پاسخ زنده‌مانی، رشد و تخصیص بیوماس اندام‌های نهال ون (*Fraxinus excelsior* L.) به تنش غرقابی

قاسم‌علی پاراد[1]

مسعود طبری[2*]

سید احسان ساداتی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۲۰

تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۲/۲۲

چکیده

هدف این پژوهش بررسی زنده‌مانی، مشخصه‌های رویشی و تخصیص بیوماس در نهال‌های رشد یافته ون (Fraxinus excelsior L.) در رژیم‌های مختلف آبی است. بدین منظور نهال‌های ون در طرحی کاملاً تصادفی و در دو رژیم آبی (غرقابی دائم و غرقابی دوره‌ای با تناوب ۱۵ روز) و سطح شاهد (کنترل)، برای مدت ۱۲۰ روز در فضای باز یک جنگل جلگه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در پایان دوره غرقابی باعث کاهش در زنده‌مانی، مشخصه‌های رویشی، بیوماس اندام‌ها و شادابی نهال‌های ون شد. این کاهش در سطح غرقابی دائم بیشتر از غرقابی تناوبی بوده است. بر عکس، پاسخ رویش قطری به غرقابی تناوبی بیشتر از غرقابی دائم و شاهد بوده است که دلیل آن را می‌توان به توسعه ابعاد سلول آوندهای چوبی آن نسبت داد. زنده‌مانی و موفقیت در نهال‌های غرقاب تناوبی نسبت به غرقابی دائم بیشتر بوده است که احتمالا به دلیل تولید بیشتر ریشه‌های نابجا و زهکشی خاک آن می‌باشد. همچنین در این شرایط به دلیل دسترسی به اکسیژن

---

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور (نویسنده مسئول)؛ masoudtabari@yahoo.com

۳. استادیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، مازندران

مورد نیاز، متابولیسم راحت‌تر بوده و سطح اندام فتوسنتزکننده (سطح برگ) و بیوماس برگ افزایش یافته است. به طور کلی، می‌توان اظهار داشت که نهال ون نسبتا مقاوم به غرقابی است و می‌توان از آن در جنگلکاری‌های مناطق جلگه‌ای، حاشیه‌ی آبراهه‌ها، تالاب‌ها و مناطقی که در معرض سیلاب‌های ادواری قرار دارند استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: بیوماس، رویش ارتفاعی، رویش قطری یقه، ریشه‌های نابجا، سطح برگ، شادابی

مقدمه

اکوسیستم‌های جنگلی جلگه‌ای و کنار رودخانه‌ای (Riparian) به دلیل حاصلخیزی زیاد، مهیا کردن زیستگاه مناسب برای حیات وحش، حفظ تنوع زیستی فون و فلور، جلوگیری از فرسایش خاک و خدمات بوم شناختی زیاد از اهمیت بالایی برخوردارند (Kozlowski and Pallardy, 2002). در اثر تغییر کاربری اراضی، موجودیت این اراضی حتی در مقیاس جهانی به شدت در معرض خطر می‌باشد. طوریکه تا سال ۱۹۳۰ حدود نیمی از جنگلهای مناطق مرطوب و ماندابی در آمریکای شمالی به دلیل حاصلخیزی بالای خاک به اراضی کشاورزی تبدیل شدند (Conner, 2001). رژیم غرقابی در این مناطق در کنار دوره غرقابی، زمان غرقابی، کیفیت آب، و عمق غرقابی یکی از مهمترین فاکتورهای غیر زیستی و تعیین کننده‌ی تنوع گونه‌ها در این مناطق و همچنین در مناطق حاشیه‌ی رودخانه‌ها می‌باشد. گیاهان این مناطق همواره در معرض سیلاب‌های ادواری قرار دارند که بسته به طول دوره‌ی غرقابی اثرات متفاوتی روی رشد، فیزیولوژی و مورفولوژی گیاهان این نواحی می‌گذارد (Glenz et al., 2006). در یک تحقیق Li و همکاران (۲۰۰۵) پس از ۵۱ روز مطالعه روی نهال‌های *Salix nigra* نشان دادند که غرقابی دوره‌ای باعث کاهش نسبت طول ریشه به اندام هوایی شد ولی موجب کاهش رشد و بیوماس کل نهال نشد. مطالعات انجام شده در زمینه غرقابی دوره‌ای (۵ روز غرقاب و ۵ روز زهکشی) توسط Anderson (1999) and Pezeshki پس از ۳۰ روز نشان داد که زنده‌مانی نهال‌های *Taxodium distichum* و *Quercus nuttallii* ۱۰۰ درصد و زنده‌مانی نهال‌های *Quercus michauxii* ۹۶ درصد بوده است. همچنین در غرقابی تناوبی رویش ارتفاعی، سطح برگ، میزان برگزایی، بیوماس برگ، بیوماس کل فقط در نهال‌های دو گونه *Quercus* کاهش یافته بود.

در تحقیقی دیگر Megonigal and Day (1992) نشان دادند که در طی سه فصل رویش تحت رژیم‌های غرقابی دائمی و دوره‌ای، بیوماس برگ، ساقه و بیوماس کل نهال‌های *Taxodium* کاهش یافت طوری که این مقدار کاهش در سطح غرقابی دائم بسیار بیشتر از غرقابی دوره‌ای بوده است.

همچنین نتایج تحقیق Farmer and (2004)

Pezeshki روی نهال‌هـــای *Quercus nuttalli*، نشـــان دادند که غرقابی دوره‌ای پس از ۱۰۸ روز باعث کاهش زنده‌مانی و رویش ارتفاعی نهال‌ها می‌شود طوری که زنده‌مانی نهال‌ها در شرایط غرقابی دوره‌ای و شاهد به ترتیب ۷۶ و ۱۰۰ درصد بوده است.

در داخل کشـــور مطالعات اندکـــی در ارتباط با تاثیـــر غرقابی روی گونه‌های جنگلی انجام شـــده اســـت که می توان به گزارش ساداتی و همـــکاران (۱۳۹۰) روی گونـــه *Populous caspica* و قنبـــری و همـــکاران (۱۳۹۰) روی گونه‌های *Populus deltoides* اشـــاره کرد. در تحقیق اولی طـــول دوره غرقابـــی ۱۵۰ روز و تیمار بکار گرفته شـــده عمق غرقابی در ۳ سانتی‌متر بالای سطح خاک گلدان بوده است. در دومی، طول دوره ۱۲۰ روز با عمق غرقابی در دو سطوح ۱۶ ســـانتی‌متر و ۳ سانتی‌متر بوده است. البته در کنار این تحقیقات می‌توان به تحقیق (Ghanbary et al. 2012) روی گونه *Alnus subcordata* و همچنیـــن ســـعیدی و آزادفر (۱۳۸۹) روی کلن‌های مختلف *Populus* نیز توجه داد. در تحقیق حاضر ضمن اینکه به یکی دیگر از گونه‌های با ارزش شمال کشور یعنـــی ون (Fraxinus excelsior L., Oleaceae) پرداخته می‌شـــود، نـــوع تیمار بـــکار گرفته شـــده نیز کاملاً متفاوت و به صورت غرقابی دوره‌ای (تناوبی) است طوری که هر ۱۵ روز نهال‌های مورد مطالعه در محیط غرقابی واقع می‌گردند و ســـپس بعد از همیـــن مدت خاک بستر به تدریج زهکشی می‌شود. با ایجاد چنین شـــرایطی این سوال دنبال می‌شود که آیا ون می‌تواند به طور مشـــابه همانند درخت آن در طبیعت، سیلابهای دوره‌ای را تحمل نماید؛ و به طور کلی پاسخ آن به شرایط غرقاب طولانی مدت (دائم، ۱۲۰ روز) چگونه اســـت. با انجام این تحقیق اگرچه پاسخ‌های مورد نیاز ممکن اســـت تحصیل شود لیکن تداوم مطالعه برای دوره‌های طولانی‌تر (چندین سال و طی کردن دوره‌های خواب زمستانه و رویش‌های بعدی) توسط پژوهشگران آتی می‌تواند قوت انجام تحقیق و کاربردی تر کردن آن را ترقی دهد.

شـــایان ذکر است که ون از درختان صنعتی و بـــا ارزش بـــوده کـــه به طـــور طبیعی در نواحی معتدله سراسر اروپا و آسیا گسترش دارد (Eddouks et al., 2005). ایـــن گونـــه، از جلگه تا ارتفاعـــات فوقانـــی و از منتهی الیه غربی تا شـــرقی جنگلهای کرانه دریای خزر انتشار دارد. در غرب گیلان در جلگه جامعه *Fraxino-Buxetum* و در اراضـــی جلگـــه‌ای آبگیر (با زهکشی ضعیف) مازندران، جامعه *Fraxino-Alnetum* را تشکیل می‌دهد (طبری و همکاران، ۱۳۸۱). که معمولاً در این نواحی با توجه به شـــرایط آب و هوایی و برخورداری از بارندگی‌هـــای بهاره و وجود ســـیلابهای دوره‌ای زادآوری طبیعی آن در شرایط تنش غرقابی قرار می‌گیرد. البته در ارتفاعات و اقلیم کوهستانی بســـته به شرایط، در آمیختگی با درختان بید *(Salix)* و گردو *(Juglans)*، نوعی اکوسیســـتم کنار–رودخانه‌ای را نیز به ویژه در دره هراز (مشـــاهدات نگارندگان) تشکیل می‌دهد. در نهایت بایســـتی اظهار شود که با انجام این تحقیق از طریق بررســـی نهال این گونه در شـــرایط غرقابی دائم و نیز غرقابی تناوبی (دوره‌ای) و نیز کنترل (شاهد)، میزان زنده‌مانی، رشـــد و نیـــز تخصیص بیوماس اندامهای رویشـــی در هر یـــک از موارد فوق مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

روش تحقیق

جهت انجام تحقیق، در اواخر زمستان سال ۱۳۸۹ تعداد ٤٨ اصله نهال یکساله ون از بهترین و همسان‌ترین نهال‌ها (میانگین قطر ۸/۸ میلی‌متر و ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر) از نهالستان کلوده آمل تهیه گردید. سپس در گلدان‌های پلاستیکی (با ابعاد ٢٤ × ٢٣ سانتی‌متر) با خاک لومی‌رسی - شنی (بدون اضافه کردن کود) قرار داده و در فضایی باز در محوطه جنگل جلگه‌ای دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس (واقع در نور) آبیاری و وجین شدند. در محل مورد مطالعه، متوسط حداقل دمای سالیانه ١٣/٤، متوسط حداکثر دمای سالیانه ۲۰ درجه سانتیگراد، و متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۸۵ میلی‌متر بود (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰).

بعد از بازکاشت و قبل از اعمال سطوح غرقابی، خاک گلدان‌ها بر اساس ظرفیت زراعی آبیاری شدند. به دلیل سوراخ بودن گلدان‌ها، قبلاً نایلون‌هایی بدون منفذ داخل گلدان‌ها قرار داده شد. اما جهت زهکشی و خروج آب از گلدان‌ها در نمونه‌های شاهد و غرقاب دوره‌ای منافذی در ته نایلون‌ها ایجاد شد.

آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تیمار و ٤ تکرار انجام شد. تیمار غرقابی در سه سطح شاهد، غرقاب دائم و غرقاب دوره‌ای در یک بازه زمانی ۱۲۰ روزه انجام شد. برای اعمال سطوح غرقابی، حوضچه‌ای به ابعاد ۹ × ۸ متر با استفاده از بلوک ایجاد و سطوح جانبی داخلی آن با پلاستیک پوشیده شد. سپس نهال‌های گلدانی تیمار غرقاب در داخل آن قرار داده شد. در غرقابی سطح ۱ (غرقاب دائمی)، و غرقابی سطح ۲ (غرقاب تناوبی) به اندازه ۷ سانتی‌متر بالای سطح خاک غرقاب شد با این تفاوت که برای اعمال غرقابی سطح ۲، هر دو هفته جهت زهکشی کامل، نهال‌ها از محیط غرقاب بیرون آورده می‌شدند (Li et al., 2005) تا اینکه رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی برسد (این مدت تقریباً ۲ هفته طول کشید). لازم به ذکر است که در هر دو سطح غرقابی، هر زمان که میزان آب حوضچه از حد مورد نظر کمتر می‌شد آبدهی تا رسیدن به سطح مورد نظر صورت می‌گرفت. در طول دوره آزمایش در فواصل یک ماه وجین علف‌های هرز صورت می‌گرفت.

اندازه‌گیری‌ها

در این تحقیق در ابتدای دوره (اواسط خرداد) و انتهای دوره (اواسط مهر) پارامترهای مورفولوژی نهال‌ها از جمله قطر، با استفاده از کولیس دیجیتالی (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر)، ارتفاع با استفاده از خطکش مدرج (با دقت ۰/۱ متر) اندازه‌گیری و تعداد برگ‌ها شمارش شد و رویش‌های قطری و ارتفاعی و همچنین میزان برگزایی مطابق فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

فرمول (۱):

رویش قطری (و یا ارتفاعی) = میزان رشد در آخر دوره - میزان رشد در اول دوره

فرمول (۲):

میزان برگزایی = تعداد برگ در آخر دوره - تعداد برگ در اول دوره

آنگاه سه برگ کاملاً توسعه یافته از بالاترین قسمت هر نهال تهیه و با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter سطح هر برگ مشخص شد (Yang et al., 2007). همچنین، از هر تکرار یک نهال از خاک خارج و پس از شستشوی خاک اطراف ریشه، طول ریشه اندازه‌گیری

شد. سپس هر یک از نهال‌ها به سه قسمت ریشه، ساقه و برگ جدا شدند و بعد از قرار گرفتن در آون (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت) با ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شدند. آنگاه بیوماس‌های ریشه، ساقه، برگ و بیوماس کل (مجموع بیوماس ساقه، ریشه و برگ) تعیین و نسبت بیوماس ریشه به اندام هوایی(ساقه و برگ)، نسبت بیوماس ریشه به کل و همچنین نسبت طول ریشه به ساقه محاسبه گردید.

شایان ذکر است، ظهور منافذ هایپرتروفی روی ساقه غرقاب شده از نخستین روز آزمایش تنش به صورت روزانه کنترل می‌شدند؛ همچنین در انتهای دوره تعداد ریشه نابجا (تشکیل شده روی ریشه اصلی و ساقه واقع در آب) شمارش و در محاسبه بیوماس ریشه دخالت داده شدند. برای اندازه‌گیری شادابی نهال‌ها، ٤ طبقه در نظر گرفته شد. کد ٤ نشان دهنده نهال‌های کاملاً سالم و سرحال (تا ۱۰ درصد برگها رنگ پریده)، کد ۳ شادابی متوسط، نهال‌ها کمی رنگ پریده ولی قوی و در مجموع سرحال (۲۵-۱۰درصد تعداد برگها رنگ پریده)، کد ۲ نسبتاً رنگ پریده، اما در حال رشد (٦۰-۲۵ درصد تعداد برگها رنگ پریده) و کد ۱، شدیداً رنگ پریده یا مربوط به نهال‌های خشکیده (بیش از ٦۰ درصد تعداد برگها رنگ پریده) می‌باشد (Anonymous, 1999).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS.17 انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-smirnov) و جهت بررسی همگنی واریانس از آزمون لون (Levene) استفاده شد. همچنین به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD و به منظور تعیین معنی‌داری پارامترهای کیفی (شادابی) از آزمون مربع کای (χ^2) استفاده شد.

نتایج

مشاهدات حاکیست که غرقابی باعث سیاه شدن ریشه (شکل ۱ ب) و کاهش طول ریشه‌دوانی نهال‌ها شد (جدول ۲). ریشه‌های نابجا (شکل ۱ ب) و منافذ هایپرتروفی (شکل ۱ ج) تقریبا پس از دو هفته و فقط در رژیم‌های غرقابی تشکیل و در غرقاب دوره‌ای بیش از غرقاب دائم دیده شدند (جدول ۲).

نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (one-way ANOVA) (نشان داد که در رژیم‌های آبی مطالعه شده، همه‌ی پارامترهای اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۱). مطابق جدول ۲، بیوماس خشک ریشه در سطح شاهد دارای بیشترین مقدار و در دو سطح دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است. تنش غرقابی تاثیر معنی‌داری بر بیوماس خشک ساقه داشته است طوری که باعث کاهش بیوماس در سطح غرقابی دائم و غرقابی متناوب نسبت به شاهد شده است. همچنین نسبت بیوماس خشک ریشه به بیوماس کل و نسبت بیوماس خشک ساقه به بیوماس کل در سطح غرقابی دائم کاهش معنی‌داری نسبت به سطح غرقابی دوره‌ای و شاهد نشان داده است. میزان برگزایی نهال‌ها نیز در شرایط غرقابی، کاهش شدیدی را نشان داد. نتایج شکل ۲ موید این است که در پایان آزمایش زنده‌مانی نهال‌ها در سطح شاهد ۱۰۰ درصد و در سطح غرقابی دوره‌ای و غرقابی

شکل (۱): تصویر (الف) ریشه نهال ون در شرایط کنترل، تصویر (ب) ریشه‌های نابجا و سیاه شدن ریشه در اثر غرقابی، و تصویر (ج) منافذ هایپرتروفی در ساقه و بالای یقه نهال غرقاب شده.

دائـــم به ترتیب ۸۱/۲۵ و ۷۵ درصد بود. تنش غرقابی باعث افزایـــش رویش قطری نهال‌ها شده، طوری که مقدار رویش در سطح غرقابی دوره‌ای بیشتر از غرقابی دایم و سطح شاهد بوده اســـت. همچنین میـــزان رویش ارتفاعی در ســـطوح مختلف غرقابی بطور معنی‌داری تحت شرایط تنش غرقابی کاهش یافت. سطح برگ نهال‌ها هم پس از ٤ ماه تحمل شـــرایط غرقابی بطور معنی‌داری کاهش یافت، طوری که این کاهش در سطح غرقابی دائم شدیدتر از سطوح شاهد و غرقاب دوره‌ای بوده است. تنش غرقابی باعث کاهش بیوماس کل نهال‌ها در پایان آزمایش شد و بیوماس خشک برگ نیز در سطح شاهد بیشترین مقدار و در سطح غرقابی دائم کمترین مقدار می‌باشد (شکل ۲). بین ســـطوح مختلف غرقابی از لحاظ شادابی تفاوت معنـــی‌داری وجود داشـــت. در تیمار شاهد همه نهال‌ها از شادابی خوب و متوسط برخوردار بودند در حالی که در تیمار غرقاب دائم ۵۰ درصد و در تیمار غرقاب دوره ای ۲۵ درصد نهال‌ها لحاظ شـــادابی در طبقه نسبتاً رنگ پریده و به شدت رنگ پریده قرار داشتند (جدول ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

غرقابی یکی از اســـترس‌های زیست‌محیطی رایـــج در مناطقی با میزان بارش نســـبتاً بالا، زهکشی ضعیف خاک، اکوسیستم‌های کنار–رودخانـــه‌ای و مناطق مرطوب می‌باشـــد که اثرات مهمی روی سوخت و ساز، فیزیولوژی و مورفولوژی گیاهان ایـــن نواحی می‌گذارد (Kozlowski, 2002). در این مناطق، وضعیت رشد و نرخ زنده‌مانی از مهمترین شاخص‌های مقاومت به غرقابی گیاهان به شـــمار می‌آیند (Mommer, et al., 2006; Vreugdenhil, et al., 2006). طوری که در شـــرایط غرقابی به دلیل کاهش نرخ فتوســـنتز خالص نهال تنزل نرخ زنده‌مانی حادث می‌شود (Glenz et al., 2006). در تحقیـــق حاضر گونه ون یکی از گونه‌های مناطق جلگه‌ای شمال کشـــور به مدت ٤ ماه تحت تاثیـــر غرقابی قـــرار گرفـــت و میزان زنده‌مانی آن از ۱۰۰ درصد در تیمار شـــاهد به ۸۱/۲۵ و ۷۵ درصد به ترتیب در ســـطوح غرقابی دوره‌ای و غرقابی دائم کاهش یافت. به نظر می رسد علت زنده‌مانی و موفقیت بیشتر نهال‌های غرقاب تناوبی نسبت به غرقاب دائم به دلیل دسترسی بهتر به اکسیژن مورد نیاز

جدول ۱. تجزیه واریانس یک‌طرفه صفات اندازه‌گیری شده نهال‌های ون در سطوح مختلف غرقابی و شاهد.

صفات	SS	d.f.	MS	F- value	P- value	χ^2
رویش ارتفاعی	۲۳۲/۹۵	۲	۱۱۶/۴۷	۱۸۴/۷۵	۰/۰۰۰*	-
رویش قطری	۳/۱۸	۲	۱/۵۹	۷/۲۰	۰/۰۱۴*	-
سطح‌برگ	۲۸۰۲/۹۸	۲	۱۴۰۱/۴۹	۶۲۳/۸۳	۰/۰۰۰*	-
میزان برگ‌زایی	۱۴۶۰/۶۷	۲	۷۳۰/۳۳	۶۹/۱۹	۰/۰۰۰*	-
طول‌ریشه‌دوانی	۱۸۷۷/۶۹	۲	۹۳۸/۸۴	۱۰۲/۸۴	۰/۰۰۰*	-
طول ریشه به ساقه	۰/۵۷	۲	۰/۲۸	۴۷/۰۵	۰/۰۰۰*	-
بیوماس خشک برگ	۳۰/۱۴	۲	۱۵/۰۷	۱۶۳۹۰/۹۹	۰/۰۰۰*	-
تعداد ریشه نابجا	۱۰۰۵/۱۷	۲	۵۰۲/۵۸	۲۰۷/۹۷	۰/۰۰۰*	-
بیوماس خشک ساقه	۵۱/۴۵	۲	۲۵/۷۳	۴/۶۲	۰/۰۴۲*	-
بیوماس‌ریشه به اندام هوایی	۱/۰۶	۲	۰/۵۳	۸/۴۷	۰/۰۰۹*	-
بیوماس خشک ریشه	۱۰۶۲/۷۵	۲	۵۳۱/۳۷	۲۲/۲۵	۰/۰۰۰*	-
بیوماس خشک ریشه به کل	۰/۰۵	۲	۰/۰۳	۹/۲۳	۰/۰۰۷*	-
بیوماس کل	۲۰۴۱/۳۵	۲	۱۰۲۰/۶۸	۲۵/۰۷	۰/۰۰۰*	-
شادابی	-	۲	-	-	۰/۰۰۸*	۹/۵۴

****، * به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ می‌باشد و ns نشان عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.**

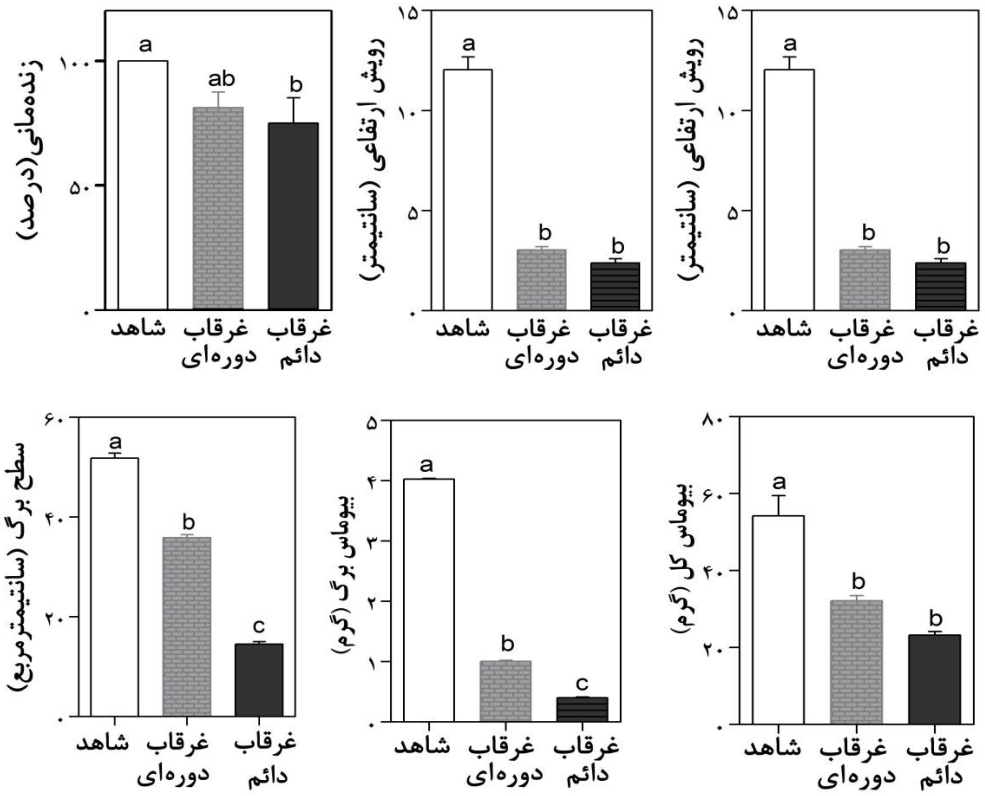
جدول ۲. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده نهال‌های ون تحت شرایط غرقابی و شاهد

صفات	سطوح تیمار		
	غرقابی دایم	غرقابی دوره‌ای	شاهد
میزان برگ‌زایی (تعداد)	-۱۹/۰۰±۱/۲۳b	-۱۴/۰۰±۲/۴۵b	۶/۵۰±۰/۶۵a
طول‌ریشه‌دوانی (سانتیمتر)	۳۴/۲۵±۱/۶۵b	۲۴/۲۵±۱/۵۵c	۵۴/۳۳±۱/۳۱a
طول ریشه به ساقه	۰/۷۳±۰/۰۳b	۰/۵۰±۰/۰۴c	۱/۰۳±۰/۴۷a
تعداد ریشه نابجا	۱۶/۲۵±۰/۸۵b	۲۱/۵۰±۱/۰۴a	-
بیوماس ساقه (گرم)	۱۲/۲۳±۰/۴۱b	۱۳/۳۲±۱/۳۹ab	۱۷/۰۶±۱/۴۵a
بیوماس ریشه به اندام هوایی	۰/۸۴±۰/۰۹b	۱/۲۹±۰/۱۶a	۱/۵۷±۰/۱۱a
بیوماس ریشه (گرم)	۱۰/۵۹±۱/۰۷b	۱۷/۸۳±۰/۸۷b	۳۳/۱۷±۴/۰۰a
بیوماس ریشه به کل	۰/۴۵±۰/۰۳b	۰/۵۶±۰/۰۳a	۰/۶۱±۰/۰۲a

***: اعداد بعد از میانگین مقدار اشتباه معیار را نشان می‌دهند.**

جدول ۳. درصد فراوانی شادابی نهال‌های ون در سطوح مختلف غرقابی و شاهد

کیفیت شادابی	غرقابی دائم	غرقابی دوره‌ای	شاهد
شادابی خوب	۱۸/۷۵	۲۵	۶۲/۵۰
شادابی متوسط	۳۱/۲۵	۵۰	۳۷/۵۰
نسبتا رنگ پریده	۲۵	۶/۲۵	-
به شدت رنگ پریده	۲۵	۱۸/۷۵	-



شکل ۲. مقایسه میانگین زنده‌مانی، رویش ارتفاعی، رویش قطری، سطح برگ، بیوماس برگ و کل نهال‌های ون تحت شرایط غرقابی

برای متابولیسم هم از طریق تولید بیشتر ریشه‌های نابجا و هم از طریق زهکشی خاک بوده که به دنبال آن سطح اندام فتوسنتزکننده گیاه و متعاقباً میزان برگزایی، سطح برگ و بیوماس برگ افزایش یافته است. این درحالی است که Sakio (2005) نشان داد که زنده‌مانی نهال‌های یکساله *Fraxinus platypoda* پس از ۷ ماه تحمل شرایط غرقابی بدون تغییر بوده و ۱۰۰ درصد نهال‌ها در پایان آزمایش زنده مانده‌اند. در مطالعات انجام شده روی غرقابی تناوبی (۱۰ روز غرقاب و ۱۰ روز زهکشی) با نهال‌های یکساله *Quercus nuttallii* میزان زنده‌مانی پس از ۷۲ روز حدود ۷۸ درصد بوده است (Farmer and Pezeshki, 2004). در مطالعه دیگر پس از تحمل ۱۸۰ روز غرقابی و ۶۰ روز زهکشی زنده‌مانی نهال‌های یکساله *Melaleuca alternifolia* برابر ۱۰۰ درصد و بدون هیچ علائم آسیب‌دیدگی در نهال‌ها بوده است (Jing et al., 2009).

همانند نتایج بررسی حاضر، نتایج تحقیقات Du et al. (2012) روی نهال‌های *Populus deltoides* و P. Simonii، Xiaoling et al.) 2011) روی نهال‌های Distylium chinense، Farmer and Pezeshki) 2004) روی نهال‌های *Quercus nuttalii*، قنبری و همکاران (۱۳۹۰) روی نهال‌های *Populus deltoides* و ساداتی و همکاران (۱۳۹۰) روی نهال‌های *Populus caspica*، نشان داد که غرقابی باعث کاهش رویش ارتفاعی نهال‌ها می‌شود. در تحقیق حاضر، اگرچه رویش ارتفاعی نهال‌های تحت

تنش کاهش یافت لیکن تفاوت معنی‌داری بین غرقابی دوره‌ای و غرقابی دائم در این مشخصه مشاهده نشد در حالی که رویش قطری در تیمار غرقابی دوره‌ای از بیشترین مقدار و در سطح شاهد از کمترین مقدار برخوردار بود. به طور مشابه Iwanaga and Yamamoto (2007) با بررسی نهال‌های *Alnus japonica* دریافتند که رویش قطری نهال‌ها تا نقطه‌ای از ساقه که در آب قرار داشت پس از ٤٢ روز افزایش اما رویش ارتفاعی آنها کاهش یافت.

در تحقیقی دیگر نیز Yamamoto et al. (1995) پی بردند که پس از ۷۰ روز تحت تنش غرقابی، رویش قطری در نهال‌های دوساله‌ی *Fraxinus mandshurica Rupr.* Var japonica Maxim. حدود ٤ برابر بیشتر از آنها در شرایط شاهد بود، این در حالی بود که در رویش ارتفاعی نهال‌ها تغییری ایجاد نشده بود. آنها طی مطالعاتشان اثبات کردند که افزایش رویش قطری در نهال‌های غرقابی به دلیل افزایش تعداد و اندازه سلول‌های آوندهای چوبی، مخصوصا الیاف لیبریفورم (Libriform wood fibers) می‌باشد طوری که تعداد الیاف چوبی در نهال‌های غرقابی بیش از ۲ برابر نهال‌های شاهد بود؛ همچنین الیاف چوبی هم در جهت شعاعی و هم در جهت تانژانتی بزرگتر از نهال‌های شاهد بوده است.

در همین راستا نتایج Yamamoto et al. (1987) نشان داد ساقه‌های نهال‌های غرقاب شده‌ی *Pinus halepensis* دارای اشعه‌های چوبی بیشتر و بزرگتر، کانال‌های رزینی بیشتر و سلول‌های پارانشیم آبکش بیشتری نسبت به ساقه نهال‌های شرایط کنترل می‌باشند. البته در برخی گزارش‌ها دلیل محکمتر افزایش قطر نهال‌های شرایط غرقاب، به خاطر ایجاد و افزایش منافذ پوست در محدوده یقه و قسمتی از ساقه واقع در آب تلقی شده است که از این طریق تبادلات گازی، بالاخص انتشار اکسیژن به راحتی صورت می‌گیرد (Kozlowski, 1997).

به طور کلی، شرایط غرقابی و ماندابی باعث کاهش در وزن خشک سیستم ریشه‌ای نهال‌ها می‌شود حتی اگر ریشه‌های نابجا تشکیل شده باشد (Yamamoto et al., 1995). در تحقیق ما بیوماس ریشه، بیوماس برگ، بیوماس ساقه، بیوماس ریشه به اندام‌های هوایی، بیوماس ریشه به کل، بیوماس کل و همچنین طول ریشه‌دوانی نهال‌های ون تحت تاثیر شرایط غرقابی کاهش یافت. نتایج سایر مطالعات نیز حاکیست که غرقابی باعث کاهش بیوماس ریشه و بیوماس کل (Iwanaga and Yamamoto, 2007)، بیوماس برگ، بیوماس ریشه به اندام هوایی، بیوماس ریشه به کل و طول ریشه دوانی، سطح برگ، میزان برگزایی و شادابی نهال‌ها (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰) و همچنین بیوماس ساقه می‌شود (Gimeno et al., 2012).

تحت شرایط غرقابی سیستم ریشه‌ای گیاه در اثر کمبود اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن و متابولیت‌های سمی نظیر آلدهیدها، اسیدهای آلی، اتانول و غیره آسیب می‌بیند و فرآیند جذب آب و مواد غذایی و به دنبال آن فرآیندهای فیزیولوژیکی مختل می‌گردد (حسن‌زاده قورت‌تپه و قیاسی، ۱۳۸۷)، در نتیجه تشکیل و گسترش ریشه‌های جدید، رشد ریشه‌های موجود و میکوریز کاهش یافته و پوسیدگی ریشه و کاهش بیوماس کل ریشه ایجاد می‌گردد (Kozlowski, 1997; Yamamoto et al., 1995).

تولید ریشـــه‌های نابجا یکی از مکانیسم‌های سازشـــی گیاهان غرقابی اســـت کـــه برای جایگزینـــی ریشـــه‌ای که از بین رفته اســـت تشکیل می‌شود و تولید این ریشه در بسیاری از گونه‌هـــای تحت تنـــش غرقابـــی افزایش می‌یابد (Chen et al., 2003). پس از اینکه تحت شرایط غرقابی، سیستم ریشه‌ای اصلی گیاه در اثر کمبود اکسیژن از بین رفت، ریشه‌های نابجا روی ریشـــه‌های اصلی و قسمت‌هایی از ســـاقه که در آب غوطه‌ور هستند، بوجود می‌آینـــد و باعث جذب آب، اکســـیژن و مواد غذایی می‌شـــوند تا از این طریق موجب حفظ زنده‌مانی نهال‌ها شوند (Glenz et al., 2006). در مطالعه حاضر، ریشه‌های نابجا حدود ۱۵ روز پـــس از قرار گرفتن نهال‌ها در شـــرایط غرقـــاب ظاهر شـــدند. ظهور ایـــن پدیده در گونه‌های *Distylium chinensis* (Xiaoling et al., 2011) و *Fraxinus mandshurica* پس از ۱۵ روز (Yamamoto et al., 1995) و در گونه *Populus deltoides* پس از ۲۰ روز (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰) گزارش شده است.

یکی دیگر از سازگاری‌های گیاهان در مواجهه با استرس غرقابی ایجاد منافذ هیپرتروفی در ریشه و بخشی از ساقه غرقاب شده است که باعث سهولت انجام تبادلات گازی، مخصوصاً اکسیژن و آزادســـازی ترکیبات سمی، نظیر اســـتالدهید، اتانول و اتیلـــن و غیره از محیط اطراف ریشه می‌شـــود (Glenz et al., 2006). این منافذ در تحقیق حاضر حدود ۱۵ روز پس از واقع شدن نهال‌ها در شرایط تنش غرقابی بر روی قسمت‌هایی از ساقه نهال‌ها که در آب قرار داشتند، مشاهده شد.

اکوسیســـتم‌های جنگلـــی جلگـــه‌ای و کنـــار رودخانه‌ای (Riparian) به دلیل حاصلخیزی، تنوع زیستی و خدمات ارزشمند بوم شناختی از اهمیت بسیاری برخوردارند این در حالی اســـت کـــه در اثر تغییـــر کاربـــری اراضی، موجودیت این اکوسیستم‌ها حتی در مقیاس جهانی به شـــدت در معرض خطر می‌باشـــد (Kozlowski and Pallardy., 2002)، لـــذا حفظ و احیای این مناطق و تثبیت نواحی حاشـــیه رودخانه‌ها امری ضروری است. از آنجا که در مطالعه‌ی حاضر نهال ون نسبت به شرایط غرقابـــی به ویژه غرقابـــی دوره‌ای (تناوبی) در دوره ۱۲۰ روز پاســـخ قابل قبولی نشان داده است، لذا نظر به اهمیت کاهش خسارات نهال‌کاری در مناطق جلگه‌ای و سیلابی شمال کشـــور و آشـــنایی هرچه بیشـــتر با کیفیت ســـازگاری نهال‌ها در مراحل رویشی بالاتر به شـــرایط غرقابی دوره‌ای ودائم شایســـته است چنین تحقیقی با این گونه وگونه‌های هم سرشت توسط پژوهشگران ادامه یابد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و مساعدت کارشناس محترم آزمایشگاه گروه جنگلداری دانشکده، آقای مهنـــدس منوچهـــر نائیجـــی همچنین مهنـــدس صادق بور و کلیـــه عزیزانی که در مراحل مختلف این تحقیق با کمال بزرگواری نگارندگان را یاری کردند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- حســـن‌زاده قورت‌تپه، ع. و قیاسی، م. (۱۳۸۷). تنش غرقابی و آثار آن بر اکوفیزیولوژی گیاهان. جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، ارومیه. ص ۱۱۳.
- ساداتی، س.ا.، طبری، م.، عصاره، م.ح.، حیدری شریف‌آباد، ح و فیاض، پ. (۱۳۹۰). واکنش نهال سفید پلت *(Populus caspica Bornm.)* به تنش غرقابی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۹(۳): ۳۵۵-۳٤۰.
- سعیدی، ز. و آزادفر، د. (۱۳۸۸). تاثیر تنش های غرقابی و خشکی بر نرخ فتوسنتز و درصد زنده‌مانی سه گونه مختلف صنوبر. مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل ۱٦(۳): ۱۰۵-۹۳.
- طبری، م.، جزیره ای، م.ح.، اســـدالهی، ف. و حاجی میرصادقی، م. م.ع. (۱۳۸۱). بررســـی جوامع جنگلی و نیازهای محیطی زبان گنجشـــک (*Fraxinus excelsior* L.) در جنگل های شمال ایران. پژوهش و سازندگی ۱۵(۲): ۱۰۱-۹٤.
- قنبری، ا.، طبری، م و ساداتی، ا. (۱۳۹۰). ویژگی‌های رویشی نهال‌های صنوبر دلتوئیدس *(Populus deltoides)* تحت تنش غرقابی. زیست‌شناسی گیاهی ۱۰(۳): ۵۸-٤۷.

- Anderson, P. H. and Pezeshki, S. R. (1999). The effect of intermittent flooding on seedling of three forest species. Photosynthetica 37(4): 543–552.
- Anonymous (1999). Forest Condition in Europe. Results of the 1997. Crown Condition Survey. Technical Report prepared by Federal Research Center for Forestry and Forest Products, Brussels.
- Chen, H. and Qualls, R. G. (2003). Anaerobic metabolism in the roots of seedlings of the invasive exotic Lepidium latifolium. Environmental and Experimental Botany 50(1): 29-40 .
- Du, K., Xu, L., Wu, H., Tu, B. and Zheng, B. (2012). Ecophysiological and morphological adaption to soil flooding of two poplar clones differing in flood-tolerance. Flora 207(2):96-106 .
- Eddouks, M., Maghrani, M., Zeggwagh, N. A., Haloui, M. and Michel, J. B. (2005). Fraxinus excelsior L. evokes a hypotensive action in normal and spontaneously hypertensive rats. Journal of Ethnopharmacology 99(1): 49–54.
- Farmer, J. W. and Pezeshki, S. R. (2004). Effects of periodic flooding and root pruning on Quercus nuttallii seedling. Wetlands Ecology and Management 12(3): 205-214 .
- Ghanbary, E., Tabari, M., González, E and Zarafshar, M. (2012). Morphophysiological responses of Alnus subcordata (L.) seedlings to permanent flooding and partial submersion. Journal of Environmental Science 4(3): 1211-1222 .
- Gimeno, V., Syvertsen, J. P., Simon, I., Nieves, M., Diaz-Lopez, L., Martinez, V. and Garsia-Sanchez, F. (2012). Physiological and morphological responses to flooding with fresh or saline water in Jatropha curcas. Environmental and Experimental Botany. 78(1): 47-55
- Glenz, C., Schlaepfer, R., Iorgulescu, I. and Kienast, F. (2006). Flooding tolerance of Central European tree and shrub species. Forest Ecology and Management 235(1-3): 1-13
- Iwanaga, F. and Yamamoto, F. (2007). Growth, morphology and photosynthetic activity in flooded Alnus japonica seedlings. Journal of Forest Research 12(3): 243-246 .
- Jing, X. Y., Li, L. G., Gu, H. B., Yang, J. D., Xiao, L., Lio, X. R. and Peng, L. C. (2009). Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and growth responses of Melaleuca alternifolia seedlings to flooding and subsequent recovery. Photosynthetica 47(4): 595-601 .
- Kozlowski, T. T. (1997). Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology Monograph. Heron Publishing, Victoria. 29pp.
- Kozlowski, T. T. (2002). Physiological ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. Wetlands 22(3):550–561.
- Kozlowski, T. T. and Pallardy, S. G. 2002. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. Botanical Review 68(2): 270-334 .
- Li, S., Martin, L. T., Pezeshki, S. R. and Shields Jr, F. D. (2005). Responses of black willow (Salix nigra) cuttings to simulated herbivory and flooding. Acta Ecologica 28(2): 173–180.
- Megonigal, J. P. and Day, F. P. 1992. Effects of flooding on root and shoot production of bald cypress in large experimental enclosures. Ecology. 73(4): 1182-1193 .

- Mommer, L., Lenssen, J. P. M., Huber, H., Visser, E. J. W. and Kroon, H. A. (2006). Ecophysiological determinants of plant performance under flooding: a comparative study of seven plant families. Journal of Ecology. 94(6): 1117-1129 .
- Sakio, H. (2005). Effects of flooding on growth of seedlings of woody riparian species. Journal of Forest Research. 10(4): 341-346 .
- Vreugdenhil, S. J., Kramer, K. and Pelsma, T. (2006). Effects of flooding duration, -frequency and -depth on the presence of saplings of six woody species in north-west Europe. Forest Ecology and Management. 236(1): 47-55 .
- Xiaoling, L., Ning, L., Jin, Y., Fuzhou,Y., Faju, C. and Fangqing, C. (2011). Morphological and photosynthetic responses of riparian plant Distylium chinense seedlings to simulated Autumn and Winter flooding in Three Gorges Reservoir Region of the Yangtze River, China. Acta Ecologica Sinica. 31(1): 31–39.
- Yamamoto, F., Kozlowski, T. T. and Wolter, K. E. (1987). Effect of flooding on growth, stem anatomy, and ethylene production of Pinus halepensis seedlings. Canadian Journal of Forest Research. 17(1):69-79 .
- Yamamoto, F., Sakata, T. and Terazawa, K. (1995). Physiological, morphological and anatomical responses of Fraxinus mandshurica seedlings to flooding. Tree Physiology. 15(11): 713-719 .
- Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X. Q. and Yin. H. J. (2007). Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of Picea asperata seedlings. Photosynthetica. 45(4): 613-619 .