

## Distribution survey and some biological aspects of Water Hyacinth in Anzali Wetland, Guilan province

Alireza Mirzajani <sup>1\*</sup>, Saeed Naderi <sup>2</sup>, Darush Parvaneh Moghadam <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inland Water Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran

<sup>2</sup> Environmental Sciences Department, Natural Resources Faculty, University of Guilan, Guilan, Iran

### Abstract

Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes* is one of the world's worst weeds. It originates from Amazonia and be invader to other areas in the worldwide. It has recently been detected in several natural areas of northern part of Iran such as Anzali Wetland. Here, distribution of Water Hyacinth was studied in Anzali Wetland during 2015-2018. Also some biological characteristic including; evapotranspirative water losses, surveillance against salinity gradients and nutrient effect on biomass production of root and green parts were investigated. Water Hyacinth infestation was observed from 7 to 84 points of Anzali Wetland with 100 to 1000 m<sup>2</sup> in different years. The distribution of Water Hyacinth was limited in summer of 2017 because of a prolonged temperatures below freezing winter of 2016. The seed was germinated in study area after two years. The water losses were estimated up to 2.5 times more from Water Hyacinth compared to open water. While the mortality of Water Hyacinth was observed in salinities more than 5.2 g.L<sup>-1</sup>, the leaves was increased in salinities lower than 1 g.L<sup>-1</sup>. The dry weight biomass of root was more than dry weight biomass of green parts in areas with lower nitrogen levels while it was versus in regions with high nitrogen levels. Water Hyacinth has a high risk threat in the most water bodies in northern Iran because of the favorite climate situation and high eutrophication level. Therefore a multidisciplinary approach should be designed in the fight against Water Hyacinth in Anzali Wetland that awareness raising among local communities and the stakeholders is the most important.

**Keywords:** Anzali Wetland, Invader plant, Salinity gradient, Surveillance, Water hyacinth, Water loses

---

\* Corresponding Author: armirzajani@ut.ac.ir

## بررسی پراکنش و برخی ویژگی‌های زیستی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در تالاب انزلی، استان گیلان

علیرضا میرزاجانی<sup>۱\*</sup>، سعید نادری<sup>۲</sup>، داریوش پروانه مقدم<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران  
<sup>۲</sup> گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

### چکیده

گیاه سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*)، بومی آمازون و یکی از بدترین گونه‌های علف هرز جهان است که در سراسر دنیا پراکنده شده است. در سال ۱۳۹۱ در آبیندان عینک مشاهده شد و پس از آن از برخی منابع آب‌های طبیعی شمال کشور همچون تالاب انزلی گزارش شد. در پژوهش حاضر، پراکنش سنبل آبی در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ در تالاب انزلی و برخی ویژگی‌های زیستی گیاه مانند هدررفتن آب، مقاومت در برابر شوری و تأثیر مواد مغذی در تولید زیتوده ریشه و اندام‌های سبز گیاه بررسی شد. نتایج بررسی نشان دادند در سال‌های مختلف ۷ تا ۸۴ نقطه از تالاب انزلی با وسعت تقریبی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مربع آلوده به سنبل آبی بودند. به دلیل زمستان سرد ۱۳۹۵ گسترش گیاه در سال ۱۳۹۶ کمترین میزان بود. دانه‌ها قدرت نامیه خود را حفظ کردند و پس از دو سال نمو کردند. هدررفتن آب در حوضچه‌های دارای سنبل تا ۲/۵ برابر مناطق بدون رویش این گونه بود. گیاه سنبل آبی در تیمارهای شوری بیشتر از ۵/۲ گرم در لیتر از بین رفت؛ درحالی که در آب با شوری ۱ گرم در لیتر، افزایش ۳۳ درصدی برگ‌ها را نشان داد. نسبت زیتوده خشک ریشه به کل گیاه در زیستگاه‌هایی با نیتروژن کم، بیشتر از ۰/۵ و در محیط‌هایی با نیتروژن زیاد، کمتر از ۰/۵ بود. خطر حضور و رشد زیاد گیاه در بیشتر مناطق استان گیلان وجود دارد؛ بنابراین، بررسی مستمر مناطق آلوده، آموزش مردم و مسئولان و انجام اقدامات پیشگیرانه برای کنترل گیاه ضروری هستند.

**واژه‌های کلیدی:** بقا، تالاب انزلی، سنبل آبی، غلظت‌های شوری، گیاه مهاجم، هدررفتن آب

\* نگارنده مسئول: نشانی پست الکترونیک: armirzajani@ut.ac.ir، شماره تماس: ۰۱۳۴۴۴۲۴۰۵۵

## مقدمه

ورود و گسترش گونه‌های غیربومی و به‌ویژه مهاجم از چالش‌های اساسی در زیست‌بوم‌های طبیعی به شمار می‌رود. گیاه سنبل آبی با نام علمی *Eichhornia crassipes* متعلق به زیررده تک‌لپه‌ای‌ها، راسته Commelinales و خانواده Pontederiaceae است. این گیاه، بومی کشورهای آمریکای جنوبی به‌ویژه کشور برزیل است؛ اما در حال حاضر به بیشتر کشورهای دنیا در همه قاره‌ها وارد شده است (Dagno et al., 2012). این گیاه در گروه گیاهان آبی و آب‌دوست و جزء ۱۰۰ گونه مهاجم خطرناک دنیا در فهرست IUCN به شمار می‌رود و یکی از ۱۰ گونه علف هرز بد جهان تشخیص داده شده است (Holm et al., 1977) و توجه فزاینده‌ای در سطح جهانی به این گونه مهاجم شده است. از ویژگی‌های این گیاه، رشد سریع، توانایی انتشار وسیع و تحمل زیاد شرایط سخت محیطی است (Zhange et al., 2010)؛ با دو روش رویشی و زایشی تکثیر می‌کند؛ در شرایط مطلوب به‌وسیله ساقه‌های رونده به راحتی رشد می‌کند و گیاهچه‌های خواهری را به وجود می‌آورد و در نهایت، به شدت گسترش می‌یابد. رشد این گیاه بسیار سریع است؛ به طوری که در ۶ تا ۱۸ روز دو برابر می‌شود و در بعضی مناطق آسیای جنوب شرقی ۲ تا ۵ متر در روز رشد می‌کند. هر گیاه هزارها دانه در سال تولید می‌کند و قدرت نامیه این دانه‌ها تا ۲۸ سال حفظ می‌شود. در حاشیه آب‌های کم عمق، تعداد زیادی از نهال‌ها ایجاد می‌شود. در هر هکتار از پهنه آبی حدود ۵۰۰ تن از این گیاه تولید می‌شود (Gopal, 1987) که به دلیل پوشاندن سطح وسیعی از رودخانه‌ها و تالاب‌ها، مشکلات محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی متعددی برای بسیاری

از کشورها ایجاد می‌کند. آثار سنبل آبی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب مشهود است؛ برای نمونه، گاهی کاهش اکسیژن محلول آب در اندازه‌ای است که مرگ‌ومیر انبوهی از ماهیان را موجب می‌شود (Rai and Munshi, 1979). این گیاه در دریاچه ویکتوریا بدون حضور دشمنان طبیعی، در دسرهای بوم‌شناختی زیادی به وجود آورد؛ راه‌های دسترسی به بنادر را مسدود کرد؛ ذخایر ماهی را از بین برد و به معیشت ساکنان محلی صدمه شدید وارد کرد (Theuri, 2013).

در حال حاضر برای بهبود کیفیت محیط‌های آبی، بسیاری از گیاهان آبی در بستر آب‌های آلوده استفاده می‌شوند و در نهایت، از آنها برای خوراک دام‌های اهلی و تولید انرژی استفاده می‌شود. گیاهانی مانند سنبل آبی و کاهوی آبی نیز قدرت تصفیه زیادی در محیط‌های آلوده دارند؛ اما به دلیل رشد بسیار زیاد و مشکل زاپودن، کمتر به آنها توجه می‌شود (Zhao et al., 2012).

*E. crassipes* به دلیل گل‌های بسیار زیبا و جذاب به بسیاری از باغ‌ها و گلخانه‌ها و در نهایت، منابع آب‌های طبیعی بسیاری از کشورها راه یافته است (Gopal, 1987). زمان ورود و حضور این گیاه در ایران کاملاً مشخص نیست؛ اما در سال ۱۳۹۱ به صورت انبوه در آبیندان عینک مشاهده و در سال ۱۳۹۴ گزارش شد (Mozaffarian and Yaghoubi, 2015). نخستین مشاهده گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی در بررسی پستانداران منطقه در شهریور ۱۳۹۴ (Naderi et al., 2017) انجام شد و پراکنش آن در بخش‌هایی از منطقه حفاظت‌شده سیاه‌کشیم و انتهای تالاب غرب گزارش شد (Mirzajani, 2019).

استفاده شد. محدودیت‌ها از بهار ۱۳۹۶ تشدید شدند؛ به طوری که پیمایش حواشی تنها با شناور ورزشی کایاک میسر بود. موقعیت جغرافیایی مناطق حضور گیاه سنبل آبی و تراکم آن ثبت شد و با نرم افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۴ نقشه‌های پراکنش تهیه شدند.

میزان جذب و هدررفتن آب با گیاه سنبل در ۸ حوضچه در مقایسه با ۳ حوضچه بدون این گیاه اندازه گیری شد. ارتفاع آب در شروع آزمایش در ۳۰ سانتی متری سطح حوضچه‌ها قرار داشت. کاهش ارتفاع آب در روزهای تابستان ۱۳۹۷ اندازه گیری شد.

بقای گیاه در شوری‌های مختلف از آب دریای خزر با روش تعداد برگ‌های پژمرده (Olivares and Colonnello, 2000) بررسی شد. بدین منظور، بوته‌های گیاه سنبل با تعداد ۶ تا ۸ برگ با سه تکرار در تیمارهای شوری ۱۱/۶، ۸/۳، ۵/۲، ۳/۲ و ۰/۳ گرم در لیتر آب دریای خزر قرار داده شدند. تعداد برگ‌های پژمرده پس از ۷ و ۳۰ روز شمارش شد. اندازه‌گیری دوباره شوری پس از یک ماه انجام شد. در این مدت بر اثر فعالیت گیاه و تبخیر آب، شوری، بین ۰/۴ تا ۲/۸ گرم در لیتر در تیمارها افزایش یافت. اندازه‌گیری شوری با دستگاه مولتی متر (شرکت WTW، مدل Multi 340i، آلمان) انجام شد.

ارتباط شاخص مواد مغذی آب با زیتوده بخش‌های هوایی و ریشه‌ای گیاه در مناطق مختلف شامل دو بخش آلوده در تالاب انزلی (عرض جغرافیایی ۳۷/۴۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹/۳۵ درجه شرقی)، پساب وارده به تالاب عینک (عرض جغرافیایی ۳۷/۲۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹/۵۳ درجه شرقی)، پساب شهری لنگرود (عرض جغرافیایی ۳۷/۱۸ درجه شمالی و

تالاب انزلی در گذشته‌ای نه‌چندان دور، همه ویژگی‌ها و ارزش‌های بوم‌شناختی تالاب‌ها را داشت و جزء نخستین تالاب‌هایی بود که در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر ثبت شد؛ اما در حال حاضر با مشکلات ریز و درشت متعدد خود در فهرست مونتر و با اولویت حفاظت و احیا قرار گرفته است (Jica Doe Moja, 2005; Ramsar convention Bureau, 2014).

افزایش زیتوده گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی ممکن است مرگ نهایی تالاب را در زمان اندکی رقم بزند. بر این اساس، بررسی مداوم مناطق مختلف تالاب، جمع‌آوری و کنترل گیاه در نقاط پراکنش یافته بسیار ضروری هستند. پژوهش حاضر با هدف کلی شناسایی نقاط آلوده به سنبل آبی برای اعمال مدیریت کنترلی صحیح انجام شد. پراکنش مکانی و زمانی گیاه سنبل آبی در بوم‌سازگان تالاب انزلی و میزان گسترش آلودگی به آن بررسی شد. همچنین برخی ویژگی‌های بوم‌شناختی گیاه در شرایط محیطی منطقه گیلان مانند هدررفتن آب، ارتباط مواد مغذی با زیتوده بخش‌های متفاوت گیاه و مقاومت گیاه به غلظت‌های مختلف شوری بررسی شده‌اند.

## مواد و روش‌ها

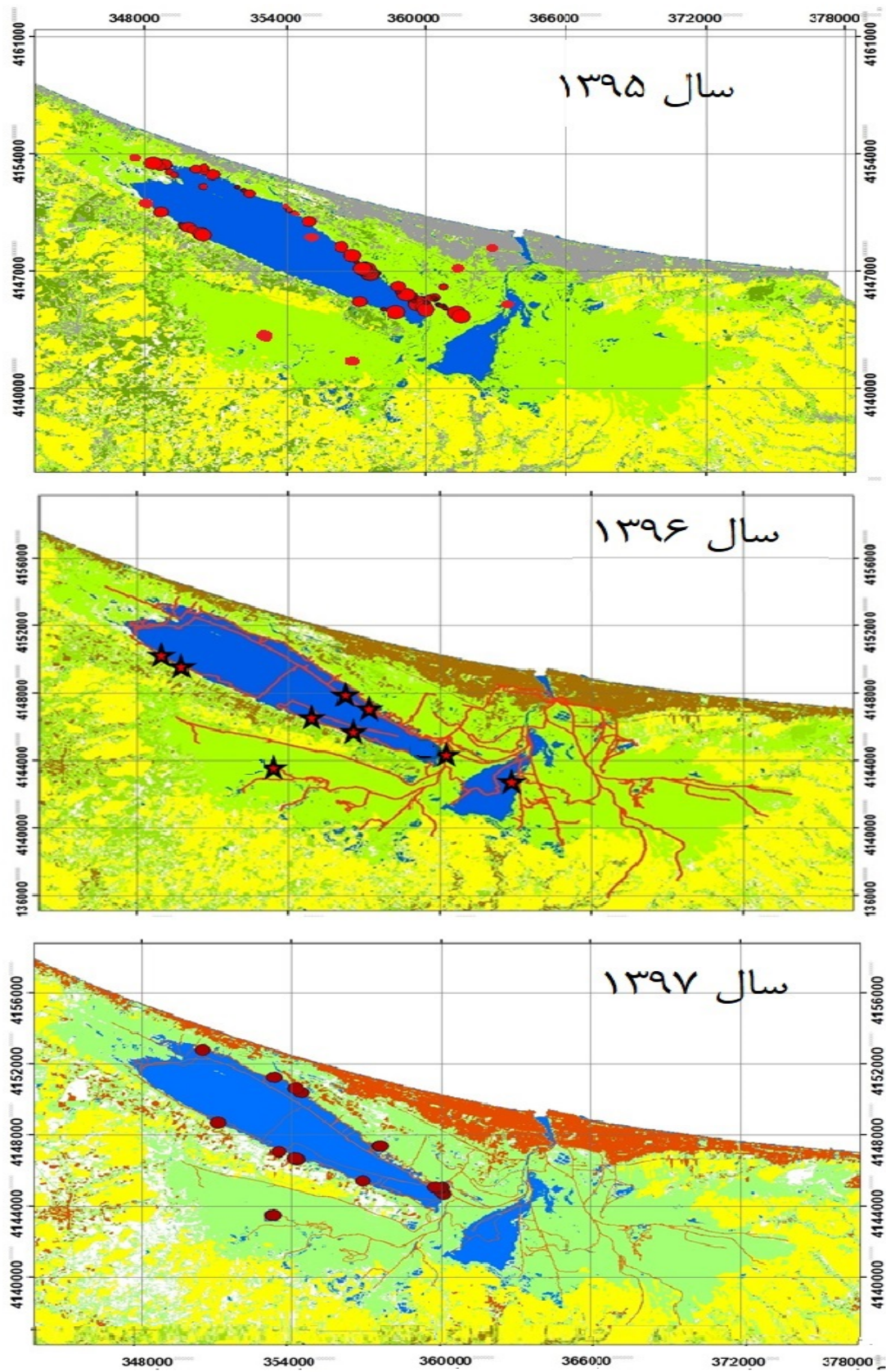
بررسی پراکنش سنبل آبی در تالاب انزلی در دوره‌های زمانی مهر تا آبان و بهمن تا اسفند ۱۳۹۵، خرداد تا تیر ۱۳۹۶، اسفند ۱۳۹۶ و شهریور تا مهر ۱۳۹۷ با گشت‌زنی در حواشی و پیکره‌های آبی باز تالاب، نواحی مصبی رودخانه‌ها و کانال‌های خروجی انجام شد. به دلیل پوشش‌های گیاهی انبوه و عمق کم آب در بسیاری از ماه‌ها، در بیشتر بخش‌ها از شناور کوچک با موتور ۲۵ اسب بخار و پارو زنی

## نتایج

بررسی پراکنش گیاه در ماه‌های مهر و آبان سال ۱۳۹۵ نشان داد بسیاری از نقاط در تالاب غرب شامل کرانه‌های شمالی، جنوبی، منطقه چکورو و مصب رودخانه مرغک در ناحیه سیاه کشیم، آلوده به گیاه مهاجم بودند. در این زمان ۸۴ نقطه از تالاب انزلی آلوده به گیاه بودند (شکل ۱) که از تک‌بوته تا حدود ۲۰ متر مربع گسترش داشتند. در برخی مناطق مانند انتهای تالاب غرب و مصب رودخانه مرغک تراکم بسیار زیادی از گیاه مشاهده شد که تردد شناورها را ناممکن کرد. به‌طور کلی گستره آن حدود ۸۰۰ متر مربع بود. بقایای متلاشی‌شده گیاه سنبل در ماه‌های بهمن تا اسفند سال ۱۳۹۵ در همان مناطق نیز مشاهده شدند؛ اما در گشت‌زنی در ماه‌های اردیبهشت تا خرداد سال ۱۳۹۶، گیاه سنبل در مناطق یادشده مشاهده نشد و تنها در ابتدای تالاب غرب و مصب رودخانه مرغک با تراکم محدود مشاهده شد. در گشت‌زنی مهر ماه سال ۱۳۹۶ بجز منطقه مرغک و ابتدای تالاب غرب، مناطق بیشتری از حواشی تالاب غرب آلوده به این گیاه بودند. به‌طور کلی ۹ منطقه از تالاب (شکل ۱) با گستره گیاهی ۱ تا ۲ متر مربع آلوده به گیاه سنبل بودند. بررسی گیاه در ماه اسفند ۱۳۹۶، حضور آن را در چهار منطقه از تالاب انزلی نشان داد. نکته درخور توجه، سبز بودن نسبی این گیاه در زمان یادشده است. گستره پوششی آن در مجموع، به‌اندازه ۱۰۰ متر مربع بود. افزایش دوباره گستره گیاه در ماه‌های شهریور تا مهر سال ۱۳۹۷ در بسیاری از مناطق تالاب مشاهده شد. این گیاه در ۱۱ منطقه با پراکنندگی زیاد مشاهده شد (شکل ۱). در مجموع در این مرحله از بررسی، گستره‌ای به‌اندازه ۶۵۰ متر مربع از تالاب غرب با گیاه سنبل آبی اشغال شده بود و گستره آن در انتهای رودخانه مرغک حدود ۴۰۰ متر مربع بود.

طول جغرافیایی ۵۰/۱۵ درجه شرقی)، زهکش‌های ناحیه چکورو صومعه سرا (عرض جغرافیایی ۳۷/۴ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹/۳ درجه شرقی) و حوضچه‌های آزمایشی در پژوهشکده آبی‌پرووری (عرض جغرافیایی ۳۷/۴۷ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹/۴۷ درجه شرقی) بررسی شد. حوضچه‌های آزمایشی برای انجام آزمایش‌های مختلف بر گیاه سنبل آبی ساخته شدند و تعدادی از بوته‌های گیاه سنبل به آنها منتقل شدند که پس از مدت کوتاهی همه سطح حوضچه‌ها با گیاه پوشیده شد. عمق آب در مناطق برداشت گیاه تقریباً یکسان و حدود ۱ تا ۱/۵ متر بود؛ زیرا عمق در میزان زیتوده بخش‌های یادشده مؤثر است (Téllez *et al.*, 2008). وزن تر اندام‌های ریشه و هوایی گیاه با ترازوی با دقت یک گرم (مدل D-72417، شرکت Bosch، آلمان) اندازه‌گیری شد؛ سپس ریشه و اندام هوایی گیاه در خشک‌کن (مدل Drying oven، شرکت Binder، هلند) با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم (مدل GF-1202-A، شرکت AND، آمریکا) توزین شدند. نمونه‌برداری آب از هریک از مناطق یادشده انجام شد و مواد مغذی آنها شامل نیتروژن کل و فسفر کل با روش Kjeldahl (APHA, 2005) اندازه‌گیری شدند.

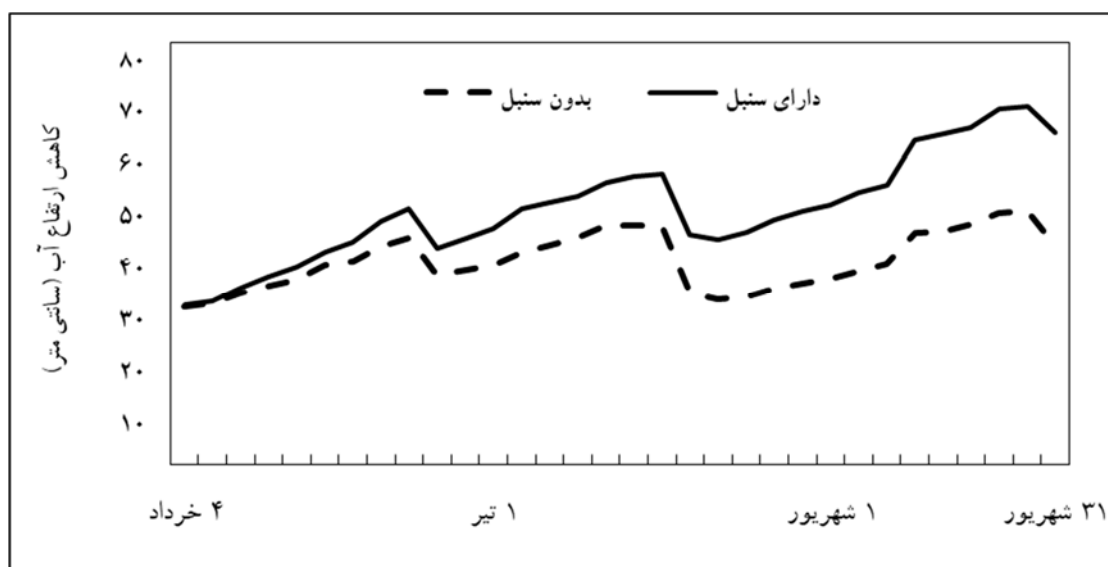
**تحلیل آماری:** برای مقایسه تفاوت میانگین تعداد برگ‌های باقیمانده در تیمارهای مختلف شوری از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) و برای مقایسه میانگین بین گروه‌ها از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد. از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ برای تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد.



شکل ۱- پراکنش گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷

داده‌اند. میزان هدررفت آب از حوضچه‌های دارای سنبل نسبت به حوضچه‌های بدون سنبل از صفر تا ۰/۶ سانتی‌متر متغیر بود و میانگین روزانه ۰/۱۷ ± ۰/۲۱ سانتی‌متر در تابستان داشت.

در آزمایش میزان هدررفت آب، میانگین تفاوت سطح آب در حوضچه‌های دارای سنبل به حوضچه‌های بدون سنبل در دوره تابستان ۹/۵ سانتی‌متر بود (شکل ۲). شیب نزولی نمودار (شکل ۲) به دلیل بارندگی‌هایی است که در آن روزها رخ

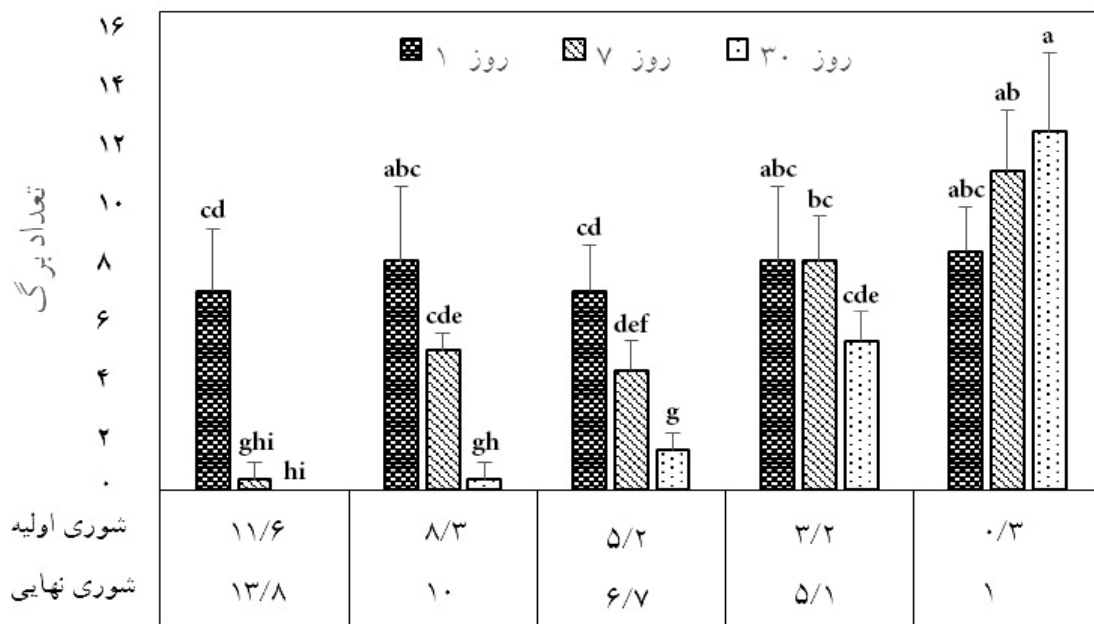


شکل ۲- تغییر ارتفاع آب در دو گروه از حوضچه‌های بدون و دارای سنبل آبی

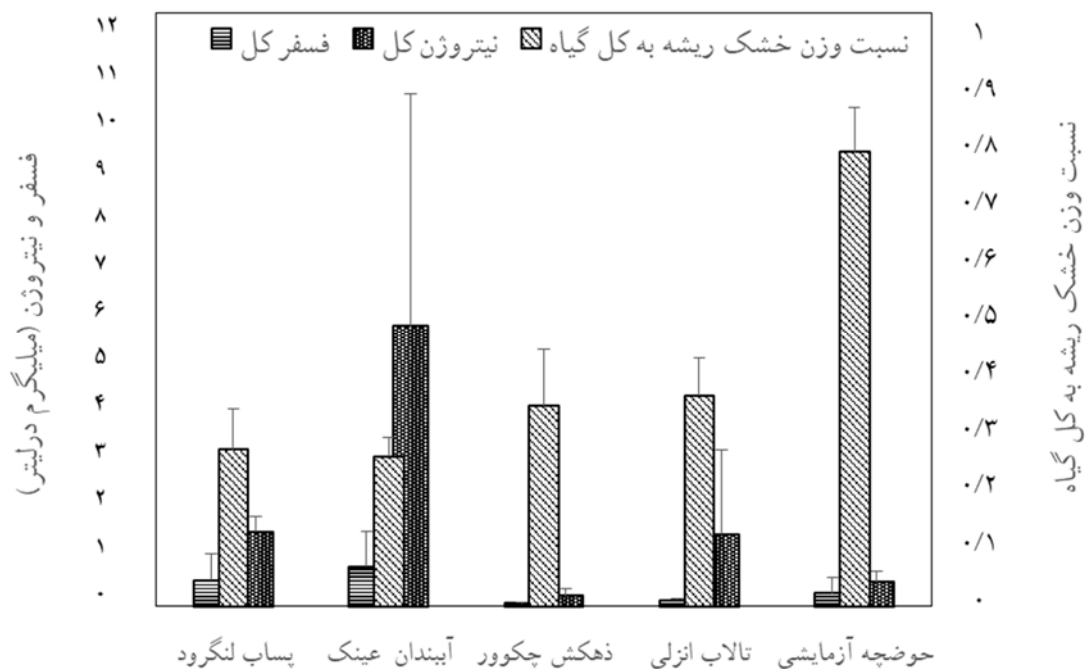
افزایش تعداد برگ‌ها در تیمار شاهد نیز دیده شدند (شکل ۳).

نسبت زیتوده خشک ریشه به کل گیاه در حوضچه‌های آزمایشی، بیشتر از مقادیر این شاخص در سایر مناطق و به اندازه ۷۶ درصد بود. این شاخص در سایر مناطق از ۲۵ تا ۳۵ درصد متغیر بود (شکل ۴). مقدار نیتروژن در حوضچه‌های آزمایشی و زه‌کش‌های چکور کمتر بود؛ در حالی که در سایر مناطق بیشتر از ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و در آبنندان عینک بسیار زیاد بود (شکل ۴).

نتایج بررسی آثار شوری نشان دادند پس از یک هفته قراردادن گیاه در تیمارهای شوری ۱۱/۶، ۸/۳ و ۵/۲ گرم در لیتر به ترتیب ۹۵، ۴۰ و ۴۰ درصد برگ‌های سنبل آبی از بین رفت؛ در حالی که در شوری ۳/۲ گرم در لیتر تغییری در برگ‌ها مشاهده نشده و در آب با شوری ۰/۳ گرم در لیتر، رشد و افزایش ۳۳ درصدی برگ‌ها مشاهده شد. پس از یک ماه و هم‌زمان با افزایش تدریجی شوری، میزان بازماندگی برگ‌ها در شوری‌های ۱۰، ۶/۷ و ۵/۱ گرم در لیتر به ترتیب ۷، ۳۳ و ۶۵ درصد بود. رشد و



شکل ۳- تعداد برگ در غلظت‌های مختلف شوری در دوره یک‌ماهه- مقادیر شوری در ابتدا و انتهای دوره آزمایش اندازه‌گیری شدند. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت، بیان‌کننده تفاوت معنی‌دار در سطح  $P < 0.05$  هستند.



شکل ۴- نسبت وزن خشک ریشه به کل گیاه سنبل آبی و مواد مغذی فسفر و نیتروژن کل در آب مناطق مختلف- مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت، بیان‌کننده تفاوت معنی‌دار در سطح  $P < 0.05$  هستند.



## بحث

دانه‌ها به دلیل شرایط محیط‌زیستی (رطوبت، عمق و دما) نامناسب و زنده‌نبودن آنها به دلیل تولید دیر (نارس‌بودن) تفسیر شده است (VonBank *et al.*, 2018). بررسی‌های آزمایشگاهی VonBank و همکاران (۲۰۱۸) داشتن قوه نامیه گیاه سنبل را در حاشیه بالادست رودخانه ایلینویز نشان دادند و براین اساس هشدار دادند در صورت تداوم تغییرات اقلیمی موجود، شرایط برای رشد و نمو گیاه مطلوب‌تر خواهد شد.

در بررسی حاضر در زمستان‌های سرد، پوسیدگی کامل گیاه در نواحی مختلف مشاهده شد. براین اساس در تالاب انزلی نیز مانند نواحی معتدله و نیمه‌حاره، مرگ و تجزیه گیاه سنبل آبی اتفاق می‌افتد و براساس بررسی Xie و همکاران (۲۰۰۴) عوامل بیرونی (مانند دما، اسیدیته و اکسیژن محلول) و عوامل درونی (مانند مواد مغذی و فیبر) بر میزان فساد و تجزیه گیاه سنبل آبی در زیستگاه‌های مختلف تأثیر می‌گذارند.

در بررسی حاضر، میزان هدررفتن آب، به‌طور میانگین، روزانه  $0/17 \pm 0/21$  سانتی‌متر بود. این میزان در همه دوره رشد تداوم دارد. در منطقه بررسی‌شده، در چهار سال گذشته به‌طور میانگین، از ۹۰ تا ۱۱۰ روز، دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد وجود داشت (Mirzajani, 2019)؛ به عبارت دیگر دوره رشد گیاه ۲۵۵ روز خواهد بود و میزان هدررفتن آب از گیاه سنبل در این شرایط حدود ۰/۵۴ متر برآورد شد که با میزان تبخیر گیاه سنبل در

در بررسی حاضر، نوسان در میزان گسترش و زیتوده گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی مشاهده شد؛ به طوری که کاهش گسترش و تراکم آن در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ مشهود بود (شکل ۱). براساس بررسی‌های آزمایشگاهی (Freidel *et al.*, 1978)، بیشترین گیاهان دختری در دمای ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۵ تا ۹۵ درصد دیده می‌شوند. رشد گیاه سنبل آبی زمانی متوقف می‌شود که دمای آب بیشتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد یا کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد. در شرایط یخبندان نیز برگ‌ها از بین می‌روند (Duke, 1983). در منطقه بررسی‌شده، تعداد روزهای یخبندان در زمستان‌های سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ به ترتیب ۱۱، ۲۸ و ۵ روز بود (Mirzajani, 2019). براین اساس، زیادبودن تعداد روزهای یخبندان در زمستان سال ۱۳۹۵ کاهش گسترش و زیتوده سنبل آبی را در سال ۱۳۹۶ سبب شد و کاهش تعداد روزهای یخبندان در زمستان سال ۱۳۹۶ به افزایش بیشتر گسترش و تراکم گیاه را در سال ۱۳۹۷ (شکل ۱) منجر شد. از بین رفتن گیاه در زمستان‌های سرد و رشد و نمو دوباره آن در نواحی حاشیه‌ای نشان‌دهنده تکثیر گیاه با دانه است. این گیاه حتی در عرض‌های جغرافیایی بسیار بالاتر از شمال ایران مانند بالادست رودخانه ایلینویز حضور سالانه داشت؛ اگرچه تراکم زیادی که مخاطرات حاد به وجود آورد نداشت و دانه‌ها نیز نمو نداشتند. نمونکردن

سنبل ۶ تا ۸ درصد (یک چهارم شوری دریا) بیان کردند که با نتایج این بررسی هم‌خوانی دارند. بررسی Téllez و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد گیاه سنبل آبی نسبت به تغییرات غلظت سدیم و نسبت یون سدیم به پتاسیم در بخش‌های مختلف حساسیت بیشتری نسبت به شوری نشان داده است. غلظت زیاد یون سدیم (۲۰۰ مول در متر مکعب) در آب رودخانه از حضور سنبل آبی جلوگیری می‌کند. تنظیم اسمزی در سنبل آبی در شرایط شوری زیاد اتفاق می‌افتد که با از بین رفتن برگ‌ها هم همراه است.

براین اساس، گسترش سنبل آبی در ناحیه جنوبی سواحل خزر ممکن نیست. از سوی دیگر، زمین‌های پست حاشیه دریای خزر همچون تالاب انزلی، بر اثر نوسانات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و درازمدت سطح آب دریای خزر هستند (Kazancı *et al.*, 2004). آمار تغییرات آب دریای خزر از سال ۱۸۳۰ وجود دارد که نوسانی تا ۳ متر داشته است. اگرچه در حال حاضر بسیاری از بخش‌های تالاب انزلی خشک شده‌اند یا عمق بسیار اندکی دارند، جریان‌های آبی در همه بخش‌ها مشاهده می‌شوند. با افزایش سطح آب دریای خزر، آب شور به‌طور یکنواخت در همه بخش‌های شرقی و غربی تالاب نفوذ می‌کند. با کاهش سطح آب دریای خزر، ایستابی آب در بسیاری از مناطق غربی طولانی‌تر است (Karimpor, 1994). جمع‌بندی داده‌های ده‌ساله تالاب انزلی نشان داد شوری آب در ماه‌های تیر تا شهریور که با کاهش بارندگی و نفوذ آب دریا همراه است، ماندگاری و شوری بیشتر آب را در بخش‌هایی از تالاب سبب می‌شود که بیشینه مقادیر آن در بخش ابتدایی و میانه تالاب غرب به‌ترتیب تا

جنگل‌های نواحی مرکزی اروپا (۰/۴ تا ۰/۵ متر در سال) برابر است. میزان تبخیر گیاه در جنگل‌های بارانی نواحی حاره ۱/۵ تا ۲ متر و در نواحی تالابی ۱/۳ تا ۱/۶ متر در سال است (Stottmeister *et al.*, 2003). تصور می‌شود در صورت توسعه گسترده این گیاه در تالاب انزلی، بیشترین بخش این گستره آبی در مدت کوتاهی خشک خواهد شد. براساس نتایج بررسی حاضر، میزان هدررفتن آب از گیاه سنبل از ۰/۸ تا ۲/۵ برابر نسبت به نواحی بدون رویش این گونه در روزهای متفاوت متغیر بود. هدررفتن آب ناشی از تبخیر و تنفس در گیاه سنبل آبی در پژوهش Penfound و Earle (۱۹۴۸) به‌اندازه ۲/۶۷ و در بررسی Lallana و همکاران (۱۹۸۷) به‌اندازه ۳/۲ برابر آب‌های باز بود.

از آزمایش تأثیر شوری نتیجه‌گیری می‌شود افزایش شوری تا ۵ و ۷ گرم در لیتر به‌ترتیب ۴۰ و ۷۰ درصد گیاه سنبل را از بین می‌برد و شوری کمتر از ۱ هیچگونه تاثیری در توقف رشد آن نداشته است (شکل ۳). شوری به عنوان یکی از عوامل محدوده‌کننده رشد این گیاه در تالاب‌های ساحلی می‌باشد و تاثیر منفی افزایش میزان هدایت الکتریکی و میزان شوری در کاهش مطلوبیت زیستگاهی سنبل آبی تایید شده است (Malik, 2007; Olivares and Colonnello, 2000). این گیاه در شوری بیشتر از ۱۵ درصد آب دریا رشد نمی‌کند و در نهایت از بین می‌رود (Duke, 1983). Muramoto و همکاران (۱۹۹۱) نیز اثر شوری را بر غلظت برخی عناصر گیاه سنبل آبی بررسی و سطح کشنده شوری را برای گیاه

پس از آن معنی‌دار نیست. در بررسی Lugo و همکاران (۱۹۷۹) نیز بیشینه رشد گیاه در ۲۱ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۶۲ میلی‌گرم در لیتر فسفر دیده شد و اگر مواد مغذی کم باشد، گیاهان، سبز و پژمرده و ریشه‌ها بنفش‌رنگ می‌شوند. در این بررسی، تغییرات مقدار فسفر با زیتوده بخش‌های مختلف گیاهی ارتباطی نداشت. فسفر عامل محدودکننده اصلی تولید در بوم‌سازگان‌های آبی شناخته شد؛ درحالی‌که نتایج Carignan و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند نیتروژن، عامل محدودکننده رشد در گیاه سنبل آبی به شمار می‌رود.

### جمع‌بندی

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی حاضر نشان دادند اگرچه به‌دلیل غلظت زیاد شوری، گسترش سنبل آبی در ناحیه جنوبی سواحل خزر ممکن نیست، به‌دلیل شرایط اقلیمی مناسب و فراغنی بودن بیشتر منابع آبی استان گیلان و شمال کشور، خطر حضور سنبل آبی در بیشتر مناطق وجود دارد. در چنین شرایطی دوره رشدی سنبل آبی نسبتاً طولانی است و دانه‌ها نیز قدرت نامیه و نمو زیادی دارند. پوسیدگی *E. crassipes* در فصول سرد اتفاق می‌افتد و جمع‌آوری نکردن گیاهان به افزایش مواد مغذی آب منجر می‌شود. در این راستا، آموزش و یادآوری مخاطرات حضور این گیاه به‌طور دوره‌ای و مداوم برای عموم مردم و مسئولان ضروری است تا از انتقال بیشتر آن جلوگیری شود و گسترش آن محدود بماند. همچنین بررسی مستمر منابع آبی آلوده به‌ویژه تالاب انزلی ضروری است تا با تلفیق مبارزه مکانیکی و شیمیایی، گسترش گیاه سنبل آبی محدود و کنترل شود.

۲/۵ و ۱/۴ گرم در لیتر هستند (Mirzajani, 2009). این میزان شوری در مدت کوتاه تأثیرگذاری، سنبل آبی را در تالاب انزلی کنترل نمی‌کند. در بررسی حاضر، نسبت زیتوده خشک ریشه به کل گیاه در حوضچه‌های آزمایشی که مواد مغذی کمتری دارند بیشتر است (شکل ۴). در سایر مناطق، این نسبت کمتر از ۰/۵ است؛ زیرا بیشتر این مناطق، جاذب پساب‌های شهری و خانگی هستند و مقادیر مواد مغذی به‌ویژه نیتروژن زیادی دارند (شکل ۴). تالاب انزلی نیز از گذشته بسیار یوتروف معرفی شده است (Mirzajani et al., 2010). به‌طور کلی مواد مغذی، تعیین‌کننده رشد گیاه هستند. در پژوهش Carignan و همکاران (۱۹۹۴)، بررسی رشد گیاه در تیمارهای مختلف فسفر و نیتروژن نشان داد افزایش نیتروژن به‌طور معنی‌داری افزایش زیتوده گیاهی را در مقایسه با نمونه‌های شاهد و تیمار افزایش فسفر موجب می‌شود. در پژوهش آنها در تیمار شاهد و تیمار فسفر که با کمبود نیتروژن همراه بودند، درصد زیتوده ریشه نسبت به کل گیاه بیشتر بود (۵۲ درصد)؛ درحالی‌که در تیمار نیتروژن، زیتوده اندام‌های هوایی بیشتر بود و ریشه‌ها تنها ۳۶ درصد زیتوده کل را تشکیل دادند. از آنجا که زه‌کش‌ها با زمین‌های کشاورزی ارتباط دارند و باروری این زمین‌ها با کودهای شیمیایی در زمان خاص، بیشتر در بازه زمانی ماه اسفند تا ماه اردیبهشت انجام می‌شود، کمبود مقدار نیتروژن در زه‌کش‌های چکاور در ماه شهریور احتمالاً به‌دلیل جذب سریع مواد غذایی و رشد سریع گیاه است. نتایج Reddy و همکاران (۱۹۸۹) نشان دادند با افزایش نیتروژن محیط تا ۵/۵ میلی‌گرم در لیتر، تولید گیاه سنبل آبی می‌یابد؛ اما

- EWRS International Symposium of Aquatic Weeds, Amsterdam, Netherland.
- Gopal, B. (1987) Water hyacinth. Elsevier Science Publisher, Amsterdam.
- Holm, L. G., Plucknett, D., Pancho, J. V. and Herberger, J. P. (1977) The world's worst weeds. Distribution and biology. University Press of Hawaii. Honolulu, Hawaii.
- Jica, Doe and Moja (2005) The study on integrated management for ecosystem conservation of Anzali Wetland in the Islamic Republic of Iran. Draft final report. Nippon Koei Co., Ltd.
- Karimpor, M. (1994) Investigation on rising effect of the Caspian Sea level on Anzali Wetland in 1993. Fisheries Research Center, Bandar e Anzali (in Persian).
- Kazancı, N., Gulbabazadeh, T., Leroy, S. A. and Ileri, Ö. (2004) Sedimentary and environmental characteristics of the Guilan-Mazenderan plain, northern Iran: influence of long-and short-term Caspian water level fluctuations on geomorphology. Journal of Marine Systems 46(1-4): 145-168.
- Lallana, V. H., Sabattini, R. A. and Lallana, M. D. C. (1987) Evaporation from *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia herzogii* and *Azolla caroliniana* during summer in Argentina. Journal of Aquatic Plant Management 25: 48-50.
- Lugo, A., Jones, S., Dugger, K. and Morris, T. (1979) Ecological approaches to the control of aquatic weeds. Geo-Eco-Trop 3(3): 193-213.
- Malik, A. (2007) Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. Environment International, 33(1): 122-138.
- Mirzajani, A. (2009) Limnological survey of Anzali wetland based on ten years data 1990-2003 by use of GIS system. Iranian Fisheries Science Research Institute, Tehran (in Persian).
- سپاسگزاری**
- در اینجا از آقایان رضا محمدی دوست بابت همکاری در تعیین پراکنش گونه سنبل آبی در تالاب انزلی، علی عابدینی بابت همکاری در نمونه برداری آب و از آقای حجت اله خداپرست بابت مشارکت در ترسیم نقشه‌ها سپاسگزاری می‌شود. مقاله حاضر در قالب پروژه بررسی پراکنش گیاه سنبل آبی در استان گیلان با شماره مصوب ۹۵۱۰۹۰-۹۵۰۳۹-۱۲۴-۷۳-۱۲-۱۰۷ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و با اعتبار مالی اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گیلان انجام شد.
- منابع**
- APHA (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>st</sup> edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- Carignan, R., Neiff, J. J. and Planas, D. (1994) Limitation of water hyacinth by nitrogen in subtropical lakes of the Paraná flood plain (Argentina). Limnology and Oceanography 39(2): 439-443.
- Dagno, K., Lahlali, R., Diourté, M. and Jijakli, M. H. (2012) Present status of the development of mycoherbicides against water hyacinth: successes and challenges. A review. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement 16(3): 360-368.
- Duke, J. (1983) *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Handbook of Energy Crops. Purdue University, Center for New Crops and Plants Products, West Lafayette, Indiana.
- Freidel, J., Koch, W. and Philipp, O. (1978) Untersuchungen zur Biologie und Populationsdynamik von *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. in Sudan. 4<sup>th</sup>

- Mirzajani, A. R., Khodaparast, H., Babaei, H., Abedini, A. and Dadai Ghandi, A. (2010) Eutrophication trend of Anzali Wetland based on 1992-2002 Data. *Journal of Environmental Studies* 35(52): 65-74.
- Mirzajani, A. (2019) Distribution, ecological studies and controlling methods of water hyacinth in Anzali wetland. Draft final report. Inland Water Aquaculture Research Center, Bandar e Anzali. Mozaffarian, V. and Yaghoubi, B. (2015) New record of *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) from north of Iran. *Rostaniha* 16(2): 208-211.
- Muramoto, S., Aoyama, I. and Oki, Y. (1991) Effect of salinity on the concentration of some elements in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) at critical levels. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 26(2): 205-215.
- Naderi, S., Mirzajani, A., Rajabi Maham, H. and Hadipour, E. (2017) The mammals of Anzali Wetland in the Southern Caspian Sea. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 15(3): 223-235.
- Olivares, E. and Colonnello, G. (2000) Salinity gradient in the Mánamo River, a dammed tributary of the Orinoco Delta, and its influence on the presence of *Eichhornia crassipes* and *Paspalum repens*. *Interciencia* 25(5) 242-248.
- Penfound, W. T. and Earle, T. T. (1948) The biology of the water hyacinth. *Ecological Monographs* 18(4): 447-472.
- Rai, D. and Munshi, J. D. (1979) The influence of thick floating vegetation (water hyacinth: *Eichhornia crassipes*) on the physico-chemical environment of a fresh water wetland. *Hydrobiologia* 62(1): 65-69.
- Ramsar Convention (2011) The Montreux Record. Gland, Switzerland. Retrieved from [http://archive.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-montreux-montreux-record/main/ramsar/1-31-118%5E20972\\_4000\\_0](http://archive.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-montreux-montreux-record/main/ramsar/1-31-118%5E20972_4000_0). On: 13 July 2019.
- Reddy, K., Agami, M. and Tucker, J. (1989) Influence of nitrogen supply rates on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) plants. *Aquatic Botany* 36(1): 33-43.
- Stottmeister, U., Wießner, A., Kuschik, P., Kappelmeyer, U., Kästner, M., Bederski, O. and Moormann, H. (2003) Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances* 22(1-2): 93-117.
- Téllez, T. R., López, E., Granado, G. L., Pérez, E. A., López, R. M. and Guzmán, J. M. S. (2008) The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions* 3(1): 42-53.
- Theuri, M. (2013) Water hyacinth-Can its aggressive invasion be controlled. *Environmental Development* 7: 139-154.
- VonBank, J. A., Casper, A. F., Pendleton, J. E. and Hagy, H. M. (2018) Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) invasion and establishment in a temperate river system. *River Research and Applications*.
- Xie, Y., Qin, H. and Yu, D. (2004) Nutrient limitation to the decomposition of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Hydrobiologia* 529(1-3): 105-112.
- Zhang, Y. Y., Zhang, D. Y. and Barrett, S. C. (2010) Genetic uniformity characterizes the invasive spread of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a clonal aquatic plant. *Molecular Ecology* 19(9): 1774-1786.
- Zhao, F., Yang, W., Zeng, Z., Li, H., Yang, X., He, Z. and Peng, (2012) Nutrient removal efficiency and biomass production of different bioenergy plants in hypereutrophic water. *Biomass and Bioenergy* 42: 212-218.
- Zhao, F., Yang, W., Zeng, Z., Li, H., Yang, X., He, Z., Gu, B., Rafiq, M. T. and Peng, H. (2012) Nutrient removal efficiency and biomass production of different bioenergy plants in hypereutrophic water. *Biomass and Bioenergy* 42(7): 212-218.