تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.3794.1918

مقاله پژوهشی

تعیین حد آستانه تحمل به تنش شوری و برخی ویژگی‌های کمی و فیزیولوژیکی گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

رستم یزدانی‌بیوکی[1*]، حسین بیرامی[1]، مهدی کریمی[1]، محمدحسین بناکار[2]، ولی سلطانی گردفرامرزی[3]

۱. استادیار پژوهشی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد
۲. مربی پژوهشی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد
۳. محقق، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
محتوای نسبی آب
نسبت پتاسیم به سدیم
نشت یونی
وزن خشک ریشه

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۰/۱۵

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۱

۱۵(۲): ۵۱۷-۵۲۷

چکیده

گیاهان دارویی از جمله گیاه کاسنی از گیاهان اقتصادی و ارزشمند بوده که لازم است نسبت به ارزیابی تحمل به تنش این گیاه مطالعات کافی صورت گیرد. به این منظور جهت مطالعه تحمل به شوری گیاه کاسنی آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار به‌صورت گلدانی در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. تیمارهای پنج سطح شوری آب آبیاری شامل آب شهر (شاهد)، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. تیمارهای شوری از طریق رقیق‌سازی آب‌شور منطقه اطراف اردکان با آب شرب تهیه شد و بعد از سبز شدن گیاه به مدت ۸ ماه بر گیاهان اعمال شد. سپس به‌منظور برآورد آستانه تحمل به تنش شوری و کاهش ۵۰ درصد عملکرد از مدل موس-هافمن استفاده شد. در انتهای آزمایش برخی صفات کمی گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که اعمال سطوح شوری به‌طوری معنی‌داری سبب کاهش تمامی ویژگی‌های موردبررسی شد. به‌طوری‌که افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۵۰ درصد ارتفاع بوته، ۵۹ درصد وزن خشک اندام هوایی، ۷۶ درصد وزن خشک ریشه و ۷۲ درصد تعداد آکن در بوته شد. همچنین با افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۹/۶۸ درصد محتوای آب نسبی و افزایش نشت یونی گیاه به میزان ۳۷/۴۷ درصد شد. افزایش شوری از شاهد تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر کاهش نسبت پتاسیم به سدیم به میزان ۹۶ درصد داشت. کاهش ۵۰ و ۱۰۰ درصد عملکرد ریشه کاسنی به ترتیب در شوری ۵/۹۱ و ۱۴/۶۶ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد. به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد گیاه کاسنی تحمل بالایی نسبت به شوری ندارد.

مقدمه

شوری آب‌وخاک و مشکلات مرتبط با آن از مهم‌ترین محدودیت‌های کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و عمدتاً در این مناطق با توجه به محدودیت در منابع آب شیرین، به‌ناچار از منابع آب‌شور زیرزمینی و زه آب‌ها در کشاورزی استفاده می‌شود (Minhas et al., 2020). به لحاظ کم شدن و همچنین کاهش کیفیت منابع آب و شور شدن بسیاری از اراضی کشور لازم است تا در جهت توسعه کاشت گیاهان مقاوم به شوری اقدام گردد (Rahimian, 2017)، جهت افزایش کاشت گیاهان امیدبخش به شوری نیاز است تا نسبت به تعیین آستانه تحمل به شوری و واکنش‌های عملکردی گیاهان نسبت به افزایش شوری اقدام گردد. مطالعات حاکی از تحمل نسبتاً خوب گیاه کاسنی به شوری است (Boyd and Rogers, 2004)، لذا در پژوهش حاضر گیاه کاسنی موردبررسی قرار گرفت.

کاسنی گیاهی از جنس Cichorium و از مهم‌ترین گیاهان خانواده کاسنی است (Pourmoradi et al., 2020). خانواده کاسنی به‌طور طبیعی در مناطق مختلف ایران رشد می‌کنند و نسبت به شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور

* نگارنده پاسخگو: رستم یزدانی‌بیوکی. پست الکترونیک: r.yazdani@areeo.ac.ir

متحمل هستند، این گیاه در درمان بسیاری از بیماری‌های عفونی و گوارشی مورداستفاده قرار می‌گیرند (Farhoudi, 2017).

مطالعات زیادی در خصوص تعیین ویژگی‌های جوانه‌زنی و همچنین پاسخ رشدی گیاه کاسنی نسبت به سطوح شوری انجام شده است ازجمله بررسی سطوح شوری ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار بر شاخص بنیه کاسنی حاکی از کاهش ۲۰ درصدی بینه بذر با افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بود و افزایش شوری تا سطح ۴۰۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۱۰۰ درصد در بنیه بذر گیاه شد (Ghavam and Azarnivand, 2016). همچنین در آزمایشی دیگر تأثیر تیمار شاهد، ۶۵ و ۱۳۰ میلی‌مولار نمک طعام بر گیاه کاسنی در شرایط گلدانی حاکی از آن بود که افزایش شوری تا ۶۵ و ۱۳۵ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌داری در وزن خشک ساقه، محتوای نسبی آب، شاخص پایداری غشا و میزان کلروفیل گیاه شد (Poursakhi et al., 2019). در تحقیق جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری ۰، ۵-، ۱۰- و ۱۵- بار بر ویژگی‌های جوانه‌زنی این گیاه گزارش شده است که درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه چه، وزن تر گیاهچه و شاخص بنیه بذر کاهش یافتند، اما سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر شوری قرار نگرفت، همچنین کاهش ۵۰ درصدی حداکثر جوانه‌زنی در شوری ۱۴/۵۹- بار نشان داده شده است (Gholamzadeh et al., 2014). در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که اعمال سطوح شوری ۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی کاسنی نداشت (Seghatoleslami, 2010). در آزمایشی دیگر اثر شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر جوانه‌زنی گیاه حاکی از آن بود که بذور کاسنی توانایی بالایی جهت جوانه‌زنی در شرایط شور را داشتند، به‌طوری‌که ۸۱ درصد جوانه‌زنی و کمتر از ۴۰ درصد جوانه‌زنی به ترتیب در تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (Sergio et al., 2012).

در خصوص تعیین حدآستانه تحمل به شوری در گیاه کاسنی مطالعاتی انجام نشده است، بااین‌حال در خصوص سایر گیاهان عمده تحقیقات بر تعیین میزان تحمل گیاه به شوری در مرحله جوانه‌زنی است، در آزمایشی سطوح شوری صفر، ۵/۵۶، ۱۱/۱۱، ۱۶/۶۷ و ۲۲/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله جوانه‌زنی جهت تعیین آستانه تحمل به شوری بر شش گیاه دارویی سیاه‌دانه، ماریتیغال، رازیانه، کتان، آرتیشو و گلرنگ گزارش شده است که آستانه تحمل به شوری برای درصد جوانه‌زنی در گیاهان آرتیشو، ماریتیغال، رازیانه و سیاه‌دانه به ترتیب ۴/۰، ۳/۳، ۱۰/۶ و ۱۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد (Ghaderi Far et al., 2012). در تحقیقی دیگر اثر شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چهار گونه دارویی سیاه‌دانه، شاهدانه، شنبلیله و کنگرفرنگی نشان داده شده است که شنبلیله و شاهدانه تحمل نسبتاً مطلوبی به سطوح بالای شوری در مرحله جوانه‌زنی دارند و سیاه‌دانه را جزو گیاهان حساس به شوری در مرحله جوانه‌زنی گزارش کردند (Javadi et al., 2014).

مطالعات بسیاری جهت بررسی شوری بر ویژگی‌های رشدی و جوانه‌زنی گیاه کاسنی انجام شده است، بااین‌حال در خصوص تعیین آستانه تحمل به شوری کاسنی و ارزیابی صفات رشدی آن نسبت به سطوح مختلف شوری آب آبیاری صورت نگرفته است و عمدتاً تحقیقات با به‌کارگیری نمک طعام و در مرحله جوانه‌زنی انجام شده است، لذا پژوهش حاضر ضمن بررسی واکنش‌های رشدی گیاه کاسنی نسبت به سطوح مختلف شوری آبیاری، با هدف برآورد حدآستانه تحمل به شوری این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی میزان تحمل به شوری گیاه کاسنی، آزمایشی در محیط گلخانه با دمای روز ۲۵ درجه حرارت سانتی‌گراد و دمای شب ۱۵ درجه سانتی‌گراد و میزان نور ۸ ساعت در گلدان‌هایی با گنجایش ۷ کیلوگرم (ارتفاع ۲۰/۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر) در مرکز ملی تحقیقات شوری در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۴۴/. (آب شهر)، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بودند. گیاهان. جهت پر نمودن گلدان‌ها از آمیخته خاک به میزان دوسوم و به مقدار مساوی ترکیب ماسه و کود به میزان یک‌سوم استفاده شد (جدول ۱).

تیمارهای شوری از طریق رقیق‌سازی آب‌شور منطقه اطراف اردکان با آب شرب تهیه شد (جدول ۲) و بعد از سبز شدن گیاه به مدت ۸ ماه بر گیاهان اعمال شد. به‌منظور کنترل شوری خاک، در هر نوبت آبیاری با اندازه‌گیری حجم آب ورودی و خروجی میزان زهکش هر گلدان تقریباً به‌اندازه ۳۰ درصد رسانده شد و سپس زه آب هر گلدان جمع‌آوری و با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physico chemical characteristics of experimental location

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon	فسفر قابل‌جذب Phosphorus ava.	پتاسیم قابل‌جذب Potassium ava.	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
dS m^{-1}		%	mg.kg^{-1}		%		
4.50	7.36	0.04	4.9	85	44.16	35.62	20.22

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری

Table 2- chemical properties of irrigation water

تیمار Treatment	EC	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Na^+	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}	نسبت جذب سدیم SAR
	dS m^{-1}		meq l^{-1}								
منبع آب غیر شور Non-saline water resource	3	8.05	9.7	8.42	0	2.89	11.74	0.1	17.31	9.75	3.9
منبع آب‌شور رقیق‌شده $\frac{1}{50}$ Diluted saline water resource $\frac{1}{50}$	10	8.00	3.26	12.88	0	2.77	80.73	0.21	86.48	7.82	28.83

گیاهان در تاریخ ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۹ برداشت شدند و ویژگی‌های کمی مانند ارتفاع (برحسب سانتی‌متر و با استفاده از خط کش)، سطح برگ (با استفاده از دستگاه Windias 3)، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه (نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شد و بعدازآن وزن خشک توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد) موردمطالعه قرار گرفت و همچنین تعداد آکن در بوته نیز با شمارش تعداد آکن‌های گیاه در مرحله برداشت، تعیین شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) به روش ریچی و نگوین انجام و محاسبه شد (Ritchi and Nguyen, 1990). جهت تعیین نشت‌پذیری غشا ابتدا نیم گرم بافت گیاه را پس از شستشو با آب مقطر در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در قوطی‌های فیلم استریل شده در دمای اتاق به مدت دو ساعت شناور کرده و در پایان دو ساعت، هدایت الکتریکی آب توسط دستگاه EC متر در دمای اتاق قرائت گردید و سپس نمونه‌ها به آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد و به مدت ۲۰ دقیقه در این شرایط قرار گرفت. پس از خنک شدن نمونه‌ها، مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و از رابطه ۱ جهت تعیین نشت‌پذیری غشا استفاده گردید:

$$\text{نشت‌پذیری غشا سلولی (\%)} = (E1/E2) \times 100 \quad [۱]$$

که در آن E1: هدایت الکتریکی آب قبل از آون و E2: هدایت الکتریکی آب بعد از آون هستند

به‌منظور برآورد عناصر سدیم و پتاسیم بخش هوایی گیاه، ابتدا عصاره نمونه‌ها توسط هضم به روش سوزاندن خشک شد و سپس با اسیدکلریدریک ترکیب و مقادیر سدیم و پتاسیم تعیین گردید (Chapman and Pratt, 1961; Waling et al., 1989).

به‌منظور برآورد آستانه تحمل به تنش شوری و کاهش ۵۰ درصد عملکرد از مدل موس-هافمن استفاده شد. جهت تعیین شاخص تحمل به تنش شوری (STI) از رابطه ۲ استفاده گردید (Anagholi, 2008):

$$STI = eC50 + (S \times eC50) \quad [۲]$$

که در آن eC50: میزان شوری که در آن ۵۰ درصد عملکرد کاهش می‌یابد و S: میزان شیب معادله هستند.

تجزیه واریانس داده‌ها و تعیین ضرایب مرتبط با حد آستانه و تحمل به شوری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.2 Ver. تعیین شد، مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اعمال سطوح مختلف شوری سبب تأثیر معنی‌دار بر تمامی صفات موردمطالعه شد (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری بر برخی صفات موردمطالعه در گیاه کاسنی

Table 3. Analysis of variance of the effect of salinity stress on some studied characteristics in *Cichorium intybus* L.

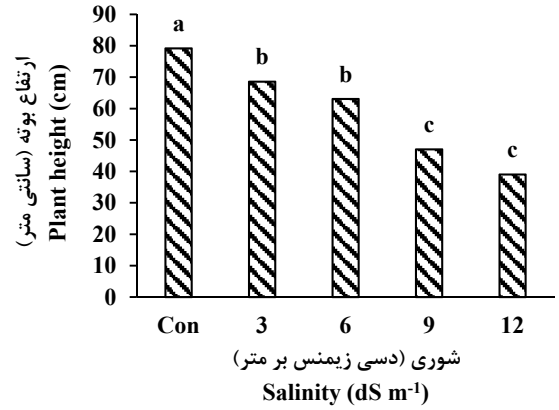
S.O.V	منابع تغییرات	تیمارهای شوری Salinity treatments	خطا Error	ضریب تغییرات CV (%)
df	درجه آزادی	4	10	
Plant height	ارتفاع بوته	793.90**	19.36	7.41
Leaf area	سطح برگ	15251.05**	165.08	13.83
Shoot dry weight	وزن خشک اندام هوایی	0.58**	0.00	5.63
Root dry weight	وزن خشک ریشه	0.02**	0.00	9.81
Number of aken per plant	تعداد آکن در بوته	91.96**	2.87	13.42
Relative water content	محتوای نسبی آب	3290.94**	1.77	2.24
Ion leakage	نشت یونی	1548.16**	8.00	9.15
Potassium	پتاسیم	2.21**	0.07	10.50
Sodium	سدیم	27.49**	0.39	16.21
K/Na	نسبت پتاسیم به سدیم	15.89**	1.37	-

** Significant at the level of 0.01

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار ۵۰ درصد در ارتفاع گیاه شد (شکل ۱). کاهش ارتفاع کاسنی با افزایش شوری در بسیاری از مطالعات گزارش شده است ازجمله افزایش شوری از تیمار شاهد تا ۲۰۰ میلی‌مولار نمک طعام سبب کاهش ۳۷ درصدی در ارتفاع گیاه شد (Boyd and Rogers, 2004).



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر ارتفاع گیاه کاسنی

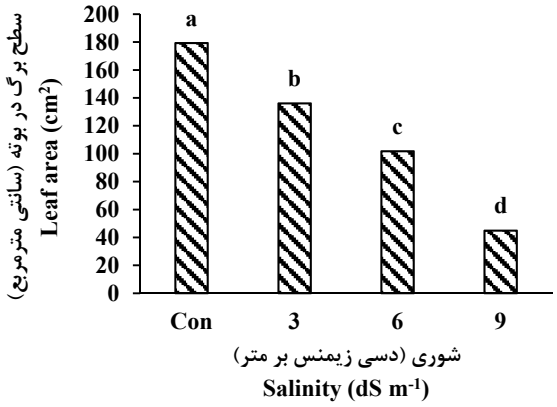
Fig. 1. The effects of different levels of EC_{iw} on height of Chicory

در تحقیقی دیگر تأثیر سطوح تنش شوری آب شهر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بر ویژگی‌های رشدی بذر کاسنی حاکی از کاهش طول گیاهچه بود که علت آن به دلیل سمیت یون‌ها و اثر منفی آن‌ها بر غشای سلول بیان شد، به‌عبارت‌دیگر آن‌ها گزارش کردند که شوری با کاهش جذب آب و مختل کردن ترشح آنزیم‌هایی مانند آمیلاز و لیپاز از تجزیه اندوخته بذر جلوگیری کرده و لذا انرژی موردنیاز جهت رشد آن‌ها تأمین نمی‌گردد (Ghanaatiyan and Sadeghi, 2016).

به‌طورکلی فراهمی آب به‌واسطه افزایش طول گره‌ها سبب تغییرات ارتفاع گیاه می‌شود (Rezaeinia et al., 2018). در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع بوته با افزایش شوری به سبب کاهش جذب آب (Bybordi and Tabatabaei, 2009) به‌واسطه جذب عناصر مرتبط با شوری مانند سدیم نسبت داد (شکل ۹).

سطح برگ

افزایش شوری سبب کاهش میزان سطح برگ گیاه شد، به‌طوری‌که گیاهان تحت تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر ۷۴ درصد سطح برگ کمتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (لازم به ذکر است که تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر فاقد سطح برگ جهت گزارش بود) (شکل ۲).



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر سطح برگ گیاه کاسنی

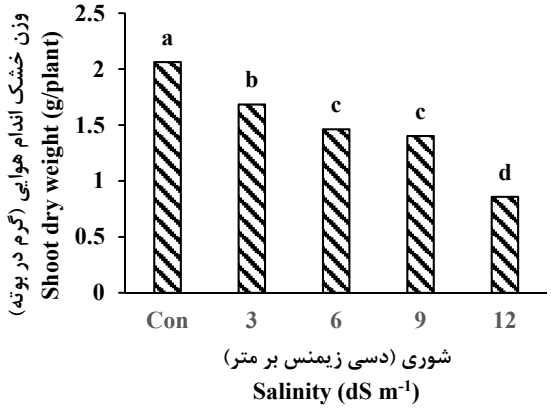
Fig. 2. The effects of different levels of EC_{iw} on leaf area of Chicory

به‌طورکلی سطح برگ به همراه ارتفاع گیاه از اولین پارامترهایی هستند که در اثر شوری کاهش می‌یابند زیرا تجمع ماده خشک حاصله از فتوسنتز و سطح فتوسنتزکننده‌ی گیاهی هستند و گیاه با این روش آب را در بافت‌ها و اندام‌های خود حفظ می‌کند (Shahbani et al., 2018). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه کاهش سطح برگ یکی از اولین واکنش‌های مورفولوژیک گیاه در برابر تنش است، در پژوهش حاضر با افزایش شوری، ضمن تأثیر کاهش مواد فتوسنتزی جهت توسعه سطح برگ، گیاه جهت هدررفت آب سطح برگ خود را نیز کاهش داده است.

وزن خشک اندام هوایی

اعمال تیمار شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه شد، به‌طوری افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۱/۲ گرم در بوته وزن خشک گیاه (۵۹ درصد) شد (شکل ۳). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای تأثیر تیمار شاهد، ۶۵ و ۱۳۰ میلی‌مولار نمک طعام بر گیاه کاسنی حاکی از کاهش ۱/۵۳ گرم در بوته در وزن خشک گیاه با افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۳۰ میلی‌مولار نمک طعام بود (Poursakhi et al., 2019). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که افزایش شوری از تیمار شاهد (۰) تا شوری ۲۰۰ میلی‌مولار نمک طعام سبب کاهش ۶۴ درصد وزن خشک اندام هوایی کاسنی شد (Boyd and Rogers, 2004).

به نظر می‌رسد شوری سبب کاهش پتانسیل اسمزی در محلول خاک شده و دسترسی گیاه به آب را کاهش داده و به سبب پیامدهای ناشی از کمبود آب مانند کاهش سطح برگ (شکل ۲) و درنتیجه سبب کاهش فتوسنتز، کاهش جذب دی‌اکسید کربن شده و کاهش معنی‌دار مواد فتوسنتزی شده درنتیجه وزن خشک اندام هوایی گیاه را تحت تأثیر قرار داده است (Saadatmand et al., 2007).

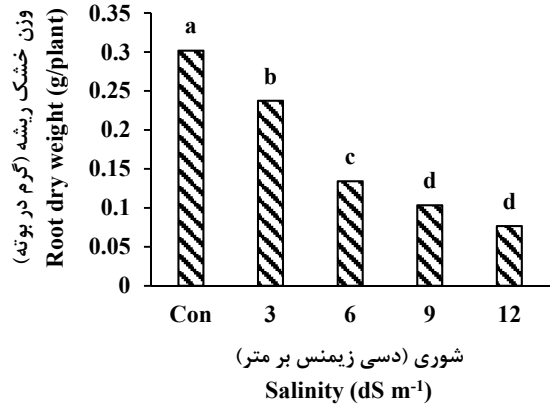


شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی گیاه کاسنی

Fig. 3. The effects of different levels of EC_{iw} on Shoot dry weight of Chicory

وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه گیاه نیز مطابق با سایر صفات ذکرشده به‌طور معنی‌داری با افزایش شوری کاهش یافت، به‌گونه‌ای که گیاهان تیمار شده با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب تولید ۰/۲ گرم در بوته وزن خشک ریشه کمتری (۷۶ درصد) نسبت به گیاهان تحت تیمار آب شهر شدند (شکل ۴). کاهش وزن ریشه با افزایش شوری در سایر مطالعات نیز گزارش شده است، ازجمله افزایش شوری سبب کاهش ۵۰ و ۸۰ درصدی وزن ریشه کاسنی به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک طعام نسبت به تیمار شاهد شد (Sergio et al.,2012). مطالعات تنش شوری ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر گیاه کاسنی، حاکی از کاهش ۱/۲ گرم در بوته وزن خشک ریشه با افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بود (Boyd and Rogers, 2004). به نظر می‌رسد کاهش وزن خشک ریشه با افزایش سطح شوری به سبب کاهش جذب آب و درنتیجه سبب کاهش رشد ریشه‌ها شده است (Ghanaatiyan and Sadeghi, 2016).



شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر وزن خشک ریشه گیاه کاسنی

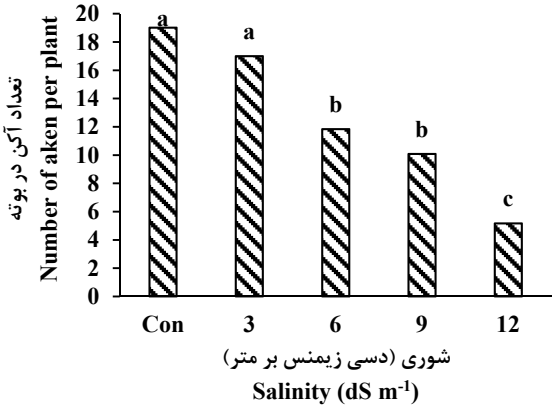
Fig 4. The effects of different levels of EC_{iw} on Root dry weight of Chicory

تعداد آکن در بوته

نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که شوری سبب کاهش تعداد آکن در بوته گیاه شد، به‌طوری‌که افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۱۳/۸۵ عدد آکن در بوته گیاه شد (شکل ۵).

بسیاری مطالعات حاکی از کاهش تعداد گل در بوته کاسنی براثر تنش آبی وجود دارد، به‌طوری‌که در مطالعه‌ای اشاره شده است که افزایش تنش خشکی سبب کاهش معنی‌داری در تعداد گل در بوته شد و علت آن عدم فراهم بودن آب و مواد غذایی و تأثیر منفی بر رشد رویشی و زایشی اشاره شد (Rezaeinia et al., 2018). همچنین در تحقیقی دیگر افزایش تنش خشکی سبب کاهش تعداد گل در گیاه کاسنی شد که دلیل آن کاهش مواد فتوسنتزی به علت کاهش سطح برگ و درنتیجه انتقال مواد فتوسنتزی نیز به بخش زایشی کاهش یافت و لذا رشد زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار داد (Saedi et al., 2018).

به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز پدیده تنش (شوری) به سبب مختل‌سازی در جذب آب (شکل ۶) و همچنین کاهش جذب عنصر پتاسیم (شکل ۸) و افزایش جذب عنصر سدیم (شکل ۹)، تأثیر بسزایی در کاهش رشد زایشی گیاه (تعداد آکن در بوته) شده است، از طرفی تجمع و افزایش نمک در برگ‌ها نیز می‌تواند سبب پیری زودرس، کم شدن ذخیره فتوسنتزی و ریزش برگ‌ها شده و بالطبع برگ‌ها جهت حفظ بقای خود، آب موردنیاز خود را از ساقه و دمبرگ گرفته و درنتیجه شوری باعث کاهش رشد زایشی و تعداد آکن در بوته شد (Arshi et al., 2002).



شکل ۵. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر تعداد آکن در بوته گیاه کاسنی

Fig. 5. The effects of different levels of EC_{iw} on number of aken per plant of Chicory

محتوای نسبی آب

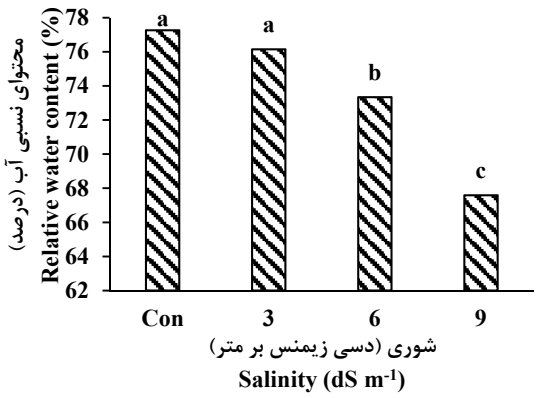
افزایش شوری از شاهد تا شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری سبب کاهش ۹/۶۸ درصد در محتوای نسبی آب گیاه شد (شکل ۶). کاهش محتوای نسبی با افزایش تنش شوری در بسیاری مطالعات گزارش شده است، ازجمله اثر سطوح شوری ۰، ۶۵ و ۱۳۰ میلی‌مولار نمک طعام بر محتوای نسبی آب گیاه کاسنی حاکی از آن بود که افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۳۰ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌دار ۱۰/۱۵ درصد محتوای نسبی آب گیاه شد (Poursakhi et al., 2019). ارتباط مؤثری بین محتوای نسبی آب و وزن خشک گیاه وجود دارد، به نظر می‌رسد در آزمایش حاضر به سبب اینکه گیاه کاسنی از قابلیت حفظ آب سلولی در زمان تنش شوری برخوردار نبوده و افزایش نمک سبب جذب عناصر سدیم (جدول ۹) و از بین رفتن آماس سلولی شده است و لذا با از دست دادن آب سبب کاهش محتوای نسبی آب گیاه گردید (Farahbakhsh et al., 2017).

نشت یونی

افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان نشت یونی به میزان ۳۷/۴۷ درصد شد (شکل ۷).

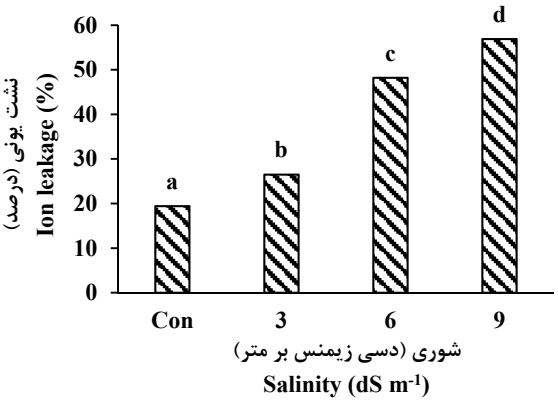
مطابق با نتایج پژوهش حاضر، در آزمایشی نشان داده شد که افزایش شوری سبب کاهش پایداری غشا و درنتیجه افزایش نشت یونی گیاه کاسنی شد (Poursakhi et al., 2019). نشت یونی ازجمله خصوصیات فیزیولوژیکی است که

تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد و برآورد مقادیر نشت یونی شاخص مناسبی به‌منظور مطالعه مقدار آسیب اکسیداتیو واردشده به غشای سلولی گیاه است (Dkhil and Denden, 2012). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر افزایش نشت یونی عاملی از آسیب غشاها و کاهش پایداری غشاها است که به دلیل تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری است.



شکل ۶. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر محتوای نسبی آب گیاه کاسنی

Fig. 6. The effects of different levels of EC_{iw} on relative water content of Chicory



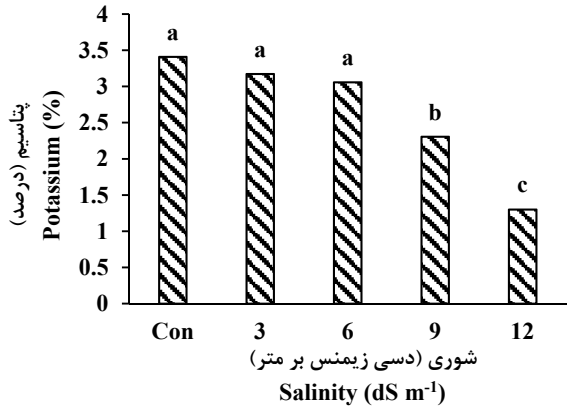
شکل ۷. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر نشت یونی گیاه کاسنی

Fig. 7. The effects of different levels of EC_{iw} on ion leakage of Chicory

عناصر پتاسیم و سدیم

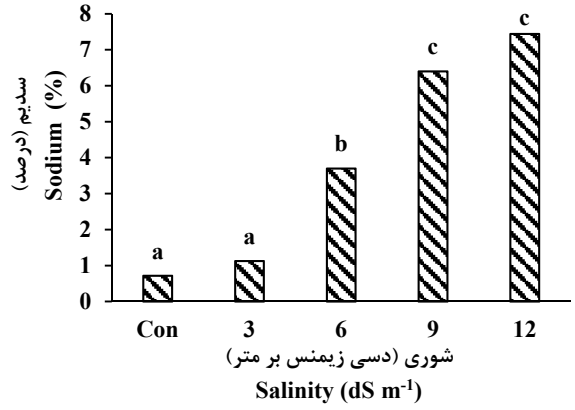
به‌طورکلی افزایش شوری از تیمار شاهد تا سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش میزان پتاسیم اندام هوایی گیاه شد، بااین‌وجود افزایش شوری از تیمار بدون شوری تا سطح ۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب تفاوت معنی‌داری در میزان پتاسیم گیاه نشد (شکل ۸).

همچنین نتایج حاکی از آن بود که گیاهان شاهد و گیاهان تحت تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با اختلاف ۶/۷۳ درصد به ترتیب از بالاترین و پایین‌ترین میزان سدیم برخوردار بودند (شکل ۹).



شکل ۸. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر میزان پتاسیم بخش هوایی گیاه کاسنی

Fig. 8. The effects of different levels of EC_{iw} on potassium content of aerial part of Chicory



شکل ۹. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر میزان سدیم بخش هوایی گیاه کاسنی

Fig. 9. The effects of different levels of EC_{iw} on sodium content of aerial part of Chicory

مطابق با نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای تأثیر سطوح شوری شاهد، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر گیاه گاوزبان حاکی از آن بود که افزایش شوری سبب کاهش میزان پتاسیم و افزایش مقدار سدیم شد (Jahanbakhsh Godehkahriz et al., 2017)، آن‌ها علت را به سبب تجمع عنصر سدیم در

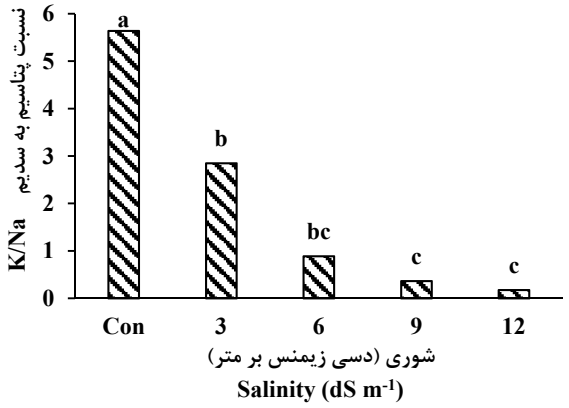
شرایط تنش شوری و نقش آن در کاهش میزان پتاسیم گیاه گزارش کردند. به‌طورکلی کاهش رشد گیاه وابسته به میزان شوری است، هراندازه غلظت نمک بیشتر باشد، کاهش رشد بیشتر است و سرعت توسعه برگ تحت تأثیر مقدار سدیم قرار می‌گیرد و می‌تواند شاخص مناسبی جهت تعیین تحمل به شوری باشد (Harati et al., 2017).

در مطالعه حاضر کاهش رشد گیاه با افزایش شوری می‌تواند به دلیل تجمع یون‌های سدیم و کاهش جذب پتاسیم و درنتیجه افزایش پتانسیل اسمزی محیط کشت و درنتیجه عدم توانایی گیاه در جذب آب باشد (Jamil et al., 2006).

نسبت پتاسیم به سدیم

نسبت پتاسیم به سدیم گیاه با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۹۶ درصد)، هرچند که مقادیر این صفت در دو تیمار ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۱۰).

به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر، افزایش تنش شوری سبب سمیت یونی در گیاه شده و تعادل یون‌های موردنیاز گیاه مثل پتاسیم را مختل می‌سازد (Sadeghi and Nazemosadat, 2011).

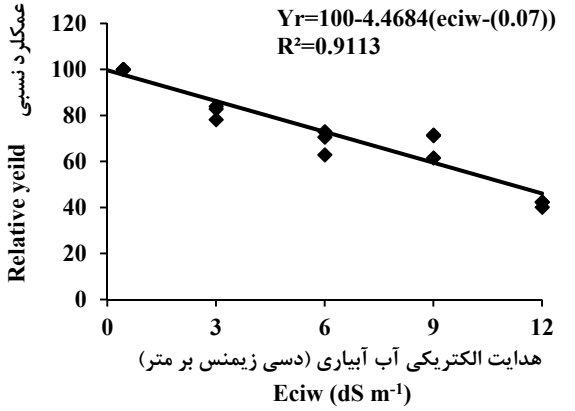


شکل ۱۰. تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر نسبت پتاسیم به سدیم گیاه کاسنی

Fig. 10. The effects of different levels of EC_{iw} on K/Na of Chicory

آستانه تحمل به شوری بر اساس عملکرد ماده خشک اندام هوایی

حد آستانه شوری گیاه بر اساس شوری آب آبیاری و برای ماده خشک اندام هوایی معادل ۰/۰۷ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۱۱). همچنین شیب کاهش عملکرد ماده خشک اندام هوایی به ازای هر واحد افزایش شوری برحسب دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۴/۴۶ درصد برآورد شد (شکل ۱۱). میزان شوری آب آبیاری که سبب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی و عملکرد صفر شد به ترتیب برابر با ۱۱/۶۱ و ۲۲/۳۰ دسی‌زیمنس بر متر محاسبه شد (شکل ۱۱). مقدار شاخص تحمل به شوری (ST-index) معادل ۱۱/۹۰ دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید (رابطه ۲).



شکل ۱۱. واکنش عملکرد نسبی اندام هوایی کاسنی به تنش شوری بر اساس مدل ماس-هافمن

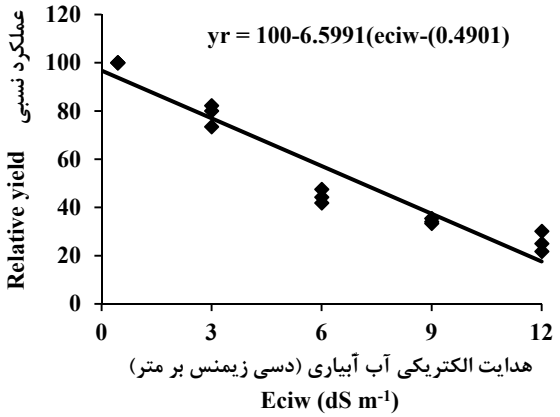
Fig. 11. Response of relative aerial yield to salinity stress in Chicory based on model of Mass and Hoffman

حد آستانه تحمل به شوری بر اساس عملکرد ریشه

حد آستانه تحمل به شوری (بر اساس شوری آب آبیاری) و شیب‌خط گیاه بر اساس عملکرد ریشه به ترتیب برابر با ۰/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر و ۶/۵۹ درصد برآورد گردید (شکل ۱۲). مقدار شوری که سبب کاهش عملکرد به میزان ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد شد به ترتیب برابر ۵/۹۱ و ۱۴/۶۶ دسی‌زیمنس بر متر به محاسبه شد (شکل ۱۲). میزان شاخص تحمل به شوری (ST-index) نیز برابر با ۶/۴۲ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (رابطه ۲).

برآورد آستانه تحمل به تنش شوری بر اساس مدل ماس و هافمن در گیاهان دارویی به‌طور واضح گزارش نشده است و اکثر مطالعات مربوط به گیاهان زراعی ازجمله جو، گندم، کلزا و پنبه (Anagholi and Tabatabaee, 2019) انجام شده است. بر اساس تحقیقات انجام شده، تعیین حد آستانه تحمل به تنش در مرحله جوانه‌زنی بوده است و نیاز است که حدآستانه تحمل به تنش در مراحل رشدی و عملکرد موردمطالعه قرار گیرد، با توجه به اینکه عملکرد اقتصادی گیاه کاسنی عمدتاً ریشه گیاه است، در پژوهش حاضر با توجه به

حد آستانه بسیار پایین گیاه (۰/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر) و همچنین کاهش ۵۰ درصد عملکرد بذر در شوری ۵/۹۱ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری به دست آمد لذا به نظر می‌رسد گیاه کاسنی جزو گیاهان مقاوم به شوری نیست.



شکل ۱۲. واکنش عملکرد نسبی ریشه کاسنی به تنش شوری بر اساس مدل ماس-هافمن

Fig. 12. Response of relative root yield to salinity stress in Chicory based on model of Mass and Hoffman

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اهمیت گیاه کاسنی جهت توسعه کاشت آن به‌عنوان گیاهی متحمل به شوری نیاز بود که مطالعات تکمیلی در این خصوص انجام گیرد و عمده مطالعات انجام شده جهت تعیین آستانه تحمل به شوری گیاه کاسنی با آب آبیاری شور صورت نگرفته است و بیشتر به مرحله جوانه‌زنی اکتفا شده است، لذا این مطالعه جهت تعیین حدآستانه تحمل به شوری کاسنی انجام گرفت. نتایج حاکی از آن بود که صفات رشدی و مرتبط با عملکرد گیاه کاسنی با افزایش شوری آب آبیاری به‌طوری معنی‌داری کاهش یافتند، به‌طوری‌که این کاهش در صفاتی مانند ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه حتی تا شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری قابل‌مشاهده بود، همچنین تنش شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش محتوای نسبی آب و کاهش میزان پتاسیم و افزایش نشت یونی و درصد سدیم گیاه شد. بر این اساس و با توجه به اینکه حدآستانه تحمل به شوری گیاه کاسنی بسیار پایین بود، به نظر می‌رسد گیاه دارویی کاسنی نمی‌تواند ازجمله گیاهان مقاوم به شوری باشد، هرچند که کاهش ۵۰ درصدی عملکرد ریشه در شوری حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری می‌تواند گیاه کاسنی را جهت کاشت با آب آبیاری که برای سایر محصولات مناسب نباشد، جهت بررسی واکنش گیاه موردمطالعه قرار داد.

منابع

Anagholi, A., 2008. Salinity tolerance indexes in three Cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.). Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences. 15, 90-97. [In Persian with English Summary].

Anagholi, A., Tabatabaee, S.A., 2019. Salinity tolerance indices of barley, cotton, canola, and forage sorghum cultivars. Iranian Journal of Soil Science. 33, 45-59. [In Persian with English Summary].

Arshi, A., Abdin, M.Z., Iqbal, M., 2002. Growth and metabolism of senna as affected by salt stress. Biologia Plantarum. 45, 295-298.

Bybordi, A., Tabatabaei, J., 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola (*Brassica napus* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37, 71-76.

Boyd, D.C., Rogers, M.E., 2004. Effect of salinity on the growth of Chicory (*Cichorium intybus* cv. Puna) a potential dairy forage species for irrigation areas. Australian Journal of Experimental Agriculture. 44, 189-192.

Chapman, H.D., Pratt, P.F., 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Science.

Dkhil, B.B., Denden, M., 2012. Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. American Journal of Plant Physiology. 7, 174-83.

Farahbakhsh, H., Pasandi Pour, A., Reiahi, N., 2017. Physiological response of henna (*Lawsonia inermis* L.) to salicylic acid and salinity. Plant Production Science. 20, 237-247.

Farhoudi, R., 2017. Evaluation of drought stress effect on growth, essential oil percentage and essential oil yield of chamomile (*Matricaria*

recutita L. Presov cultivar) and chicory (*Cichorium intybus* L. local cultivar) in the North of Khuzestan. Journal of Horticultural Science. 31, 122-130. [In Persian with English Summary].

Ghaderi Far, F., Akbarpour, W., Khavari, F., Ehteshamnia, A., 2012. Determination of salinity tolerance threshold in six medicinal plants. Journal of Plant Production. 18, 15-24.

Ghanaatiyan, K., Sadeghi, H., 2016. Evaluation of the effect of NaCl salt stress on some growth traits and antioxidant enzymes in two chicory (*Cichorium intybus*) seed ecotypes. Iranian Journal of Seed Science and Research. 3, 33-45. [In Persian with English Summary].

Ghavam, M., Azarnivand, H., 2016. Evaluation of seed vigor index of three plants of *Artemisia absinthium* L., *Arcitum lappa* L. and *Cichorium intybus* L. Salinity conditions. Journal of Natural Ecosystems of Iran. 7, 39-49. [In Persian with English Summary].

Gholamzadeh, M., Khodarahmpour, Z., SaediPour, S., 2014. Investigation the effect of different levels of salinity on germination characteristics of Chicory. The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources. Tehran, Iran.

Harati, E., Kashefi, B., Matinizadeh, M., 2017. Investigation of reducing detrimantal effects of salt stress on morphological and physiological traits of (*Thymus daenensis* Celak.) through salicylic acid application. Plant Production Technology. 16, 111-125. [In Persian with English Summary].

Jahanbakhsh Godehkahriz, S., Khadem Sedighi, S., Ebadi, A., Tavakoli, N., Davari, M., 2017. Effect of calcium on salt tolerance protein expression and activity of antioxidants in borage under salinity condition. Genetic Engineering and Biosafety Journal. 6, 117-129. [In Persian with English Summary].

Jamil, M., Deog Bal, L., Kwang Yong, J., Ashraf, M., Sheong Chun, L., Eui Shik, R., 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. Journal of Central European Agriculture. 7, 273-282.

Javadi, H., Seghatol Eslami, M.J., Moosavi, S.G., 2014. The effect of salinity on seed germination and seedling growth of four medicinal plant species. Iranian Journal of Field Crops Research. 12, 53-64. [In Persian with English Summary].

Mardani, H., Bayat, H., Azizi, M., 2011. Effects of salicylic acid application on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought Stress. Journal of Horticultural Science. 25, 320-326. [In Persian with English Summary].

Minhas, P.S., Ramos, T.B., Ben-Gal, A., Pereira, L.S., 2020. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. Agricultural Water Management. 227, 1-22.

Pourmoradi, S., Aalami, A., Esfahani, M., 2020. Evaluation of percentage and degree of inulin polymerization and yield in 15 cultivars and accessions of chicory (*Cichorium intybus* L.) in northern plains of Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 36, 359-375. [In Persian with English Summary].

Poursakhi, N., Razmjoo, J., Karimmojeni, H., 2019. Interactive effect of salinity stress and foliar application of salicylic acid on some physiochemical traits of chicory (*Cichorium intybus* L.) genotypes. Scientia Horticulturae. 258, 1-6.

Rahimian, M.H., 2017. Compilation of Agricultural Water Productivity Document in Yazd Province. Technical Report, National Salinity Research Center, 129 p. [In Persian.[

Rezaeinia, N., Rmroudi, M., Galavi, M., Forouzandeh, M., 2018. Study of agronomical characteristics, flower yield and root inulin percentage of chicory (*Chicorium intybus* L.) under soil fertilizers and drought stress. Journal of Plant Production of Research. 24, 129-140. [In Persian with English Summary].

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30, 105-111.

Saadatmand, A., Banihashemi, Z., Maftoun, M., Sepaskhah, A. 2007. Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. Journal of Plant Nutrition. 30, 2037-2050.

Sadeghi, H., Nazemosadat, S., 2011. Effects of different levels of sodium chloride and photosynthetic photon flux density on some physiological traits in two wheat cultivars.

African Journal of Agricultural Research. 29, 6326-6333.

Saedi, F., Mosavi Nik, S.M., Rahimian Boger, A.R., 2018. Effects of different fertilizers on the morphophysiological characteristics of chicory under drought stress. Journal of Crops Improvement. 19, 119-132. [In Persian with English Summary].

Seghatoleslami, M.J., 2010. Effect of Salt Stress on Germination of *Satureja hortensis* L., *Cichorium intybus* L. and *Cynara scolymus* L. Iranian Journal of Field Crops Research. 8, 818-823. [In Persian with English Summary].

Sergio, L., De Paola, A., Cantore, V., Pieralice, M., Cascarano, N.A., Bianco, V.V. and Di Venere, D., 2012. Effect of salt stress on growth parameters, enzymatic antioxidant system, and lipid peroxidation in wild chicory (*Cichorium intybus* L.). Acta physiologiae plantarum. 34, 2349-2358.

Shahbani, Z., Khosh-Khui, M., Salehi, H., Kafi, M., Kamgar Haghighi, A.A, Eshghi, E., 2018. Effects of salinity stress on morphological and physiological characteristics of miniature rose (*Rosa chinensis* Jacq. var. minima Rehd.). Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19, 41-52. [In Persian with English Summary].

Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., Vander Lee, J.J., 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University.