặn, nhiệt độ nước và độ sâu. Độ mặn dao động từ 0,1 đến 20,6‰, đạt giá trị thấp ở các tháng mùa mưa và tại các khu vực đầm gần cửa sông Đại Giang, sông Truồi, sông Cầu Hai (phía tây bắc của đầm); độ mặn cao hơn ở các tháng mùa khô và tại các khu vực khảo sát thuộc phía đông nam của đầm. Nhiệt độ nước dao động từ $20,7^\circ\text{C}$ đến $34,8^\circ\text{C}$ với sự chênh lệch trung bình theo mùa khoảng $7,8^\circ\text{C}$ và giữa các điểm khảo sát là khoảng 2°C . Độ sâu ở các điểm khảo sát dao động từ 0,2-2,4 m với giá trị trung bình 1,2 m; độ sâu mùa mưa lớn hơn mùa khô với khoảng chênh lệch lớn nhất giữa hai mùa là 0,8 m.

2. Loài cỏ biển *H. beccarii* phân bố rộng ở đầm Cầu Hai và có sự biến động theo không gian và thời gian. Các quần thể loài *H. beccarii* phân bố tập trung chủ yếu ở khu vực trung tâm đầm hướng về phía đông nam – khu vực có độ mặn cao (10,4 – 12,8‰) và ổn định của đầm. Phân bố của *H. beccarii* có tính mùa vụ không rõ nét, mùa sinh trưởng của loài được bắt đầu từ đầu mùa mưa năm trước và kéo dài đến cuối mùa khô năm sau. Thời kỳ loài phát triển mạnh trùng với các tháng mùa mưa (từ tháng 9 năm 2018 đến tháng 3 năm 2019), trong đó loài có độ phủ, mật độ và sinh khối đạt giá trị cực đại vào tháng 1 năm 2019. Độ mặn, nhiệt độ nước và lượng mưa được xác định là những yếu tố chi phối đến sự phân bố của *H. beccarii* ở đầm Cầu Hai.

Sinh sản hữu tính của *H. beccarii* ở đầm Cầu Hai chỉ xảy ra ở một số quần thể ven bờ và theo mùa vụ rõ nét. Thời kỳ hình thành hoa, quả của loài

diễn ra vào các tháng mùa khô trong năm (từ tháng 2 đến tháng 6), trong đó mật độ hoa, quả, hạt cao nhất rơi vào tháng 4 năm 2018. Độ mặn môi trường nước là yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành hoa, quả, hạt của loài ở môi trường đầm Cầu Hai.

3. Loài CTSSC nước ngọt *N. indica* cũng có phân bố rộng ở đầm Cầu Hai và có sự biến động mạnh mẽ theo không gian và thời gian. Các quần thể của loài *N. indica* phân bố tập trung chủ yếu ở khu vực ven phá phía tây bắc đầm – khu vực gần các cửa sông có độ mặn thấp (<15‰). Phân bố của *N. indica* theo mùa vụ rõ nét, mùa sinh trưởng của loài trùng với mùa khô trong năm. Nhiệt độ, độ mặn môi trường nước và nhiệt độ không khí là những yếu tố chi phối đến biến động phân bố của *N. indica*. Độ mặn môi trường nước là yếu tố ảnh hưởng đến không gian phân bố của loài, trong khi nhiệt độ nước và nhiệt độ không khí là những yếu tố ảnh hưởng đến biến động phân bố theo mùa vụ của loài ở đầm Cầu Hai.

Loài *N. indica* có mật độ hạt trong trầm tích khá cao (2.765 ± 790 hạt/m²) và mật độ hạt có sự biến động theo không gian và thời gian. Mật độ hạt của loài cao hơn từ tháng 9 đến tháng 11 năm 2018 tại các điểm CH4 và CH11; mật độ hạt của loài thấp nhất từ tháng 5 đến tháng 7 năm 2018 tại điểm CH19. Nhiệt độ nước, độ sâu, độ đục và lượng mưa là những yếu tố môi trường chi phối đến sự biến động mật độ hạt của loài *N. indica* ở đầm Cầu Hai.

4. Trong điều kiện nuôi trồng, độ mặn có ảnh hưởng mạnh mẽ lên sinh trưởng của cả hai loài *H. beccarii* và *N. indica*. Loài *H. beccarii* có khả năng sống và sinh trưởng ở độ mặn từ 0 – 20‰; trong khi loài *N. indica* có khả năng sống và sinh trưởng ở độ mặn từ 0 – 15‰. Độ mặn thích hợp nhất cho sự sinh trưởng của cả hai loài đã được xác định là từ 5 – 10‰. Sự nảy mầm cây con từ hạt trong trầm tích ở loài *N. indica* xảy ra ở độ mặn từ 0 -

15%, trong đó độ mặn 0 - 5‰ là mức thích hợp cho sự nảy mầm cây con và sự sinh trưởng của cây con loài *N. indica* thu thập từ đầm Cầu Hai.

2. Kiến nghị

Để có đầy đủ thông tin làm cơ sở khoa học nhằm đưa ra các biện pháp bảo vệ, phục hồi và phát triển các thảm thực vật thủy sinh sống chìm ở đầm Cầu Hai chúng tôi đưa ra một số kiến nghị sau:

- Nghiên cứu về sự hình thành cây con từ hạt và khả năng sinh trưởng của cây con ở hai loài *H. beccarii* và *N. indica* trong điều kiện môi trường tự nhiên của đầm Cầu Hai.

- Nghiên cứu đặc điểm sinh sản (vô tính và hữu tính) kết hợp với phân tích đa dạng di truyền quần thể từ đó đánh giá mức độ đóng góp của các hình thức sinh sản vào quá trình duy trì và phục hồi quần thể của các loài CTSSC ở đầm Cầu Hai.

HUE UNIVERSITY
HUE UNIVERSITY OF EDUCATION

DANG THI LE XUAN

STUDY OF THE DISTRIBUTION OF *Halophila beccarii*
Aschers. AND *Najas indica* (Willd.) Cham. SUBMERGED
AQUATIC VEGETATION IN THE CAU HAI LAGOON
BELONG TO TAM GIANG – CAU HAI SYSTEM, THUA
THIEN HUE PROVINCE AND THEIR GROWTH,
DEVELOPMENT IN DIFFERENT SALINITIES

MAJOR: BOTANY

CODE: 9420111

SUMMARY OF BIOLOGY DOCTORAL THESIS

HUE, 2022

The project was completed at::

Hue University of Education, Hue University

Supervisors :

Assoc. Prof. Dr. Ton That Phap University of Sciences, Hue
University

Dr. Luong Quang Doc University of Sciences, Hue University

Review 1:
.....

Review 2:
.....

Review 3:
.....

The thesis will be defended at Hue University's Thesis Judging Committee
meeting at:.....

At O'clock.....date.....month.....year.....

Thesis can be found in the library:

PUBLICATIONS RELATED TO THE THESIS

- [1]. Dang Thi Le Xuan, Truong Thi Hieu Thao, Hoang Le Thuy Lan, Tran Thi Thu Sang, Ton That Phap, Phan Thi Thuy Hang & Luong Quang Doc (2020). Morphological characteristics and distribution of *Najas indica* (Wild.) Cham. in Cau Hai lagoon, Thua Thien Hue province. *Hue University Journal of Science: Natural Science*, 129(1A), 107-114.
- [2]. Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Hoang Cong Tin & Luong Quang Doc (2022). Response to salinity of the submerged aquatic vegetation species *Najas indica* (Willd.) Cham. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 22(1), 29–35.
- [3]. Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Hoang Cong Tin & Luong Quang Doc (2022). Growth and morphological responses of seagrass to low salinity: The case of *Halophila beccarii* originated from a brackish lagoon in Central Viet Nam. *Hue University Journal of Science: Natural Science* 131 (1B), 47-57.
- [4]. Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Hoang Cong Tin, Luong Quang Doc (2022). Effects of salinity on seedling germination and growth of early seedlings of the *Najas indica* (Willd.) Cham. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 22(2), 199–207.
- [5]. Dang Thi Le Xuan, Phan Thi Thuy Hang, Ton That Phap, Truong Thi Hieu Thao, Hoang Cong Tin, Luong Quang Doc (2022). Morphological and distribution characteristics of *Halophila beccarii* Aschers., 1871 in the cau hal lagoon, Thua Thien Hue province. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 22(3), 271-283.

INTRODUCTION

1. The necessity of the thesis

Halophila beccarii Aschers. is a species of seagrass widely distributed in the Indo-Pacific region. *Najas indica* (Willd.) Cham. is a submerged aquatic vegetation belonging to the freshwater group, however it occurs in both freshwater and brackish environments. Currently, the coverage area of *H. beccarii* and *N. indica* has been narrowing at an alarming rate in the global, especially, *H. beccarii* species has been listed as one of the threatened and vulnerable seagrass species of the International Union for Conservation of Nature (IUCN). In Viet Nam, *H. beccarii* and *N. indica* are distributed in coastal environments, especially, Cau Hai lagoon. Up to now, there have not been any in-depth studies on the distribution and reproduction characteristics as well as the influence of environmental factors on the distribution and reproduction of *H. beccarii* and *N. indica* in environmental conditions of the lagoon. To contribute to supplementing scientific informations which supports biodiversity conservation in coastal lagoon areas, we chose the study topic of the thesis as: “*Study on the distribution of Halophila beccarii Aschers. and Najas indica (Willd.) Cham. submerged aquatic vegetation in the Cau Hai lagoon belong to Tam Giang - Cau Hai system, Thua Thien Hue province and their growth and development at different salinity levels*”. The study results contribute to additional informations about the morphological, distribution, and reproductive characteristics of the two species. That is the scientific basis for the protection and development of submerged aquatic vegetation in the lagoon environment.

2. Research objective

The general objective of the thesis is to study the distribution characteristics of two submerged aquatic grass species *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon and the effect of salinity on the growth of these two species under the cultural conditions.

To accomplish the above general objective, the study includes detailed objectives:

- To describe the morphological characteristics of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon.

- To Build distribution map of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon.

- To determine environmental factors affecting the distribution of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon.

- To evaluate of sexual reproduction characteristics of *H. beccarii* and *N. indica* in Cau Hai lagoon.

- To determine environmental factors affecting the sexual reproduction of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon.

- To assess the effect of salinity on the growth of *H. beccarii* and *N. indica* under culture conditions.

3. Research content

- Determination of some characteristics of water and sedimentary environment of the Cau Hai lagoon (temperature, salinity, depth, turbidity, pH and concentration of N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} in water environment and concentration of N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} sedimentary environment).

- Study on morphological characteristics of *H. beccarii*, *N. indica*; determine distribution characteristics rely on the assessments about coverage, shoot density, and biomass to build distribution map of *H. beccarii* and *N. indica*; to determine reproductive characteristics of *H. beccarii* and *N. indica* in natural conditions of the Cau Hai lagoon.

- To examine the relationship between the distribution of *H. beccarii*, *N. indica* with several factors of water and sedimentary environment and climatic factors (air temperature, rainfall, and sunshine hours).

- To evaluate of the effect of salinity on of *H. beccarii* and *N. indica* through seedling germination and growth ability of these species under culture conditions.

4. Significance of the thesis

4.1. Scientific significance

Provided scientific information on morphology, distribution, and reproduction of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon; provided the distribution map of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon during the study period, and the relationship between the distribution of these species and several environmental factors of the water body. Determined the suitable salinity for the growth of *H. beccarii* and *N. indica* under culture conditions.

4.2. Practical significance

Informations on the morphological, reproductive, and distribution characteristics of *H. beccarii* and *N. indica* as well as the effect of water salinity on the growth of the two species, that contributed to clarify the formation and development of meadows of these two species in the Cau Hai lagoon according to space and season. The study results would be an important scientific basis for the protection, restoration, and development of submerged aquatic vegetations in the Cau Hai lagoon as well as water bodies with similar ecological conditions in the coastal areas in Viet Nam.

5. Contributions of the thesis

- Describe morphological characteristics, reproductive characteristics, and build distribution map of two submerged aquatic vegetation species *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon, Thua Thien Hue province.
- Determining the growth and reproduction seasons of *H. beccarii* and *N. indica* and several environmental factors affecting the growth and reproduction of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon, Thua Thien Hue province.
- The influence of salinity and the optimum salinity for the growth of two species of *H. beccarii* and *N. indica* were determined under the culture condition.

6. The structure of the thesis

The structure of the thesis has 174 pages, includes the following main parts: The introduction consists of 5 pages; Chapter 1. Research overview includes 24 pages; Chapter 2. Research subjects, materials and methods includes 15 pages; Chapter 3. Research results and discussion includes 69 pages; Conclusion and recommendations include 03 pages; The list of publications related to the thesis 05 articles; The reference section includes 147 references, including 15 Vietnamese references and 132 English references; The thesis has 09 tables and 42 figures; The appendix consists of 29 pages.

Chapter 1. LITERATURE REVIEW

The thesis referred and summarized on 3 main issues related to: (1) Submerged aquatic vegetation; (2) Overview of the lagoon; (3) Natural conditions of the study area.

Chapter 2. STUDY SUBJECTS AND METHODS

2.1. Subject, time, and study area

2.1.1. Subject study

Halophila beccarii Aschers., 1871
Kingdom: Plantae
Clade Magnoliophyta
Clade Liliopsida
Order: Alismatales
Family: Hydrocharitaceae
Genus: *Halophila*
Species: *Halophila beccarii*

Najas indica (Willd.) Cham., 1829
Kingdom: Plantae
Clade Magnoliophyta
Clade Liliopsida
Order: Alismatales
Family: Najadaceae
Genus: *Najas*
Species: *Najas indica*

2.1.2. The time study

From 2017 to 2021

2.1.3. The study area

The study was conducted in the Cau Hai lagoon with coordinates from 16°28'37" N, 107°90'53" E to 16°36'41" N, 107°78'19" E.

2.2. The study methods

2.2.1. Sampling method and environmental data collection in the Cau Hai lagoon

* *Sampling in the field:* We conducted a total of 15 sampling trips in March, April, May, June, July, September, and November in 2018 and January, February, March, April, May, July, September, and November in 2019 out of 21 sampling sites of the across Cau Hai lagoon. During the survey, the coordinates of the sampling sites were fixed by the Garmin GPSMAP@78. Salinity, temperature, pH, turbidity of the water environment were determined by HORIBA multi-parameter meter. The depth of the water column was measured with the Handy Depth Sounder Hondex PS-7 hand-held depth meter. At each sampling point, 5 cm of surface sediment (using a 40 mm diameter Core) and 0.5 liters of water were collected according to TCVN 5998:1995 (ISO 5667-9:1992) and TCVN 6663-19: 2015 (ISO 5667-19:2004) to analyze the composition of easily digestible nutrients NO_3^- and PO_4^{3-} .

* *Analysis of water and sediment samples in the laboratory:* The concentration of dissolved nutrients (NO_3^- and PO_4^{3-}) in the water environment was analyzed by SMEWW 4500- NO_3^- .E (Cadmium reduction method) and SMEWW 4500-PC (Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method). The PO_4^{3-} concentration in the sediment was analyzed by the method "Soil quality - method to determine the easily digestible nitrogen concentration" according to TCVN 5255:2009. The NO_3^- concentration in the sediments was analyzed to base on TCVN 8661:2011 "Soil quality – determination of easily digestible phosphorus – Olsen method".

2.2.2. Sampling method and data collection about morphology, distribution, reproduction, and build of distribution maps of *H. beccarii*

***Sampling in the field:** At each sampling site, the biomass (roots, shoots, leaves, flowers, and fruits) of *H. beccarii* was collected inside 3 standard squares (0.5 x 0.5 m). Samples were stored in cool containers before being brought back to the laboratory. Coverage of *H. beccarii* was determined at the sampling sites by standard square method based on the guidelines of Mckenzie (2003) and McKenzie & Campbell (2002). All samples of *H. beccarii* would be transported to the laboratory of plant physiology, Department of Biology, University of Education, Hue University.

*** Analysis in the laboratory:** The samples were stored in the refrigerator. Samples were washed and determined the number of leaves per the shoot, the number of shoot and flowers, measuring the shoot length, leaf length, leaf width, petiole length, rhizomes diameter, and internodes length.

2.2.3. Sampling method and data collection about morphology, distribution, reproduction, and build of distribution maps of *N. indica*

Similar to the *H. beccarii* species, at each sampling site the biomass of *N. indica* was collected inside 3 standard squares (0.5 x 0.5 m) randomly arranged inside the meadow. Coverage of *N. indica* was determined at each sampling site by using the standard square method of Mckenzie and McKenzie & Campbell. In the laboratory, in each standard square, 30 *N. indica* shoots were randomly selected to determine shoot length (main choot), leaf length, internode length, and shoot diameter. Morphological traits of both *H. beccarii* and *N. indica* species were measured by electronic calipers . The whole biomass of both *H. beccarii* and *N. indica* species was washed with tap water, drained and put in the drying oven. Plant biomass was dried at 60⁰ C until the weight remained constant, then removed to cool and weighed to determine dry biomass (g DW m^{- 2}).

****Building the distribution map of the *H. beccarii* and *N. indica****

The map of coverage and density distribution of two species *H. beccarii* and *N. indica* was built by using QGIS 3.6 software.

2.2.4. Method to examine the effect of salinity on the growth of two species *H. beccarii* and *N. indica*

**** The experiment to examine the effect of salinity on the growth of *H. beccarii****

*Collection of *H. beccarii* rhizomes and sediments:* Rhizome fragments of *H. beccarii* were collected in the Cau Hai lagoon.

Experiment design: The experiment was designed in an outdoor experimental area of the Faculty of Environment, University of Science, Hue University. The experiments were performed for 12 weeks. The experimental design consists of five glass aquarium tanks (70 × 40 × 44 cm), 20 plastic boxes (26 × 20 × 18 cm), and five water filters for filtering and circulating water. Freshwater (tap water) and sea salt were used to prepare the water for different salinity treatments. Based on the salinity where the seagrass distributed in the field we tested five salinities 0‰, 5‰, 10‰, 15‰, and 20‰. A 0.5 mm mesh diameter sieve was used to remove coarse gravel and plant materials from the sediments. Then they were put in plastic boxes to make a 5-cm substrate layer. The *H. beccarii* rhizome fragments were carefully selected and planted immediately. Twelve rhizome fragments were planted in each plastic box. Four planting boxes were placed in each glass aquarium tank for salinity treatments.

Experiment monitoring and data collection: The number of rhizome fragments of *H. beccarii* was monitored weekly. The elongation of the rhizome fragments was marked by using small wooden sticks. Morphological traits such as leaf length, leaf width, petiole length, and shoot length were determined at the 8th week of the experimental period.

The number of shoots of *H. beccarii* was determined at two time points: after 8 weeks and at the end of the experiment (after 12 weeks).

The experiment to examine the effect of salinity on the growth of *N. indica

Collection of N. indica shoots and sediments: *N. indica* shoots and sediments were collected from the meadow of *N. indica* with a water depth of 1.2 m and a salinity of 8.8‰ in the Cau Hai lagoon.

Experimental design: The *N. indica* cultural experiment was arranged in the same location as the *H. beccarii* cultural experiment mentioned above. The experiment was lasted for 8 weeks. The experimental system consisted of six glass tanks (70 × 40 × 44 cm) of salinities 0‰, 5‰, 10‰, 15‰, 20‰ and 25‰; 24 plastic boxes (26 × 20 × 18 cm) were used to grow the *N. indica* shoots. The water environment, medium, glass tanks, plastic boxes, and circulating water filter were performed in the same way as the cultural experiment of *H. beccarii* described above. Water salinity was measured using a HORIBA multi-parameter meter. Selected 30 *N. indica* shoots with shoots and roots intact and grew them in 3 rows in each plastic box. 4 plastic boxes planted (corresponding to 4 replicates) were placed in a glass tank.

Experiment monitoring and data collection: The number of internodes, the number of branches per shoot, leaf length, shoot length, and accumulated biomass of *N. indica* were determined at the end of the experiment. The growth rate of the rhizome of *H. beccarii* and the *N. indica* shoot was determined by formula (2):

$$G = \frac{L_{i+1} - L_i}{t} \quad (2)$$

In which: G: Is the growth rate of rhizomes/shoot (mm/day)

L_{i+1} : Length of rhizome/shoot at previous measurement (mm)

L_i : Length of rhizome/shoot at next measurement (mm)

t: Time between each measurement (3 days)

The water level in the glass tanks was stabilized at 25 cm during the experimental period. Water environment factors such as pH, salinity, turbidity would be checked and adjusted every 3 days. Experiments were carried out in a covered outdoor laboratory, so factors such as air temperature and lighting conditions closely resemble natural conditions. At the end of the experimental period, the whole biomass of *H. beccarii* and *N. indica* was harvested. Grass samples were washed and the number of shoots (*H. beccarii* species) counted. The biomass of *H. beccarii* and *N. indica* was dried at 60⁰ C until the weight remained constant, then cooled and weighed to determine the dry biomass (g DW) accumulated in each experimental salinity for each species.

*** *The experiment to examine the effect of salinity on seedling germination and seedling growth in N. indica species***

Experimental preparation: Seeds of *N. indica* and sediments were collected at the same location with *N. indica* meadow in the Cau Hai lagoon. Using tap water and sea salt to prepare the water environment for 5 experimental salinity levels 0‰, 5‰, 10‰, 15‰, and 20‰ in 5 glass tanks (70 × 40 × 44 cm). Salinity of the cultural medium was prepared in the same way as the two experiments above. Sediments used as substrate were sieved through a sieve with mesh of 0.3 mm, then put into plastic boxes (26 × 20 × 18 cm).

Experimental design: The experimental period lasted for 28 days. The plastic boxes were prepared, each box was sown with 300 seeds of *N. indica*. The 3 boxes (corresponding to 3 replicates) that had been seeded were placed in a glass tank.

Experiment monitoring and data collection: From the 7th day of the experimental period, the seedling length was measured with a frequency of every 3 days. The number of seedlings and some morphological

characteristics of seedlings such as leaf length, internode length, number of internodes, and number of branches at salinities would be determined at the end of the experiment. Salinity and water environmental factors as pH, turbidity were checked every 3 days. Lighting mode, light intensity and air temperature are close to natural conditions.

2.2.5. Data analysis

IBM SPSS Statistics Version 20 software was used for graphing and analyzing study data. Before analyzing the data, the variables were tested for normal distribution by Shapiro-Wilk Test. The difference between the variables tested by Friedman ANOVA and post-test by Wilcoxon; or Repeated Measures ANOVA or One-Way ANOVA and post-test by Duncan. The correlation between the variables tested by the Spearman or Pearson method depends on the normal distribution of the variables.

Chapter 3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. The distribution of *H. beccarii* and *N. indica* in the Cau Hai lagoon

3.1.1. The environmental factors in the Cau Hai lagoon

The salinity of the lagoon during the survey period ranged from 0,1 to 20,6‰, the average was $9,3 \pm 0,2\%$. Salinity had a significant difference in months ($\chi^2_{(14, n = 21)} = 224,1; p < 0,0001$), the highest salinity in September 2018 ($14,8 \pm 0,4\%$), and the lowest salinity in January 2019 ($1,5 \pm 0,2\%$). The sites were located in the southeast area of the lagoon with high average salinity ($9,9 - 12,7\%$); sites along the northwest of the lagoon had lower average salinity ($4,8 - 9,3\%$), ($\chi^2_{(20, n = 15)} = 196,8; p < 0,0001$). Water temperature from 20,7 to 34,8°C, mean of $29,6 \pm 0,2^{\circ} \text{C}$. The highest water temperature in July 2018 ($33,2 \pm 0,2^{\circ} \text{C}$), and the lowest in January 2019 ($24,4 \pm 0,2^{\circ} \text{C}$), ($\chi^2_{(14, n = 21)} = 270,9; p < 0,0001$). Water temperature had a significant difference in the sites ($\chi^2_{(20, n = 15)} = 75,9; p < 0,0001$), but the difference was not large at the same time of the survey and the average

value of temperature between the sites was only about 2⁰C. The depth ranged from 0,2 to 2,4 m, mean of 1,2 ± 0,02 m. The highest depth in November 2018 (1,7 ± 0,08 m), and lowest in July 2019 (0,9 ± 0,08 m), (*r*_{MA}, F = 334,7; p < 0,0001). Sites at the edge of the lagoon had shallow water levels (0,5 – 0,9 m); the remaining sites had greater depth (1,2 – 1,8 m), ($\chi^2_{(20, n = 15)} = 247,8$; p < 0,0001). CH6 site had the highest depth was 1,9 ± 0,04 m and the lowest depth was recorded at CH20 (0,5 ± 0,05 m). Turbidity ranged from 0 to 75,1 NTU, mean of 10,2 ± 0,6 NTU, highest in July 2018 (16,2 ± 3,9 NTU) and lowest in November 2018 (4,4 ± 0,9 NTU), ($\chi^2_{(14, n = 21)} = 62,3$; p < 0,0001). The two sites with the highest turbidity included CH20 (19,6 ± 5,1 NTU) and CH21 (18,5 ± 3,8 NTU), ($\chi^2_{(20, n = 15)} = 83,5$; p < 0,0001). pH ranged from 4,1 to 9,9 and mean of 7,6 ± 0,07, highest in Mach 2019 (8,8 ± 0,2) and lowest in November 2019 (6,2 ± 0,05), ($\chi^2_{(14, n = 21)} = 101,4$; p < 0,0001). The pH was relatively uniform at the survey sites and there was no statistically significant difference. Concentration N-NO₃⁻ and P-PO₄³⁻ of the water environment ranged from 0,006 mg/l to 0,573 mg/l and 0,001 – 0,429 mg/l, and mean 0,11 ± 0,006 mg/l and 0,05 ± 0,004 mg/l. Concentration N-NO₃⁻ and P-PO₄³⁻ had a difference ($\chi^2_{(10, n = 21)} = 124,9$; p < 0,0001), ($\chi^2_{(10, n = 21)} = 137,6$; p < 0,0001), respectively. N-NO₃⁻ concentration was the highest in November 2018 (0,233 ± 0,01 mg/l) and lowest in July 2019 (0,044 ± 0,003 mg/l). N-NO₃⁻ concentration of the water environment had no difference at the survey sites. P-PO₄³⁻ concentration was the highest in May 2018 (0,151 ± 0,01 mg/l) and lowest in July 2018 (0,014 ± 0,001 mg/l). P-PO₄³⁻ concentration of the water had significant difference at the sites ($\chi^2_{(10, n = 21)} = 35$; p = 0,02), highest at CH21 (0,123 ± 0,03 mg/l) and lowest at CH12 (0,02 ± 0,01 mg/l). N-NO₃⁻ concentration of sediment environment from 0,014 to 0,811 mg/kg and mean of 0,319 ± 0,024 mg/kg. N-NO₃⁻

concentration had a difference in months ($\chi^2_{(4, n = 21)} = 16,2$; $p = 0,003$), lowest in November 2018 ($0,152 \pm 0,042$ mg/kg) and highest in May 2018 ($0,587 \pm 0,029$ mg/kg). N-NO_3^- concentration was highest at CH2 ($0,599 \pm 0,119$ mg/kg) and lowest at CH20 ($0,161 \pm 0,069$ mg/kg), ($\chi^2_{(20, n = 5)} = 56,3$; $p < 0,0001$). P-PO_4^{3-} concentration from 0,103 to 4,532 mg/kg and mean $1,336 \pm 0,085$ mg/kg, highest in January 2019 ($1,933 \pm 0,198$ mg/kg) and lowest in July 2018 ($0,968 \pm 0,144$ mg/kg), ($\chi^2_{(4, n = 21)} = 16,2$; $p = 0,003$). P-PO_4^{3-} concentration was highest at CH21 ($3,063 \pm 0,604$ mg/kg) and lowest at CH19 ($0,596 \pm 0,259$ mg/kg), ($\chi^2_{(20, n = 5)} = 42,5$; $p = 0,002$).

3.2. Morphological characteristics, distribution, and reproduction of *H. beccarii* in the Cau Hai lagoon

3.2.1. Morphological characteristics of *H. beccarii*

H. beccarii in the Cau Hai lagoon has shoot length ranged of 2,3 – 49,1 mm, mean of $15,1 \pm 0,3$ mm. There are of 4 - 12 leaves per shoot, the average is $6,6 \pm 0,07$ leaves. Rhizomes internode length is of 6,6 – 30,7 mm, mean of $16,7 \pm 0,3$ mm. Rhizome diameter of 0,25 – 1,0 mm, mean of $0,6 \pm 0,01$ mm. The leaves of *H. beccarii* are long elliptical, the leaf length is from 2.0 to 25.9 mm and the average is 17.4 ± 0.1 mm; leaf width is from 0.3 to 2.6 mm, the average is 1.7 ± 0.01 mm. The leaf has three longitudinal veins, the veins run parallel and converge at the leaf tip, the leaf had no transverse veins. The petiole is longer than the leaf and has a length of 3.7 - 39.0 mm, with an average of 18.9 ± 0.3 mm.

3.2.2. The distribution of *H. beccarii*

The seagrass *H. beccarii* species was presented in 13/21 survey sites. The average values of cover, biomass, and shoot density of *H. beccarii* in the Cau Hai lagoon were determined of $37,8 \pm 3,4$ %, $13,6 \pm 1,6$ g DW m^{-2} , $1.923,6 \pm 211,2$ shoot/ m^2 , respectively. Statistical analysis results showed that

the meadows of the species had significant differences in coverage ($\chi^2_{(12, n=11)} = 42,6$, $p < 0,0001$), biomass ($\chi^2_{(12, n=11)} = 41,5$, $p < 0,0001$), and shoot density ($\chi^2_{(12, n=11)} = 41,9$, $p < 0,0001$) at sampling sites. Coverage, biomass, and shoot density of *H. beccarii* were highest at CH1 of $76,2 \pm 9,8$ %, $26,2 \pm 6,1$ g DW m^{-2} , $3388,3 \pm 634,9$ shoot/ m^2 and lowest at CH17 of $6,4 \pm 6,4$ %, $1,36 \pm 1,36$ g DW m^{-2} , $755,1 \pm 755,1$ shoot/ m^2 , respectively. There was a significant difference in coverage ($\chi^2_{(10, n=13)} = 53,3$, $p < 0,0001$), shoot density ($\chi^2_{(10, n=13)} = 57,2$, $p < 0,0001$), and biomass in months ($\chi^2_{(10, n=13)} = 66,9$, $p < 0,0001$). Coverage, shoot density, and biomass of the species, all peaked in January 2019 of $77,1 \pm 10,2$ %, $5527 \pm 1082,2$ shoot/ m^2 and $39,4 \pm 8,5$ g DW m^{-2} , respectively. The lowest coverage and density were the lowest in July 2019 with $4,9 \pm 2,6$ %, $224 \pm 114,9$ shoot/ m^2 , respectively, but biomass was the lowest in November 2019 of $2,3 \pm 1,6$ g DW m^{-2} . Our survey results in two years 2018 and 2019 combined with the records of Phan Thi Thuy Hang (from 2015 to 2017) could see that, the distribution of seagrass *H. beccarii* species in the Cau lagoon had unclear seasonality. The growth of *H. beccarii* started from the early rainy season of the previous year and lasted until the end of the dry season of the following year, in which, the period with biomass, coverage, and high shoot density was from November 2018 to March 2019. The study showed that salinity and water temperature were correlated with the biomass of *H. beccarii* ($r = -0,3$, $p = 0,03$, $n = 39$) and ($r = -0,4$, $p = 0,006$, $n = 39$). The biomass of the species was strongly correlated with precipitation ($r = 0,8$, $p = 0,05$, $n = 6$). Therefore, with the conditions of salinity (0.1 - 20.6‰) and water temperature (20.7 - 34.8 °C) of Cau Hai lagoon, the biomass of *H. beccarii* increased with increasing precipitation and the salinity and water temperature decrease.

3.2.3. Reproductive characteristics of *H. beccarii*

3.2.3.1. Traits of reproductive organs of *H. beccarii*

H. beccarii in the Cau Hai lagoon was monoecious. The male of the plant arise at the apex of the shoot. The young male were surrounded by two spathes. Male had peduncles length up to 9.8 mm, with 3 light brown petals, the petals were elliptical, convex, oblong. Each male had 3 anthers, the anthers had no stalk. The pollen grains of *H. beccarii* had an elongated oval shape with chains of 2-8. The female had no flower stalk, located deep in the leaf axils, inside the flower had an ovary with a size of 1.4 × 3.8 mm, the ovary contained from 2 to 4 ovules. The female had a style length from 13-18 mm, the top of the style was divided into two branches, the end of the branches was curled up like tassels. The fruit was oval, curved at the top, the top of the fruit had a short curved proboscis. Each fruit contained from 1 to 4 seeds, the seeds were oval in shape; The seed coat was dark brown and reticulated veins.

3.2.3.2. Flowering, fruiting, and seed of *H. beccarii*

H. beccarii in the Cau Hai lagoon had the density of male, female, fruit, and seeds with 9.3 ± 2.7 flowers/m², 6.4 ± 2.1 flowers/m², 11.9 ± 4.6 fruits/m², 16.5 ± 6.6 seeds/m², respectively. Male, female, and fruits of the species were the highest density at CH5 of 17.5 ± 9.8 flowers/m², 12.3 ± 8.8 flowers/m², 20.9 ± 17 fruits/m², respectively, while the highest fruit density recorded at the CH20 was 29.7 ± 23.8 fruit/m². At CH13 site, flowering was observed only in May 2018 with the number of male, female, fruits, and seeds was low of 9.3 ± 1.3 flowers/m², 64 ± 29.4 flowers/m², 20 ± 6.1 fruits/m², 26 ± 5.2 seeds/m², respectively. During the study period, we found that flowers and fruits of *H. beccarii* were observed from March to June 2018 and from February to March 2019. Statistical analysis showed that there was a significant difference in male density ($\chi^2_{(14, n=5)} = 27,8$, $p = 0,01$), female ($\chi^2_{(14, n=5)} = 27,8$, $p = 0,01$), fruit ($\chi^2_{(14, n=5)} = 31,7$, $p = 0,004$), and seed ($\chi^2_{(14, n=5)} = 31,7$, $p = 0,004$) in months. In 2018, flowers, fruits, and seeds of *H. beccarii* were observed from March. In

April, the species had the highest density of flowers, fruits, and seeds with the number of male, female, fruits, and seeds of 50.1 ± 22.8 flowers/m², 44.4 ± 23.7 flowers/m², 72.2 ± 46.6 fruits/m², 87.8 ± 49.4 seeds/m², respectively. Then, the number of flowers, fruits, and seeds of the species decreased sharply in the following months and the lowest in June was 15.1 ± 11.2 flowers/m², 6.2 ± 4.7 flowers/m², 4 ± 4 fruits/m², 5.6 ± 5.6 seeds/m², respectively. In 2019, flowers, fruits, and seeds were observed in February with the density of male flowers, female flowers, fruits, and seeds of 30.1 ± 20.2 flowers/m², 15.5 ± 11.6 flowers/m², 4.4 ± 4.4 fruits/m², 6.1 ± 6.1 seeds/m², respectively. The density of flowers decreased sharply in March with 10.0 ± 6.1 flowers/m², 5.1 ± 3.1 flowers/m², respectively; but the fruit and seed density was higher than in February, respectively 43.1 ± 30.3 fruits and 52.5 ± 34.1 seeds, respectively. The water salinity had a moderate correlation with the density of flowers, fruits, and seeds ($r = -0.5$, $p < 0.05$; $n = 13$) of *H. beccarii*. In the distribution area of the species in the Cau Hai lagoon with water salinity from 0.1 to 20.6‰, the increase salinity would reduce the density of flowers, fruits, and seeds of the species.

3.3. Morphological characteristics, distribution, and reproduction of *N. indica* in the Cau Hai lagoon

3.3.1. Morphological characteristics of *N. indica*

Najas indica (Willd.) Cham. in the Cau Hai lagoon, the shoot length was up to 156 cm, with an average of 44.6 ± 2.9 mm; shoot diameter from 0.2 to 0.7 mm and the average of 0.6 ± 0.01 mm. The main shoot consisted of many internodes, the internodes length was from 0.2 to 81.1 mm, with an average of 36.9 ± 1.7 mm. Leaves grew opposite, hard, and brittle; serrated leaf margins; leaf length from 8.7 to 4.3 mm. The roots of *N. indica* were cluster roots, the roots could grow from the shoot nodes.

3.3.2. The distribution of *N. indica*

The *N. indica* species was widely distributed in the Cau Hai lagoon, presented in 10/21 sites with an average coverage of $22.7 \pm 3.5\%$ and biomass of $31.7 \pm 5.9 \text{ g DW m}^{-2}$. The biomass and coverage of the species had a difference at sites ($\chi^2_{(9, n=11)} = 22.2, p = 0.008$), ($\chi^2_{(9, n=11)} = 25.5, p = 0.002$), respectively. Four sites including CH4, CH11, CH12, and CH18 had abundant *N. indica* meadows with high coverage of $48.1 \pm 14\%$, $43.1 \pm 13.3\%$, $26.8 \pm 13.7\%$, $24.4 \pm 11.8\%$, and biomass of $66.5 \pm 22.9 \text{ g DW m}^{-2}$, $65.6 \pm 24.5 \text{ g DW m}^{-2}$, $54.6 \pm 31, 2 \text{ g DW m}^{-2}$, $36.5 \pm 14.3 \text{ g DW m}^{-2}$, respectively, (TB \pm SE, n = 11). Remaining 6 sites had *N. indica* to grow with the seagrass *H. beccarii*, so the *N. indica* species had a lower coverage and biomass, the lowest was recorded at CH19 ($5.1 \pm 5.1\%$; $1.9 \pm 1.9 \text{ g DW m}^{-2}$). The distribution area of the *N. indica* meadows was expanded corresponding to the number of distribution sites of the species increased from May 2018 (3 sites) to September 2018 (9 sites), then decreased to 3 sites in the following in January 2019. However, during the survey trip in March 2019, the number of species presence sites increased again to 7 sites, then decreased to 4 sites in May 2019 and the species completely disappeared from July to November 2019. The coverage of *N. indica* gradually increased from May 2018 ($23.3 \pm 12.5\%$), July 2018 ($49.3 \pm 15.1\%$), the species had a highest coverage in September 2018 ($58.3 \pm 10.8\%$), the species continued to maintain high coverage in November 2018 ($51.5 \pm 14.5\%$). In January 2019, the coverage of *N. indica* decreased sharply ($6.7 \pm 3.6\%$), however it increased in March 2019 ($36.8 \pm 14.4\%$), the coverage of the species continued to significantly decreased in May 2019 ($26.7 \pm 12.1\%$), ($\chi^2_{(10, n=10)} = 45.9, p < 0.0001$). The biomass of the species reached its maximum in July 2018 ($93.6 \pm 35.6 \text{ g DW m}^{-2}$), and the lowest in January 2019 ($5.5 \pm 2.9 \text{ g DW m}^{-2}$), ($\chi^2_{(10, n=10)} = 47.9, p < 0.0001$), from July to November 2019, the species was decayed completely with a biomass of 0 g DW m^{-2}

Coverage and biomass of *N. indica* had a weak correlation with water salinity ($r = 0.28$, $p = 0.007$, $n = 90$; $r = 0.32$, $p = 0.01$, $n = 90$) and temperature ($r = 0.26$, $p = 0.01$, $n = 90$; $r = 0.28$, $p = 0.02$, $n = 90$). In the range of distribution salinity of *N. indica* ($< 15\text{‰}$) and water temperature (20.7 - 34.8 °C) of the Cau Hai lagoon environment, the biomass and coverage of the species increased with increase of salinity and temperature, however, this correlation was weak. Biomass of *N. indica* was closely correlated with air temperature ($r = 0.71$; $p = 0.04$); the biomass of *N. indica* increased with the air temperature increases.

3.3.3. The reproductive traits of *N. indica*

N. indica is a monoecious species. The large female flower is located in the leaf sheath, the flower has a pistil, the ovary contains a large, long oval ovule. Small male flowers are located in the leaf sheath, each flower has 3 long filament and an oval anther, the pollen grains are spherical. The fruit has a long oval shape, each containing one seed. Seeds are long oval; the seed coat is brown and has hexagonal veins. The study showed that *N. indica* in the Cau Hai lagoon has a high seed density (2765 ± 790 seed/m²) and changed in space and time. Seed density had a significant difference in the survey months (FA , $\chi^2_{(9, n = 10)} = 31.9$, $p < 0.0001$), the lowest in May 2018 and July/ 2018 was of 94.5 ± 21.1 seed/m² and 83.5 ± 12.7 seed/m², and the highest was in September 2018 (7811.6 ± 4893.9 seed/m²) and November 2018 (7831.2 ± 4646.8 seed/m²). There was a difference in the seed density at sites (FA , $\chi^2_{(9, n = 10)} = 50.94$, $p < 0.0001$). The highest sees density was at CH4 (16739.6 ± 5662.2 seed/m²), and lowest at CH19 (103.3 ± 31.7 seed/m²). The results of examining the correlation between the seed density of *N. indica* with the coverage, biomass and environmental factors showed that the seed density was moderate correlated with the coverage ($r = 0.4$, $p < 0.0001$, $n = 80$) and biomass ($r = 0.4$, $p < 0.0001$, $n = 80$) of the

species. Seed density increased with the increase of coverage and biomass the species. Seed density in the sediments of *N. indica* was correlated with water environmental factors such as temperature ($r = -0.3$, $p = 0.003$, $n = 80$), turbidity ($r = -0.3$, $p = 0.006$, $n = 80$), and depth ($r = 0.3$, $p < 0.0001$, $n = 80$). The seed density of *N. indica* was closely correlated with rainfall ($r = 0.7$, $p = 0.03$, $n = 8$).

3.4. The effect of salinity on growth of *H. beccarii* and *N. indica* in the cultural condition

3.4.1. The effect of salinity on the growth of *H. beccarii*

*** *Survival and growth rate of H. beccarii***

Rhizome fragments of *H. beccarii* were collected from the Cau Hai lagoon were grown at salinity levels of 0‰, 5‰, 10‰, 15‰, and 20‰. Experimental results showed that the salinity had an effect on the survival of *H. beccarii* rhizome fragments. The rhizome fragments of *H. beccarii* survived and continued the growth in the salinity range from 0‰ to 20‰. There was a significant difference in survival rate of *H. beccarii* rhizome fragments at different salinities (ANOVA, $F = 14.04$, $p < 0.0001$). Rhizomes of *H. beccarii* had survival rate of 100% at salinity of 5‰ and 10‰, this rate was significantly reduced at salinity of 15‰ and 20‰ of $81.3 \pm 2.1\%$ and $66.7 \pm 3.4\%$, respectively, the lowest survival rate at 0‰ salinity was of $33.3 \pm 3.4\%$. The growth rate of *H. beccarii* rhizomes was significantly different at salinities (FA , $\chi^2_{(4, n = 128)} = 134.1$, $p < 0.0001$). The growth rate of the species was maximum at 10‰ (4.4 ± 0.2 mm/day) and lower at salinities at 5‰ (3.45 ± 0.15 mm/day), 15‰ (3.9 ± 1.2 mm/day), and 20‰ (3.3 ± 0.2 mm/day), at 0‰ the species had the lowest growth rate (0.9 ± 0.1 mm/day).

****Morphological characteristics of H. beccarii at experimental salinities***

There was a significantly different about leaf length (ANOVA, $F = 60,9$, $p < 0,0001$), petiole length (ANOVA, $F = 35$, $p < 0,0001$), leaf width (ANOVA, $F = 23.5$, $p < 0.0001$), and shoot length (ANOVA, $F = 92.7$, $p < 0.0001$) of *H. beccarii* in experimental salinities. At the salinity of 10‰ and 15‰ the species had leaf length (20.5 ± 0.3 mm; 20.1 ± 0.3 mm), and longest petiole length (18.9 ± 0.4 mm; $18,3 \pm 0.3$ mm), largest leaf width (2.6 ± 0.05 mm; 2.5 ± 0.06 mm). In contrast, at the salinity of 0‰, the species had the shortest leaf length (15.8 ± 0.2 mm) and petiole length (14.2 ± 0.3 mm), and the smallest leaf width (2.08 ± 0.04 mm). The shoot length of the species reached a maximum at salinity of 10‰ (23.1 ± 0.7 mm), and the lowest was of 0‰ (8.9 ± 0.2 mm). After 2 - 3 days of planting the species began to form new shoot which brought from 3 to 4 leaves. The number of leaves per shoot from 2 to 12 leaves and an averages of 7.2 ± 0.1 leaves. The number of leaves was a significantly different at salinities (FA, $\chi^2_{(4, n = 40)} = 87.2$, $p < 0.0001$). The highest number of leaves recorded at salinity of 10‰ was 8.7 ± 0.2 leaves, in the remaining salinities, the number of leaves was lower and the lowest recorded at 0‰ was 5.0 ± 0.2 leaves. Therefore, the values of morphological characteristics (leaf length, leaf width, petiole length, and shoot length) were maximum at 10‰ salinity and lowest at 0‰. Leaf width tended to be wider at salinity $> 10\%$; while the highest shoot length was recorded at salinity of 5-10‰.

**** The number of shoots and the accumulated biomass of H. beccarii***

The number of shoots of *H. beccarii* at different salinities was determined after 8 weeks of experimental period. Statistical analysis results showed that there was a significant difference in the number of shoots of *H. beccarii* at different salinities (ANOVA, $F = 26.39$, $p = 0.0001$), in which the

number of shoots was the highest at salinity of 5‰ (466 ± 50.03 shoots) and 10‰ (351.5 ± 30.6 shoots), the number of shoots decreased significantly at 15‰ (219 ± 25.1 shoots) and 20‰ (170 ± 31.1 shoots) and the lowest number of shoots at 0‰ (43.0 ± 63.3 shoots). The number of shoots of *H. beccarii* was determined at the end of the experiment (after 12 weeks). The number of shoots of the species was a significantly different at the experimental salinities (ANOVA, $F = 32.22$, $p < 0.0001$). The highest number of shoots was recorded at salinity of 5‰ (955.00 ± 131.23 shoots), the number of shoots decreased significantly at salinity of 10‰ (224.5 ± 77.4 shoots), 15‰ (74.5 ± 36.8 shoots), 0‰ (25.8 ± 7.5 shoots) and low at salinity of 20‰ (10.5 ± 7.1 shoots). Therefore, the salinity of 5-10‰ the *H. beccarii* species had the highest number of shoots, in which the difference in number of shoots at salinity of 5‰ compared to other salinities was quite large. Salinity effected on the number of shoots thus which effected on the accumulated biomass of *H. beccarii*. Statistical analysis showed that there was a significant difference in the cumulative biomass of *H. beccarii* at different salinities after 12 weeks of the experimenta period (ANOVA, $F = 19.2$, $p < 0.0001$). The biomass of *H. beccarii* was highest at salinity of 5‰ was 4.65 ± 0.48 g DW, the biomass of the species tended to decrease at salinities of 10‰, 15‰, and 20‰ with 80 ± 0.68 g DW, 1.18 ± 0.36 g DW, 0.36 ± 0.29 g DW, respectively. The lowest species biomass recorded at 0‰ was 0.23 ± 0.06 g DW. This result showed that the salinity level of 5‰ was the highest cumulative biomass of the *H. beccarii* species.

3.4.2. The effect of salinity on the growth of *N. indica*

*** *Survival and growth rate of N. indica***

Survival rate of *N. indica* shoots was a significantly difference at the salinities (ANOVA, $F = 189.7$, $p < 0.0001$). In the first week after growing, the *N. indica* shoots were completely dead at the salinity of 20‰ and 25‰,

the remaining salinities the survival rate of shoots gradually decreased with increase of the salinity from 0‰, 5‰, 10‰, and 15‰ were of $75.50 \pm 2.47\%$, $70.75 \pm 5.25\%$, $65.50 \pm 2.06\%$, and $23.75 \pm 1.44\%$, respectively. Experimental results showed that *N. indica* from Cau Hai lagoon survived and continued to grow at the salinity from 0‰ to 15‰. The salinity of 20‰ and 25‰ with the *N. indica* shoots were completely died. *N. indica* has the highest growth rate at 10‰ salinity of 13.18 ± 0.68 mm/day and lowest at 15‰ salinity of 8.98 ± 0.55 mm/day, (ANOVA, $F = 9.3$, $p < 0.0001$). The survival and growth rate of *N. indica* in this experiment showed that the ecological limit on salinity of the species was 0 - 15‰, in which 10‰ was the most suitable salinity for the growth of *N. indica* species.

*** Morphological characteristics of *N. indica* at experimental salinities**

Statistical analysis showed that there was a significant difference in salinities in shoot length (ANOVA, $F = 67.4$, $p < 0.0001$), leaf length (ANOVA, $F = 20.5$, $p < 0.0001$), number of branch (ANOVA, $F = 23.9$, $p < 0.0001$), and number of internodes per shoot (ANOVA, $F = 34.5$, $p < 0.0001$). The highest shoot length of *N. indica* was recorded at 10‰ salinity (743.9 ± 5.5 mm), the shoot length was the lowest at 15‰ (508.6 mm). The leaf length was longest at salinity 0‰ (25.67 ± 0.35 mm), leaf length tended to decrease with increase of salinity and the lowest was determined at 15‰ (21.3 ± 0.3 mm). The number of branches of the species was highest at salinity 5‰ (27.7 ± 1.6 branches) and lowest at 15‰ (15.9 ± 0.9 branches). But the highest number of internodes was recorded at the salinity of 10‰ (28.1 ± 0.2 internodes) and the lowest at 0‰ (20.8 ± 0.3 internodes) and 5‰ (20.3 ± 0.9 internodes). The shoot length and the number of branches had the maximum value at salinity from 5 to 10‰. While the number of internodes had a higher value at 10 - 15‰ salinity and leaf length tended to decrease with increasing salinity.

*** *The accumulated biomass of N. indica***

Experimental results showed that the biomass of *N. indica* at salinities 0‰, 5‰, 10‰, and 15‰ were 0.80 ± 0.19 (g DW), 5.84 ± 0.51 (g DW), 5.99 ± 1.03 (g DW), and 3.19 ± 0.26 (g DW), respectively. Statistical analysis showed that the biomass of *N. indica* was significantly different at salinity levels (ANOVA, $F = 17$, $p < 0.0001$). The highest species biomass was recorded at salinity 5‰-10‰ and the lowest at 0‰.

3.4.3. Effect of salinity on seedling germination and growth of seedlings of *N. indica*

*** *The number of seedlings of N. indica***

Seedlings of *N. indica* species were observed at salinities 0‰, 5‰, 10‰, and 15‰, at the salinity 20‰ no seedlings were recorded during the experiment period. Statistical analysis showed that the number of seedlings was significantly different in salinities (ANOVA, $F = 94.9$, $p < 0.0001$). The number of seedlings was higher at salinity 0‰ (50 ± 2.5 seedlings) and highest at 5‰ (104.7 ± 5.5 seedlings). The number of seedlings of the species significantly decreased at the salinity of 10‰ (32.3 ± 3.8 seedlings) and the lowest was recorded at 15‰ (13 ± 3.8 seedlings). This result showed that the salinity requirement for seedling germination from seeds of the *N. indica* species was quite low (0 - 5‰), in which 5‰ was recorded as the most suitable salinity.

*** *Seedling growth of N. indica***

Statistical analysis results showed that the growth rate of seedlings of *N. indica* species was significantly different at salinities (ANOVA, $F = 8.3$, $p < 0.0001$). The seedling growth rate was maximal at salinity of 5‰ (3.2 ± 0.5 mm/day) and significantly decreased at 0‰ (1.9 ± 0.3 mm/day) and 10‰ (1.7 ± 0.2 mm/day), the lowest seedling growth rate was recorded at 15‰ salinity (1.0 ± 0.2 mm/day). This result showed that the number of seedlings and the growth rate at the seedling stage of the *N. indica* species both peaked at salinity of 5‰ and 0‰. At the salinity from 10 to 15‰, the number of seedlings and the growth rate of seedlings were significantly

lower, and the lowest was at 15‰. Thus, the most suitable salinity for growth at seedling stage of *N. indica* species was 0 - 5‰.

There were significant differences in several morphological characteristics of seedlings such as seedling length, number of internodes, and leaf length (ANOVA, $p < 0.0001$). Seedling length and number of internodes were maximum at salinity of 5‰ (82.7 ± 2.7 mm; 5.5 ± 0.2 internodes) and lowest at salinity of 15‰ (25.7 ± 2.6 mm; 2.6 ± 0.2 internodes). The longest leaf length of seedlings was recorded at salinity 0‰ (25.4 ± 0.8) and tended to decrease with increasing salinity from 5‰, 10‰ and 15‰ was 23.3 ± 0.7 mm; 21.5 ± 0.7 mm; 21.6 ± 0.6 mm, respectively. Thus, the results of this experiment showed that salinity had a clear effect on seedling germination from seeds in the *N. indica* species. Seeds of the species only germinate and form seedlings at the salinity range from 0 - 15‰. In which, the range of the salinity from 0‰ to 5‰ was the most suitable. This result proved that the salinity requirement for germination and growth in the seedling stage of the *N. indica* species from the Cau Hai lagoon was significantly lower (0 - 5‰) than in the adult stage (5 - 10 ‰).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

1. Conclusions

1. Environmental factors (salinity, temperature, depth, turbidity, pH, N-NO_3^- and P-PO_4^{3-} in water and sediments) in the Cau Hai lagoon had spatial and time change, in which salinity, water temperature, and depth were most clearly change. The salinity ranged from 0.1 to 20.6‰, reached low values in the rainy season and at areas near the mouth of Dai Giang river, Truoi river, Cau Hai river (northwest of the lagoon); salinity was higher in the dry months and at areas in the southeast of the lagoon. Water temperatures ranged from 20.7°C to 34.8°C with an average seasonal variation of about 7.8°C and between survey sites about 2°C . The depth at

the survey sites ranges from 0.2 - 2.4 m with an average value of 1.2 m. The depth of the rainy season was greater than that of the dry season, with the largest difference between the two seasons was 0.8 m.

2. The seagrass *H. beccarii* was widely distributed in the Cau Hai lagoon and change in space and time. The *H. beccarii* populations distributed mainly in the center of the lagoon towards the southeast – an area with high and stability salinity (10.4 – 12.8‰) of the lagoon. The distribution of *H. beccarii* was seasonal, and the growing season of the species started from the early rainy season of the previous year and lasted until the end of the dry season of the following year. The period when the species populations were abundant that coincided with the rainy season months (from September 2018 to March 2019), in which coverage, density, and biomass of the species peaked in January 2019. Salinity, water temperature, and rainfall were factors that effected on the distribution of *H. beccarii* in the Cau Hai lagoon.

Sexual reproduction of *H. beccarii* only occurred only in several coastal populations and was seasonal. The flowering and fruiting period of the species coincided with in the dry months (from February to June), in which the highest density of flowers, fruits, and seeds in April 2018. Water salinity was a factor which effected on the flowering, fruiting, and seeds of the *H. beccarii* species in the Cau Hai lagoon environment.

3. The *N. indica* species also had a wide distribution in the Cau Hai lagoon and had strong change in space and time. The *N. indica* populations were mainly distributed in the lagoon area in the northwest of the lagoon – the area near the estuaries with low salinity (<15‰). The distribution of *N. indica* was clearly seasonal, the growth season of the species coincides with the dry season. Temperature, water salinity, and air temperature were factors which effected on the distribution of *N. indica*. The water salinity was the factor which effected on the distribution space of the species, while

the water temperature and the air temperature were the factors which effected the seasonal change of the species in the Cau Hai lagoon.

The *N. indica* had a relatively high seed density in the sediment ($2,765 \pm 790$ seeds/m²) and seed density changed in space and time. Seed density was higher from September to November 2018 at sites CH4 and CH11; the seed density was lowest from May to July 2018 at site CH19. Water temperature, depth, turbidity, and precipitation were the environmental factors which effected on the seed density change of *N. indica* in the Cau Hai lagoon.

4. In the cultural condition, the salinity had a strong influence on the growth of both *H. beccarii* and *N. indica*. *H. beccarii* had the ability to survival and growth at salinity from 0‰ to 20‰; while *N. indica* was able to survival and growth at salinity from 0‰ to 15‰. The most suitable salinity for the growth of both species had been determined to be from 5 – 10‰. Seedling germination from seeds in sediments in the *N. indica* species occurred at salinity from 0 - 15‰. In which, the range of the salinity from 0‰ to 5‰ was most suitable for seedling germination and seedling growth of the *N. indica* species collected from the Cau Hai lagoon.

2. Recommendations

In order to have sufficient information as a scientific basis for protect, restore, and develop submerged aquatic vegetation in the Cau Hai lagoon, we have the following recommendations:

- Study on the formation of seedlings from seeds and the growth of seedlings in two species *H. beccarii* and *N. indica* in natural environmental conditions of the Cau Hai lagoon.

- Research on reproductions (asexual and sexual) combined with population genetic diversity analysis, thereby assessing the contribution of reproductions to maintaining and restoring populations submerged aquatic vegetation in the Cau Hai lagoon.