تأثیر شوری کلرید سدیم بر رشد و جذب عناصر معدنی در کاج تهران (*Pinus eldarica*)

حمید صادقی

استادیار گروه زیست شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

چکیده

جنبه های مختلفی از تأثیر تنش شوری ، با استفاده از نمک کلرید سدیم ، بر پارامترهای رشد نظیر میـزان رشـد طـولی گیـاه و تولیـد توده زنده ، جذب عناصر معدنی ، رقابت یونی و میزان تحمل شوری در دانه رست های یکساله کاج تهـران(پینـوس الـداریکا) ، کـه در گلخانه و با محلول غذایی رشد کرده بودند ، مورد بررسی قرار گرفت . طرح آزمایش هـا بـه صـورت کـاملا تصـادفی و در شـش تیمـار مختلف با اضافه کردن نمک کلرید سدیم در غلظت های 0 ، 25 ، 50 ، 100 ، 150 و 200 میلی مولار به محلول غـذایی طراحـی شـد (هدایت الکتریکی محلول به ترتیب 1 ، 3/1 ، 6 ، 10/4 ، 14/5 و 19/6 میلی زیمنس بر سانتی متر بود) . نتایج حاصل از این مطالعـات، که با آنالیز رگرسیون خطی همراه شد، نشان داد که با افزایش غلظت نمک به سطوح بالاتر از 50 میلی مـولار در محـیط ریشـه میـزان رشد طولی گیاهان کاج تهران کاهش می یابد . این موضوع با نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین توده زنده کل با استفاده از آزمون "دانکن" هماهنگی دارد . نتایج حاصل از آنالیز اخیر همچنین نشان داد که از نظر کاهش توده زنده ، برگ ها حساسیت بیشتری نسبت به ریشه و ساقه به افزایش شوری نشان می دهند . افزایش انباشتگی سدیم و کاهش پتاسیم به عنوان پیامدی از افزایش غلظت نمک تا سطح 150 میلی مولار کلرید سدیم در هر سه اندام ریشه ، ساقه و برگ مشاهده شد ، اما با افزایش غلظت نمک از 150 میلی مولار بـه 200 میلی مولار انباشتگی خالص سدیم نیز کاهش یافت . افزایش غلظت نمک با تغییراتـی در انباشـتگی سـایر عناصـر در انـدام هـای گیاهی همراه بود که می توان به افزایش غلظت منیزیم در ریشه و ساقه ، افزایش کلسیم و فسفر در برگ ها و افزایش نسـبی نیتـروژن در هر سه اندام اشاره کرد .

واژه های کلیدی:کلرید سدیم،کاج تهران،پارامترهای رشد، تغذیه معدنی

مقدمه

کاج تهران را شاید بتوان به عنوان گونه غالب اکثر پوشش های جنگل مصنوعی و فضای سبز ایران نام برد. این گونه علیرغم پراکندگی وسیع ، بومی ایران نبوده ، زادآوری طبیعی ندارد و در تمـام زیسـتگاه هـای موجـود در ایـران در قالب طرح های احیای جنگل و فضای سبز توسط سازمان جنگل ها و مراتع کشور، اداره کل منابع طبیعی و سازمان های تابعه آنها کاشته شده است. کشور ایران از جمله کشورهایی است که در بسـیاری از نقـاط آن مشـکل شـوری و عدم زه کشی مناسب اراضی دیده می شود. به همین دلیل و به دلایل متفـاوت دیگـر ، گونـه مـذکور در بسـیاری از مناطق پاسخ مناسبی از نظر ایجاد یا احیای پوشش های جنگلی نداشته است ، و به علـت برخـورد بـا شـوری زیـاد خاک از ادامه رشد باز مانده است. برای مثال می توان به پوشش های اطراف بزرگراه تهران-قم اشـاره کـرد. قبـل از هرگونه برنامه ریزی در مورد پروژه های اکولوژیکی از قبیل کویرزدایی، بیابـان زدایـی و یـا ایجـاد کمربنـد سـبز در اطراف شهرها بایستی شناخت کاملی نسبت به مکانیسم های مقاومت و سـازش گیاهـان برگزیـده بـرای کاشـت در

Archive of SID

www.SID.ir

چنین مناطقی صورت گیرد. مکانیسم هایی که باعث سازش گیاهان به شرایط خشکی، شوری، دمای بالا، pH خاک و تنش هایی نظیر آن می شود. تنش های مذکور به شدت رشد گونه های درختی را تحت تأثیر قرار می دهد (10) و یکی از مهم ترین این تنش ها شوری است (13) . مطالعات زیادی به منظور بررسی تحمل نمک و پاسخ های فیزیولوژیکی به شوری در گونه های درختی صورت گرفته است. منظور از این مطالعات انتخاب گونه های سازگار برای کاشت در مناطق متأثر از تنش شوری یا خشکی بوده است (3-1 ، 10-6) . این بررسی ها با آزمایش های غربال گری در گلخانه های شیشه ای همراه بوده است و به نحو موفقیت آمیزی به شناخت گونه های درختی که برای کاشت در زمین های شور مناسب هستند منجر شده است (4، 7-6، 10-9 ، 16- 13، 18-17) . علاوه بر این مکانیسم های تحمل شوری و پاسخ های فیزیولوژیکی گونه های غیرنمک دوست توسط دانشمندان مختلف نظیر گرین وی و مانس (2) ، کوزلووسکی (3)، می یر و همکاران (7) ، مانس (8) ، رویز و همکاران (13) و ژائو و همکاران (19)، مورد بررسی قرار گرفته است.

از نظر این محققین یکی از پیامدهای تأثیر شوری بر گیاهان جلوگیری از رشد آنها است ، و صرف نظر از تفاوت های ژنتیکی که از نظر توانایی تحمل شوری بین گیاهان مختلف وجود دارد، با افزایش سطح شوری تولید توده زنده در اکثر گونه های مورد مطالعه کاهش می یابد (16) .میزان تولید توده زنده، ارتفاع کلی گیاه و تعداد برگ ها شاخص های مورفولوژیکی مهمی هستند که برای سنجش بردباری گونه های مختلف گیاهی به شوری مورد استفاده قرار گرفته است (3 ، 6 ، 13 ، 16-15 ، 18) . به علاوه بسیاری از محققین معتقدند که تغذیه معدنی یک فاکتور مهم و کلیدی در پاسخ های گیاهان به نمک است و شوری جذب مواد معدنی به وسیله گیاه را مختل می کند . شوری از طریق ایجاد اثر اسمزی، برهم کنش های رقابتی بین یون ها و اثر بر ویژگی های تراوایی انتخابی غشای سلولی ، توازن در جذب عناصر معدنی را به هم می زند (3-2 ، 8-7) .

در این پژوهش، که با هدف بررسی میزان تحمل شوری در کاج تهران (*Pinus eldarica* M.) انجام شده است، اثر غلظت های متفاوت نمک کلرید سدیم بر پارامترهای رشد نظیر میزان رشد ، توده زنده کل ، توده زنده برگ ، ساقه و ریشه مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین تأثیر غلظت های فزاینده نمک مذکور بر میزان جذب از طریق اندازه گیری انباشتگی خالص عناصر معدنی در سه اندام برگ، ساقه و ریشه مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش ها

تهیه و کاشت بذر کاج تهران : بذرهای مورد استفاده در این پژوهش ، با همکاری اداره کل منابع طبیعی شهرستان چالوس و مرکز تهیه بذر گونه های جنگلی محمود آباد از جمعیتی که در سمنان وجود داشت جمع آوری گردید . بذرها دارای خلوص 100 درصد و با قوه نامیه 80 درصد گزارش شده بود . بذرها ابتدا به مدت 24 ساعت در آب معمولی خیس شده و در شرایط طبیعی بر روی خاک پیت کشت شدند. خاک پیت به دلیل تخلخل کافی ، ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تبادل کاتیونی یک محیط رشد مناسب برای بذر انواع گونه های درختی است (4 ، 6 ، 15) . پس از گذشت 45 روز از رویش بذرها، دانه رست های همگن و نسبتاً یکسان (با توجه به ارتفاع کلی و قطر ساقه در محل یقه) برداشت شده و به گلدان های 2 کیلوگرمی پلاستیکی حاوی شن شسته شده و در هر گلدان یک دانه رست ، انتقال یافتند .دانه رست ها درگلخانه شیشه ای با نور طبیعی و دمای 30-25 درجه سانتی گراد نگهداری شدند (4 ، 6 ، 15) .

Archive of SID
www.SID.ir

نحوه آبیاری و ترکیب محلول غذایی: گیاهان مذکور روزانه با 80 میلی لیتر محلول غذایی تازه و با ترکیب زیر آبیاری شدند:

$Cu(0.15\times10^{-3})$ ، $Fe(0.1)$ ، $MgSO_4(0.25)$ ، $CaCl_2(0.25)$ ، $KH_2PO_4(0.5)$ ، $NH_4NO_3(2)$ ، $B(8\times10^{-3})$، $Mn(1.5\times10^{-3})$ ، $Zn(1.5\times10^{-3})$ ، $Mo(0.0015\times10^{-3})$ و $Co(0.0015\times10^{-3})$.

اعداد داخل پرانتز بر حسب میلی مولار بیان شده است (6 ، 15) . تمام ترکیبات مورد استفاده از شرکت "مرک" تهیه شده است . در هر هفته پنج روز آبیاری با محلول مذکور و دو روز نیز آبیاری با آب مقطر در حد اشباع برای جلوگیری از تجمع املاح عناصر غذایی صورت گرفت . pH محلول ها در 4/5 تنظیم شد و این عمل برای مدت شش ماه ادامه یافت . هدایت الکتریکی محلول همواره در 1 mS/cm کنترل شد (6-7 ، 15) .

تیمار با نمک کلرید سدیم :پس از گذشت یک دوره شش ماهه آبیاری با محلول غذایی ، شش سطح تنش با افزودن مقادیر 0 ، 25 ، 50 ، 100 ، 150 و 200 میلی مولار کلرید سدیم به محلول پایه در نظر گرفته شد . تنش کلرید سدیم به مرور تا سطح مورد نظر افزایش یافت (هر از 48 ساعت 25 میلی مولار) ، به گونه ای که پس از پانزده روز ، به بالاترین حد غلظت در تیمار 200 میلی مولار نمک کلرید سدیم رسید . تنش ناشی از کلرید سدیم تا 70 روز ادامه یافت . طرح آزمایش طرح کاملاً تصادفی و برای هر تیمار 8 تکرار مد نظر قرار گرفت . هدایت الکتریکی محلول ها به ترتیب 1 ، 3/1 ، 6 ، 10/4 ، 14/5 ، و 19/6 mS/cm بود(6 ، 15) . کلرید سدیم خالص "مرک" مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه گیری پارامتر های رشد : ارتفاع کلی گیاهان از محل یقه تا رأس ساقه هر دو ماه یک بار در خلال دوره رشد ، قبل از تنش و پس از تنش با هشت تکرار در هر تیمار اندازه گیری شد . وزن خشک ریشه ، ساقه و برگ در پایان دوره تنش با 6 تکرار در هر یک از تیمار ها اندازه گیری شد. به این منظور پس از خارج کردن گیاهان از گلدان ابتدا ریشه ها به طور کامل با آب معمولی و سپس با آب مقطر شستشوشدند و به مدت 96 ساعت در دمای 68 درجه سانتی گراد در کوره گذاشته شده تا خشک شوند . سپس با جدا کردن برگ ها ، ریشه ها و ساقه های مربوط به هر یک از نمونه ها وزن خشک آن ها تعیین گردید (6-7 ، 15) .

اندازه گیری مقدار و محتوای عناصر غذایی : از هر یک از اندام های ریشه ساقه و برگ 250 میلی گرم ماده خشک در لوله های آزمایش ریخته شد و 2 میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ 98% به آن اضافه گردید و به مدت یک هفته در حمام آب گرم به نحو مناسبی هضم شد . برای اطمینان از هضم کامل ، در پایان این مدت یک میلی لیتر H_2O_2 به محتوای لوله های آزمایش اضافه شده و با ورتکس به طور کامل مخلوط گردید . برای هر تیمار 6 تکرار مد نظر قرار گرفت . حجم نهایی هر یک از محلول های به دست آمده در این مرحله به کمک آب دو بار تقطیر و عاری از یون به100 میلی لیتر رسیده و پس از صاف کردن به کمک کاغذ صافی واتمن شماره یک ، تا زمان اندازه گیری غلظت عناصر معدنی به وسیله دستگاه های مربوطه در یخچال نگهداری شد (11 ، 15). نیتروژن کل به روش رنگ سنجی و با استفاده از فرایند فنل ـ آندوفنل اندازه گیری شد (5) . اندازه گیری فسفر به روش رنگسنجی و با استفاده از واکنش مولیبدات ـ وانادات صورت گرفت (15) . برای اندازه گیری مقدار عناصر منیزیم ،کلسیم ، پتاسیم و سدیم نمونه های برگ ، ساقه و ریشه گیاهان کاج تهران در تیمارهای مختلف شوری از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی واریان[1] ، مدل Spectr AA – 200 استفاده شد (15) . برای آنالیزهای آماری از نرم افزار SAS و SPSS

Archive of SID
www.SID.ir

استفاده شد و برای تعیین اثر معنی دار سطوح مختلف تنش شوری بر جذب عناصر معدنی از آنالیز واریانس و آزمون چند دامنه ای جدید دانکن[2] استفاده گردید . تحلیل رشد گیاهان با استفاده از رگرسیون خطی انجام شد.

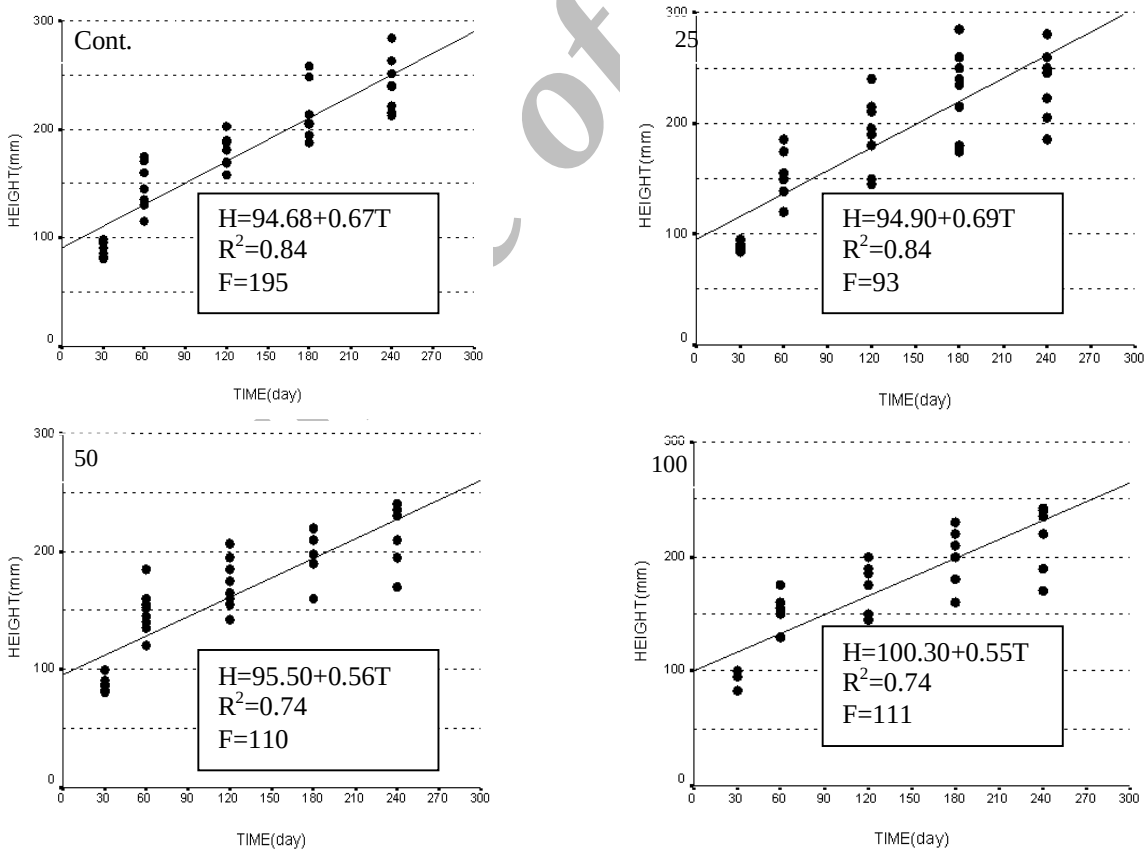
نتایج

نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای رشد

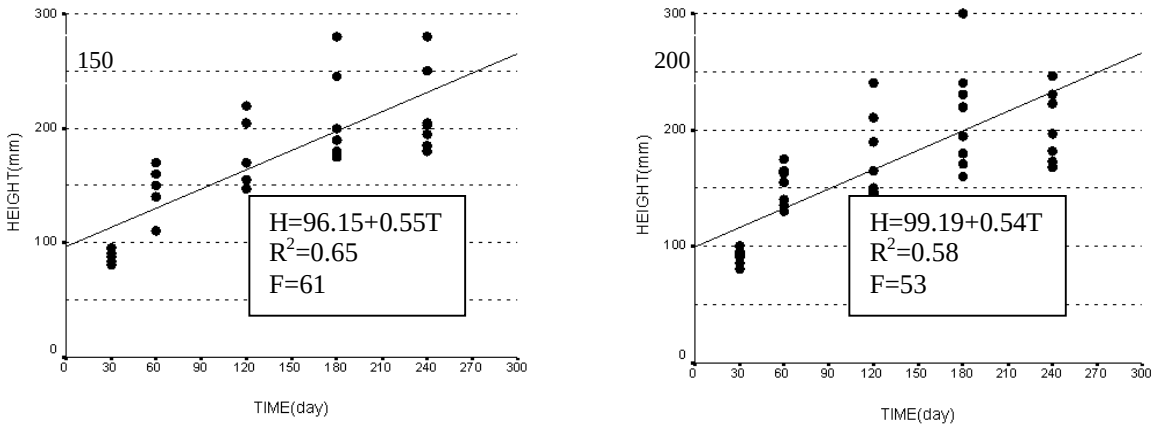
شکل یک نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون خطی میزان رشد به صورت ارتفاع کلی گیاهان کاج تهران را در طول دوره رشد ، پیش از شروع تیمار با کلرید سدیم و پس از شروع تیمار با نمک مذکور در یک دوره 70 روزه ، نشان می دهد . با توجه به اینکه رشد طولی گیاهان در طی دوره آزمایش تا حدودی خطی بوده است ، یک رگرسیون خطی از افزایش ارتفاع نسبت به زمان در مورد هریک از گیاهان در تیمارهای ششگانه به کار رفت و میزان رشد طولی هر گیاه به صورت خطی اندازه گیری شد . با توجه به اینکه ارتفاع کلی گیاهان در شروع دوره تنش با یکدیگر تفاوت های جزئی داشته و از نظر طول کاملا یکسان نبودند ، محاسبه میزان رشد روزانه به صورت ضریب رگرسیون در مقایسه با ارتفاع کلی تحلیل دقیق تری را امکان پذیر می سازد .

1-Varian Atomic Absorption Spectrophotometer

2-Duncan new multiple range test



www.SID.ir



شکل1: تاثیر شوری کلرید سدیم (0، 25، 50، 100، 150 و 200 میلی مولار) بر افزایش ارتفاع گیاهان کاج تهران . منحنی رشد با استفاده از رگرسیون خطی در برنامه SPSS به دست آمده است . در داخل کادر معادله خط رگرسیون به همراه ضریب رگرسیون (T) ، ضریب تعیین (R^2) و مقدار F محاسباتی ارائه شده است. ضریب رگرسیون (T) نشان می دهد که به ازای هر واحد تغییر در زمان چه مقدار تغییر در ارتفاع ایجاد شده است . ضریب تعیین (R^2) نیز نشان می دهد که متغیر مستقل یعنی زمان چند درصد تغییرات رشد را توجیه می کند . مقدار F محاسباتی نیز نشان دهنده معنی دار بودن کل رگرسیون است .

نتایج حاصل از اندازه گیری توده زنده برگ، ساقه و ریشه

جدول یک، نتایج حاصل از اندازه گیری توده زنده برگ ، ساقه و ریشه دانه رست های رشد یافته در تیمارهای مختلف نمک کلرید سدیم را نشان می دهد . از آنجا که گیاهان تیمارهای مختلف در شش ردیف در کنار هم قرار داشتند با مشاهده ظاهری گیاهان نیز تشخیص این که کدام گروه رشد مناسب تری داشته اند مقدور بود . گیاهان رشد یافته در تیمار 25 میلی مولارکلرید سدیم در هیچیک از پارامترهای اندازه گیری شده در جدول یک ، تفاوت معنی داری با شاهد در سطح اطمینان 5% نشان نداده اند و از وضعیت نسبتاً مناسبی برخوردار بودند . در مورد بعضی از پارامترها نظیر توده زنده کل ، این گیاهان حتی از شاهد رشد مناسب تری نشان داده اند ، اگر چه در این مورد نیز تفاوت معنی دار نبوده است . در تیمارهای 50 و 100 میلی مولار نمک کلرید سدیم وزن خشک ریشه و ساقه در حدود 80 درصد نسبت به شاهد بوده و یک کاهش 20 درصدی را در مقایسه با شاهد نشان می دهند . در این حال از این نظر دو تیمار مذکور با یکدیگر و با شاهد تفاوت معنی داری نشان نمی دهند .علاوه بر این به نظر می رسد که برگ ها حساسیت بیش تری نسبت به افزایش غلظت نمک در مقایسه با ریشه و ساقه نشان می دهند . این موضوع را می توان از کاهش 25 درصدی وزن خشک برگ ها در تیمارهای 50 و 100 میلی مولار نمک کلرید سدیم و کاهش 40 درصدی آن در تیمارهای 150 و 200 میلی مولار نمک مذکور نسبت به شاهد درک کرد . کاهش وزن خشک برگ ها در غلظت های 50 و بالاتر از 50 میلی مولار نمک کلرید سدیم نسبت به شاهد یک تفاوت معنی دار را با شاهد و با تیمار 25 میلی مولار نمک کلرید سدیم نشان می دهد .

به طور کلی با افزایش غلظت نمک به سطوح بالاتر از 25 میلی مولار ، وزن خشک هر سه اندام برگ ، ساقه و ریشه کاهش می یابد . در مراحل ابتدایی و جوانی گیاه ، بخش اعظم توده زنده گیاهان کاج تهران را برگ ها تشکیل می دهند و همان گونه که جدول یک نشان می دهد توده زنده برگ ها در پایان یک دوره یکساله رشد و نمو در کاج

Archive of SID
www.SID.ir

تهران در حدود دو برابر ساقه ها و1/5 برابر ریشه ها است . یک نکته قابل توجه این است که کلرید سدیم در غلظت های پایین (حدود 25 میلی مولار) نه تنها تأثیر منفی بر رشد بخش های مختلف دانه رست های کاج تهران نداشته است بلکه تا حدودی به بهبود کیفی رشد در این گونه منجر شده است (به افزایش توده زنده کل در تیمار 25 میلی مولار کلرید سدیم در جدول یک توجه شود).

جدول 1: وزن خشک ریشه ، ساقه و برگ دانه رست های کاج تهران درتیمارهای مختلف نمک کلرید سدیم و محاسبه پارامترنسبی در مقایسه با شاهد با استفاده از رابطه :

$$\text{پارامتر نسبی} = \frac{\text{پارامتر مورد نظر در هر یک از تیمارها}}{\text{پارامتر مورد نظر در گیاهان شاهد}} \times 100\%$$

Treatments NaCl (mMol)	Control(0)	25	50	100	150	200
وزن خشک ریشه (mg)	1081 A	1115 A	928 AB	850 AB	675 B	679 B
پارامتر نسبی(%)		103	86	79	62	63
وزن خشک ساقه (mg)	900 A	894 A	637 AB	720 AB	491 B	555 B
پارامتر نسبی (%)		99	71	80	55	62
وزن خشک برگ (mg)	1682 A	1661 A	1259 B	1245 B	1009 B	1069 B
پارامتر نسبی(%)		99	75	74	60	63
توده زنده کل (mg D.W.)	3663 A	3669 A	2824 B	2816 B	2174 B	2303 B
پارامتر نسبی (%)		100	77	77	59	63
نسبت اندام های هوایی به ریشه Shoot / Root ratio	2.45 A	2.38 A	2.11 A	2.40 A	2.31 A	2.47 A
پارامتر نسبی (%)		97	86	98	94	100

میانگین هایی که در یک ردیف حروف مشترک دارند تفاوت معنی داری در سطح اطمینان 0/05 ندارند .

نتایج حاصل از اندازه گیری مقدار و محتوای عناصر غذایی

جدول های 2 تا 4 مقادیر مربوط به انباشتگی خالص عناصر غذایی در ریشه ، ساقه و برگ گیاهان کامل کاج تهران را در تیمارهای مختلف نمک کلرید سدیم نشان می دهد. این مقادیراز نسبت میانگین غلظت های به دست آمده به جرم مولکولی عناصر بر حسب میلی مول بر گرم ماده خشک بیان شده است (15) .

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 2-انباشتگی خالص عناصر غذایی در ریشه گیاهان کاج تهران در تیمارهای مختلف کلرید سدیم

Treatments: NaCl (mMol L^{-1})	Na(mMol gr^{-1})	K(mMol gr^{-1})	Mg(mMol gr^{-1})	Ca(mMol gr^{-1})	P(mMol gr^{-1})	N(mMol gr^{-1})
0	1.8 C	3.9 AB	0.21 A	7.4 AB	0.12 A	3.2 A
25	4.1 B	3.7 AB	0.14 B	5.4 B	0.08 A	3.7 A
50	4.9 B	4.2 A	0.19 AB	9.5 A	0.13 A	4.7 A
100	5.3 B	2.9 BC	0.17 AB	6.3 AB	0.10 A	6.6 A
150	7.1 A	2.3 C	0.22 A	8.1 AB	0.11 A	7.1 A
200	5.2 B	2.0 C	0.21 A	6.2 AB	0.12 A	2.8 A

میانگین هایی که در یک ستون حروف مشترک دارند تفاوت معنی داری در سطح اطمینان 0/05 ندارند .

جدول 3- انباشتگی خالص عناصر غذایی در ساقه گیاهان کاج تهران در تیمارهای مختلف کلرید سدیم

Treatments: NaCl (mMol L^{-1})	Na(mMol gr^{-1})	K(mMol gr^{-1})	Mg(mMol gr^{-1})	Ca(mMol gr^{-1})	P(mMol gr^{-1})	N(mMol gr^{-1})
0	1.4 B	3.4 A	0.01 C	0.10 A	0.07 A	2.3 A
25	2.6 B	3.5 A	0.03 B	0.09 A	0.13 A	4.2 A
50	2.4 B	2.7 AB	0.06 A	0.08 A	0.09 A	3.4 A
100	2.5 B	2.5 BC	0.05 AB	0.07 A	0.13 A	3.5 A
150	6.3 A	2.0 BC	0.06 A	0.08 A	0.11 A	3.5 A
200	5.0 A	1.8 C	0.06 A	0.09 A	0.14 A	4.5 A

میانگین هایی که در یک ستون حروف مشترک دارند تفاوت معنی داری در سطح اطمینان 0/05 ندارند .

جدول 4-انباشتگی خالص عناصر غذایی در برگ گیاهان کاج تهران در تیمارهای مختلف کلرید سدیم

Treatments: NaCl (mMol L^{-1})	Na(mMol gr^{-1})	K(mMol gr^{-1})	Mg(mMol gr^{-1})	Ca(mMol gr^{-1})	P(mMol gr^{-1})	N(mMol gr^{-1})
0	1.8 B	4.4 A	0.04 A	0.17 BC	0.16 B	4.1 D
25	2.7 B	3.5 B	0.06 A	0.15 DC	0.18 B	13.9 A
50	3.1 B	3.0 BC	0.03 A	0.13 D	0.19 B	10.1 AB
100	3.3 B	3.3 B	0.06 A	0.13 D	0.4 AB	5.5 CD
150	9.4 A	2.7 BC	0.07 A	0.22 A	0.6 A	7.7 BCD
200	8.1 A	2.5 C	0.03 A	0.21 AB	0.5 A	9.2 BC

میانگین هایی که در یک ستون حروف مشترک دارند تفاوت معنی داری در سطح اطمینان 0/05 ندارند .

بحث و نتیجه گیری

تأثیر شوری برمیزان رشد گیاهان کاج تهران

همان گونه که شکل یک نشان می دهد ، حضور نمک باعث کاهش رشد گیاهان کاج تهران شده است و این گونه نیز نظیر بسیاری از گونه های گیاهی دیگر با افزایش غلظت نمک در محیط اطراف ریشه ، کاهش رشد نشان می دهد . آنالیز آماری داده های حاصل از اندازه گیری رشد هریک از این گیاهان با استفاده از رگرسیون خطی در یک دوره یکساله رشد و نمو نشان داد که با افزایش غلظت نمک در تیمارهای مختلف کلرید سدیم ، یک کاهش هماهنگ در میزان رشد دانه رست های کاج تهران اتفاق می افتد ، به گونه ای که متوسط افزایش ارتفاع روزانه با توجه به ضریب رگرسیون (T) از 0/67 میلی متر در تیمار شاهد به 0/54 میلی متر در تیمار 200 میلی مولار

Archive of SID
www.SID.ir

کلرید سدیم کاهش می یابد . نتایج مذکور با نتایج حاصل از بررسی های "سان" و "دیکینسون" در سال 1993بر روی انواعی از گونه های اکالیپتوس و کاج رادیاتا و همچنین بررسی های "لوستائو" و همکاران بر روی کاج پیناستر هماهنگی دارد (16 ، 6) .

یک نکته قابل توجه ، با بررسی داده های مربوط به ضریب رگرسیون (T) در شکل یک ، افزایش میزان رشد در تیمار 25 میلی مولار نمک کلرید سدیم در مقایسه با شاهد است . در بعضی از گونه های مورد مطالعه "سان" و "دیکینسون" نظیر کاج رادیاتا افزایش غلظت نمک مذکور تا سطح 50 میلی مولار باعث افزایش میزان رشد نسبت به گیاهان شاهد شده است (16) اما در کاج تهران این افزایش فقط تا سطح 25 میلی مولار دیده می شود . علاوه بر این با توجه به کاهش قابل توجه ضریب تعیین (R^2)، که نشان دهنده رابطه خطی بین متغیر مستقل یعنی زمان و متغیر وابسته یعنی میزان رشد است ، در غلظت های بالاتر از 100 میلی مولار کلرید سدیم (هدایت الکتریکی محلول 10/4 میلی زیمنس بر سانتی متر)یک کاهش شدید در رشد خطی دانه رست های کاج تهران مشاهده می شود و به نظر می رسد که آستانه تحمل گونه مذکور تا حدود 100 میلی مولار نمک مذکور است . بررسی داده های حاصل از تحلیل رشد با رگرسیون خطی با توجه به شکل یک همچنین نشان می دهد که میزان افزایش رشد طولی در مقایسه با ارتفاع کلی گیاه معیار مناسب تری برای سنجش بردباری گونه های گیاهی به نمک است.

تأثیر شوری بر توده زنده برگ ، ساقه و ریشه دانه رست های کاج تهران

به طور کلی شوری باعث کاهش تعداد برگ ها و طول برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز و رشد گیاه خواهد شد (16) . داده های حاصل از بررسی وزن خشک توده زنده برگ ، ساقه و ریشه دانه رست های کاج تهران در جدول یک نشان می دهد که توده زنده حاصل از هر سه اندام رویشی برگ ، ساقه و ریشه در تیمار 25 میلی مولار نمک کلرید سدیم تفاوت معنی داری با شاهد در سطح اطمینان 0/05 نشان نمی دهد و حتی حضور نمک در غلظت25 میلی مولار باعث افزایش توده زنده ریشه ها در مقایسه با شاهد شده است ،گر چه این افزایش معنی دار نیست. به اعتقاد مانس میزان رشد ریشه ها کمتر از ساقه تحت تأثیر شوری قرار می گیرد (8) . علاوه بر این اندازه گیری وزن خشک ریشه ها در تیمارهای 50 و 100 میلی مولار کلرید سدیم و آنالیز آماری داده ها با استفاده از آزمون دانکن و نرم افزار SAS نشان می دهد که گیاهان رشد یافته در تیمارهای یاد شده تفاوت معنی داری از نظر کاهش رشد با تیمار 25 میلی مولار نشان نمی دهند(جدول 1) .

تصور می شود که سیستم ریشه ای کاج تهران تحمل مناسبی تا سطح 100 میلی مولار کلرید سدیم (هدایت الکتریکی محلول 10/4 میلی زیمنس بر سانتی متر) از خود نشان می دهد. نتایج حاصل از بررسی های حاضر بر روی این گونه با نتایج به دست آمده توسط "توگ نتی" و همکاران در سال 1997 بر روی شش رقم متفاوت کاج حلب قابل مقایسه است و با آن هماهنگی دارد. بررسی های "توگ نتی" و همکاران نشان داه است که رقم های منشأ گرفته از زیستگاه های خشک مقاومت بیشتری به تنش شوری و تنش خشکی نشان می دهند و در این رقم ها بخش عمده ای از توده زنده کل گیاه به ریشه ها اختصاص می یابد (17) .

Archive of SID
www.SID.ir

در کاج تهران افزایش غلظت شوری تا سطوح 150 و200 میلی مولار نمک کلرید سدیم تأثیر نسبتاً شدیدی بر سیستم ریشه داشته است به نحوی که در تیمارهای اخیر وزن خشک ریشه ها تا حدود 60% نسبت به شاهد کاهش یافته است .

تأثیر شوری بر وزن خشک ساقه های گیاهان مورد مطالعه نظیر همین تأثیر بر ریشه ها است و همان گونه که داده های جدول یک نشان می دهد یک کاهش هماهنگ همراه با افزایش غلظت نمک در وزن خشک ساقه ها مشاهده می شود و در اینجا نیز تفاوت معنی داری بین گیاهان شاهد و گیاهان رشد یافته در تیمار 25 میلی مولار نمک کلرید سدیم وجود ندارد. از سه اندام ساقه ، ریشه و برگ در کاج تهران ، ساقه حساسیت بیشتری به غلظت های اضافی نمک دارد و در شرایط شوری بخش عمده ای از نمک به برگ ها انتقال می یابد، اما تأثیر سطوح بالای شوری بر کاهش وزن خشک برگ به اندازه ساقه نیست .

بررسی های حاضر بر روی غلظت سدیم در برگ ها که در جای خود مورد بحث قرار خواهد گرفت گواه دیگری بر این ادعا است. وزن خشک برگ ها نیز با افزایش غلظت نمک کاهش می یابد . مقایسه وزن خشک برگ ها در تیمارهای مختلف شوری با گیاهان شاهد نشان می دهد که در تیمار 25 میلی مولار نمک کلرید سدیم وزن خشک برگ ها تنها 1% کم تر از شاهد است و تفاوت معنی داری بین گیاهان شاهد و گیاهان رشد یافته در تیمار مذکور وجود ندارد ، اما با افزایش غلظت نمک به 50 میلی مولار یک تفاوت معنی دار با شاهد و تیمار 25 میلی مولار نمک در برگ ها ظاهر می شود و این نیز دلیل دیگری بر این ادعا است که احتمالاً با افزایش سطح شوری ورود نمک به برگ ها نیز یک افزایش تصاعدی می یابد به نحوی که در تیمار 50 میلی مولار نمک ، برگ ها بیش از ساقه و ریشه آسیب می بینند و این نه به دلیل حساسیت بیش تر برگ ها است بلکه به دلیل ورود مقادیر اضافی نمکی است که در جریان تعرقی برگ ها به این اندام وارد می شود . مشابه چنین وضعیتی در کاج پیناستر نیز گزارش شده است (6) . با افزایش غلظت نمک تا سطح 150 میلی مولار نسبت اندام های هوایی به ریشه در مقایسه با شاهد کاهش می یابد (جدول 1). این موضوع نیز نشان می دهد که سیستم ریشه ای کاج تهران پایداری بهتری در مقایسه با اندام های هوایی دارد و کاهش نسبی رشد در ریشه ها با افزایش غلظت نمک به حدی نیست که در اندام های هوایی مشاهده می شود . این مسأله با یافته های مانس هماهنگی دارد (8). در سطح 200 میلی مولار نمک کلرید سدیم (هدایت الکتریکی محلول 19/6میلی زیمنس بر سانتی متر) نسبت مذکور بالاتر می رود و با شاهد یکسان می شود و این موضوع نشان می دهد که در غلظت های بالای نمک آسیب پذیری ریشه ها به عنوان اندامی که به طور مستقیم در معرض تنش قرار دارند بیش از ساقه و برگ است . داده های جدول یک در مورد توده زنده کل نشان می دهد که با افزایش غلظت نمک توده زنده کل گیاه کاهش می یابد گرچه به نظر می رسد که کاهش مذکور در غلظت های پایین تر نمک زیاد محسوس نیست و حتی وجود مقادیر کم نمک تا حدود 25 میلی مولار کلرید سدیم (هدایت الکتریکی محلول 3/1 میلی زیمنس بر سانتی متر) موجب تحریک رشد گیاه نیز شده است . این نتیجه با نتایج حاصل از بررسی های "سان" و "دیکینسون" در سال 1993 بر روی بعضی از گونه های اکالیپتوس قابل مقایسه است . در دو گونه از اکالیپتوس های مورد مطالعه ، اکالیپتوس پلیتا (*Eucalyptus pellita* A. and F.) و اکالیپتوس اروفیلا (*E. europhylla* (L.)Herit.) بیشترین توده زنده نسبی در تیمار50 میلی مولار کلرید سدیم تولید شده است (16) .

Archive of SID
www.SID.ir

تأثیر شوری بر جذب عناصر معدنی در دانه رست های کاج تهران

جدول دو غلظت عناصر غذایی در ریشه دانه رست های کاج تهران در تیمارهای مختلف شوری را نشان می دهد. عناصری که اندازه گیری غلظت آن ها در این پژوهش مد نظر بوده است ، منهای سدیم جزء عناصر پر مصرف محسوب می شوند . همان گونه که داده های جدول مذکور نشان می دهد در ریشه ها با افزایش غلظت نمک تا حدود 25 میلی مولار کلرید سدیم غلظت نیتروژن تا حدودی افزایش یافته است . غلظت سدیم نیز از 1/8 میلی مولار در گیاهان شاهد به 4/1 میلی مولار در تیمار 25 میلی مولار کلرید سدیم افزایش نشان می دهد . در تیمار 50 میلی مولار کلرید سدیم غلظت نیتروژن باز هم افزایش می یابد. ضمن این که غلظت سدیم نیز از 1/8 میلی مولار در تیمار شاهد به 4/9 میلی مولار در تیمار 50 میلی مولار نمک افزیش یافته است .

روند افزایش نیتروژن در ریشه با افزایش غلظت نمک تا سطح 150 میلی مولار ادامه می یابد ، به گونه ای که در تیمار 150 میلی مولار کلرید سدیم جذب نیتروژن به بیش از دو برابر میزان آن در شاهد می رسد . به همین ترتیب افزایش سدیم نیز تا حدود 4 برابر غلظت سدیم در ریشه گیاهان شاهد در سطح 150 میلی مولار کلرید سدیم بالا می رود . در بررسی هایی که تا کنون صورت گرفته هیچ تفسیر خاصی در مورد افزایش نیتروژن در ریشه در پی بالا رفتن غلظت نمک ارائه نشده است و در پژوهش های "سائور" و همکارن در سال 1995بر روی کاج پیناستر (15) ، و نیز لوستائو و همکارن در سال 1995بر روی همین گونه فقط به افزایش نیتروژن اشاره شده است(6) . شاید یکی از دلایل بالا رفتن غلظت نیتروژن را بتوان افزایش میزان سنتز پروتئین های محلول دانست که در پاسخ به تنش شوری به عنوان مواد سازگارکننده اسمزی ساخته می شوند . افزایش غلظت سدیم به عنوان پیامدی از افزایش غلظت این یون در محیط اطراف ریشه کاملاً طبیعی می باشد . در این شرایط روند افزایش سدیم در ریشه با کاهش پتاسیم هماهنگ است. به نظر می رسد که با افزایش غلظت نمک در اطراف ریشه و با افرایش غلظت سدیم به دلیل افزایش فعالیت های رقابتی میزان جذب پتاسیم کاهش می یابد. در مورد سایر عناصر یعنی فسفر ، کلسیم و منیزیم به نظر می رسد که شوری جذب آن ها را در ریشه چندان تحت تأثیر قرار نمی دهد ، هر چند در بعضی از تیمارها یک افزایش هماهنگ بین کلسیم و سدیم مشاهده می گردد و پذیرفتن این موضوع که اثرات مضر یون های سدیم اضافی در ریشه تا حدودی به وسیله غلظت های بالایی از یون کلسیم مقابله می شود چندان غیر منطقی به نظر نمی رسد . چنین وضعیتی در تیمار50 ، 100 و 150 میلی مولار کلرید سدیم در جدول دو کاملاً مشهود است.

در مجموع با توجه به رقابت بین سدیم و پتاسیم به نظر می رسد که ریشه های گیاهان کاج تهران وضعیت بالانس یونی و پایداری جذب یون ها را تا غلظت 100 میلی مولار کلرید سدیم در محیط تحمل می کنند ، ولی با افزایش غلظت نمک مذکور به سطوح بالاتر از آن یک اختلال در جذب پتاسیم اتفاق می افتد . این ممکن است پیامدی از تأثیر غلظت های اضافی نمک بر فرایندهای تأمین کننده انرژی لازم برای جذب باشد . چنین می توان تصور کرد که در شوری زیاد بخش اعظم ATP سلول های ریشه به جای این که در جذب یون ها مصرف گردد به بیوسنتز ترکیبات آلی سازگار کننده اختصاص می یابد . قابل توجه است که برای سنتز یک مول گلایسین بتایین در حدود 50 مول ATP هزینه می شود(12) . علاوه بر این کاج ها واجد یک سیستم بیوسنتز کننده رزین و ترکیبات

Archive of SID
www.SID.ir

ترپنوئیدی هستند که به عنوان یک پاسخ عمومی در برابر انواع تنش ها و از جمله تنش شوری فعال می شود(14،۵،۴). بررسی های انجام شده در پژوهش حاضر بر روی گیاهان کامل کاج تهران یک همبستگی مثبت و معنی دار بین افزایش غلظت نمک در ریشه و افزایش تعداد مجاری رزینی را نشان داد . حال چنانچه پذیرفته شود که برای فراهم آمدن تعداد قابل توجهی از این مجاری در شوری زیاد ، هزینه زیادی مصرف می شود ،کاهش جذب یون ها در غلظت های بالای نمک به عنوان پیامدی از کاهش انرژی لازم برای جذب یون منطقی به نظر می رسد.
یک توجیه منطقی دیگر درباره این وضعیت که در غلظت های بالای نمک (غلظت های بالاتر از 100 میلی مولار) شدت جذب عناصر معدنی در ریشه کاهش می یابد ، با توجه به یافته های جدول3 و 4 به دست می آید . همان گونه که جدول های 3 و 4 نشان می دهد انتقال ازت ، فسفر و کلسیم به اندام های هوایی و به ویژه برگ ها در شوری زیاد افزایش یافته است . در جدول 3 افزایش غلظت ازت در تیمار 200 میلی مولار کلرید سدیم در ساقه قابل توجه ، و در حدود دو برابر شاهد است هر چند مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون F تفاوت را معنی دار نشان نداده است . ضمن این که غلظت عناصر به طور کلی در ساقه ها کمتر از ریشه است و این موضوع با توجه به اینکه ساقه ها بیشتر دارای نقش انتقال مواد هستند و در بازدانگان و به ویژه کاج ها ، اشاره ای به نقش ذخیره کنندگی آنها نشده است ، طبیعی به نظر می رسد . غلظت ازت و سدیم ساقه به مرور تا سطح 2 تا 3 برابر شاهد در تیمار 200 میلی مولار کلرید سدیم افزایش یافته است . در ساقه یک همبستگی منفی بین افزایش غلظت نمک در تیمارهای مختلف و غلظت پتاسیم مشاهده می شود اما غلظت منیزیم با افزایش سطح نمک در ساقه افزایش می یابد . همین وضعیت در مورد کلسیم و فسفر برگ ها در جدول 4 کاملا مشهود است . انتقال سدیم اضافی به اندام های هوایی تا سطح 100 میلی مولار نمک کلرید سدیم چندان به چشم نمی آید اما با افزایش غلظت نمک به میزان 150 و 200 میلی مولار ، غلظت سدیم برگ ها به نحو چشمگیری افزایش می یابد و به حدود شش برابر شاهد می رسد (جدول 4) . توجه به این نکته حائز اهمیت است که در چنین غلظت هایی اثر سمی یون های سدیم و احتمالاً کلر اضافی به اندام های هوایی آسیب می رساند . غلظت پتاسیم در ساقه ها و برگ ها با افزایش شوری به تدریج کاهش می یابد و به پائین ترین سطح خود در تیمار 150 و 200 میلی مولار می رسد (جدول 3 و 4) .

نکته پایانی درباره تأثیر شوری بر جذب عناصر معدنی یک موضوع فراموش شده و شاید پنهان مانده از دید محققینی است که تا کنون در این زمینه کار کرده اند و آن هم توجه به مکانیسم های تعدیل کننده بار الکتریکی سلول درحضورنمک های مزاحم است . نسبت بین کاتیون های جذب شده در شرایط شوری یعنی مجموع غلظت پتاسیم ، سدیم ، کلسیم و منیزیم به مجموع غلظت آنیون های اندازه گیری شده در این پژوهش یعنی نیتروژن به صورت نیترات و فسفر به صورت فسفات با افزایش غلظت نمک تا سطح 100 میلی مولار کلرید سدیم کاهش می یابد و از 4 در شرایط شاهد به 2/5 در تیمار 100 میلی مولار کلرید سدیم می رسد ، اما با بالا رفتن سطح شوری به مقادیری فراتر از 100 میلی مولار افزایش می یابد و به 4/7 (حتی بیش از این نسبت در گیاهان شاهد) در تیمار 200 میلی مولار کلرید سدیم می رسد . درک ارتباط بین نسبت مذکور (مجموع کاتیون های جذب شده به آنیون های جذب شده) در حضور غلظت های اضافی نمک های مزاحمی نظیر کلرید سدیم ، البته نیاز به بررسی های بیش تری دارد به ویژه که در این پژوهش غلظت آنیون کلر هم اندازه گیری نشده است ، ولی وجود یک هماهنگی

Archive of SID
www.SID.ir

بین کاهش این نسبت و افزایش نسبت سدیم به پتاسیم ، با افزایش غلظت کلرید سدیم تا سطح 100 میلی مولار و سپس همبستگی بین افزایش نسبت مجموع کاتیون های جذب شده به آنیون های جذب شده و نسبت سدیم به پتاسیم در تیمار 150 و 200 میلی مولار کلرید سدیم بسیار قابل توجه است و شاید در مطالعات آینده ، این موضوع از اهمیت ویژه ای برخوردار شود . احتمال می رود که با افزایش سطح شوری به مقادیری بالاتر از 100 میلی مولار کلرید سدیم ، تحمیل بار مثبت اضافی به سلول از طریق جذب مقادیر سدیم اضافی به وسیله افزایش جذب آنیون هایی نظیر فسفات و نیترات مقابله می شود . هزینه جذب مواد معدنی مذکور به منظور تعدیل بار الکتریکی سلول بدون شک پایین تر از سنتز آنیون های آلی نظیر پروتئین ها ،آمینو اسیدها و یا سایر ترکیبات آلی باردار با بار منفی است.

نتیجه گیری نهایی اینکه با توجه به مجموع یافته های پژوهش حاضر کاج تهران را نمی توان در ردیف گونه های بردبار به شوری قرار داد . آستانه تحمل گونه مذکور را می توان غلظت 100 میلی مولار نمک کلرید سدیم در شن شسته شده دانست . در این حالت هدایت الکتریکی محلول اطراف ریشه در حدود 10/4 میلی زیمنس بر سانتی متر است . در چنین غلظتی از نمک باز هم کاهش رشد مشاهده می شود اما رشد خطی با آهنگی کندتر در مقایسه با شرایط شاهد ادامه می یابد.

تشکر و قدردانی

لازم می دانم از جناب آقای مهندس مجید رحیمی معاونت محترم پژوهشی در دانشگاه آزاد واحد جهرم به دلیل حمایت مالی، سرکار خانم مهندس زمانی زاده و جناب آقای مهندس عفت پور(هر دو ازکارشناسان محترم مجتمع آزمایشگاهی واحد علوم و تحقیقات تهران) به خاطر انجام آنالیزهای مربوط به جذب اتمی عناصر معدنی و همکاری در اندازه گیری غلظت ازت و فسفر نمونه های ریشه ، ساقه و برگ تشکر و سپاسگزاری نمایم.

منابع

1- Chang S., J. D. Puryear, M. A. Dilip L. Dias, E. A. Funkhouser, R. J. Newton, and J. Cairney 1996. Gene expression under water deficit in loblolly pine (*Pinus taeda*): Isolation and characterization of cDNA clones. *Physiologia Plantarum*, 97:139-148

2- Greenway H. and R. Munns 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31: 149-190

3- Kozlowski T. T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology*, Monograph no. 1:1-29

4- Krol M., G. R. Gray, V. M. Hurry, G. Oquist, L. Malek, and N. P. A. Huner 1995. Low-temperature stress and photoperiod affect an increased tolerance to photoinhibition in *Pinus banksiana* seedlings. *Can. J. Bot.*, 73:1119-1127

5-Lerdau M., M. Litvak, P. Palmer and R. Monson 1997. Control over monoterpene emissions from boreal forest conifers. *Tree Physiology*, 17:563-569

6- Loustau D., S. Crepeau, M. G. Guye, M. Sartore and E. Saur 1995. Growth and water relation of three geographically separate origins of maritime pine (*Pinus pinaster*) under saline conditions. *Tree Physiology*, 15:569-576

7- Meier C. E., R. J. Newton, J. D. Puryear, and S. Sen 1992. Physiological responses of Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.) seedlings to drought stress: osmotic adjustment and tissue elasticity. *J. Plant Physiology*, 140:754-760

Archive of SID
www.SID.ir

8- Munns R. 2002 . Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25:239-250
9- Myers B. J., R. G. Benyon, S. Theiveyanathan, R. S. Crridle, C. J. Smith and R. A. Falkiner 1998. Response of effluent-irrigated *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* to salinity and vapor pressure deficits. *Tree Physiology*, 18:565-573
10- Padmanabhan V., Dilip M. A. L. Dias and R. J. Newton 1997. Expression analysis of a gene family in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) induced by water deficit stress.
Plant Molecular Biology, 35:801-807
11- Parkinson, J. A. and S. E. Allen 1975. A wet oxidation procedure suitable for the determination of nitrogen and mineral nutrients in biological material. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal*., 6: 1-11
12- Raven J. A., 1985. Regulation of pH and generation of osmoregularity in vascular plants: a cost-benefit analysis in relation to efficiency of use of energy, nitrogen and water. *New Phytologist*, 101:25-77
13- Ruiz D., V. Martinez and A. Cerda 1997. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. *Tree physiology*, 17:141-150
14- Runion G. B., J. A. Entry, S. A. Prior, R. J. Mitchell, and H. H. Rogers 1999.Tissue chemistry and carbon allocation in seedlings of *Pinus palustris* subjected to elevated atmospheric CO_2 and water stress. *Tree Physiology*, 19:329-335
15- Saur E., C. Lambart, D. Loustau, N. Rotival and P. Trichet 1995. Growth and uptake of mineral elements in response to sodium chloride of three provenances of maritime pine. *J. Plant Nutrition*, 18(2):243-256
16- Sun D., and G. Dickinson, 1993. Responses to salt stress of 16 Eucalyptus species, *Grevillea robusta, Lophostemon confertus* and *Pinus radiata* var. hondurensis.
Forest Ecoligy and Management, 60:1-14
17- Tognetti R., M. Michelozzi and A. Giovannelli 1997. Geographical variation in water relation, hydraulic architecture and terpene composition of Aleppo pine seedlings from Italian provenances. *Tree Physiology*, 17:241-250
18- Zhang J. W., Z. Feng, B. M. Cregg and C. M. Schumann 1997 . Carbon isotopic composition, gas exchange, and growth of three populations of ponderosa pine differing in drought tolerance. *Tree Physiology*, 17:461-466
19- Zhao S., Stephen J. Colombo and E. Blumwald 1995 . The induction of freezing tolernce in jack pine seedlings: The role of root plasma membrane H+-ATPase and redox activities . *Physiologia Plantarum*, 93: 55-60

Archive of SID

The effects of NaCl salinity on the growth and mineral uptake of Tehran pine (*Pinus eldarica* M.)

H. Sadeghi

Dept. of Plant Biology, Islamic Azad University , Jahrom Branch, Jahrom

Abstract
Different aspects of the salt stress effects on plant growth parameters such as growth rate and total biomass production, mineral uptake , ion competition and the rate of salinity tolerance in one-year-

www.SID.ir

old seedlings of Tehran pine (*Pinus eldarica* M.) grown in greenhouse, were investigated by the use of NaCl in different concentrations. Experiments were completely randomly designed and six different treatments were considered by the addition of 0, 25, 50, 100, 150 and 200 millimolars NaCl to the nutrient basal solution (electro conductivity of the solution was 1, 3.1, 6, 10.4, 14.5 and 19.6 $mScm^{-1}$ respectively). The results of this study showed that the increase of the concentration of NaCl over 50 millimolars decreases the rate of growth. This conclusion correlated with the comparison of the mean total biomass by Duncan Test. The results of the recent analysis indicated that regarding the total biomass reduction the leaves are more sensitive to the increase of NaCl concentration than the roots and stems. The raised level of sodium and lowered level of potassium as a consequence of the increased level of the salt stress up to 150 millimolars in the all three organs -roots, stems and leaves- were observed but in reverse by the raise of NaCl level up to 200 millimolars the net accumulation of sodium decreased. The increase concentration of NaCl accompanied by some changes in the accumulation of other mineral elements such as the increased level of net accumulation of Mg in roots and stems, the raised level of Ca and P in leaves and relatively high level of nitrogen in the all three plant organs.

Key words: NaCl, Tehran pine, Growth parameters, Mineral nutrition

Archive of SID

www.SID.ir