دانشکده کشاورزی
گروه علوم باغبانی

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم باغبانی- سبزیکاری

عنوان

تاثیر سایه‌دهی و شوری کلرید سدیم بر رشد رویشی و غلظت بعضی از عناصر در گیاه ترخون فرانسوی (*Artemisia dracunculus* L.)

استاد راهنما
دکتر سید جلال طباطبایی

استاد مشاور
دکتر صاحبعلی بلند نظر

پژوهشگر
محمد گویلی کیلانه

شهریور ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

نام خانوادگی: گویلی کیلانه	**نام:** محمد

عنوان پایان نامه: تاثیر سایه‌دهی و شوری کلرید سدیم بر رشد رویشی و غلظت بعضی از عناصر در گیاه ترخون فرانسوی (*Artemisia dracunculus*L.).

استاد راهنما: دکتر سید جلال طباطبائی

استاد مشاور: دکتر صاحبعلی بلند نظر

مقطع‌تحصیلی:کارشناسی‌ارشد	رشته:باغبانی	گرایش: سبزیکاری	دانشگاه: تبریز	دانشکده: کشاورزی

واژگان کلیدی: ترخون، شوری، سایه، پرولین، کلروفیل

چکیده

تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های است که گیاهان در محیط رشد با آن مواجه هستند. یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر واکنش گیاهان به تنش شوری شدت نور محیط می‌باشد. بدین منظور جهت ارزیابی اثرات شدت نور و تنش شوری بر عمل کرد، خصوصیات رشدی و جذب عناصر در ترخون، آزمایشی در قالب طرح اسپلیت پلات با دو سطح نور ٪۵۰ (سایه) و ۱۰۰ ٪(بدون سایه) از نور کامل داخل گلخانه به عنوان تیمار اصلی و پنج سطح شوری (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی مولار) کلرید سدیم به عنوان تیمار فرعی در ۴ تکرار با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در محیط کشت هایدروپونیک به اجرا در آمد. بعد از اعمال تیمارها و رشد گیاهان، در مرحله گلدهی و قبل از باز شدن گل‌ها، خصوصیات فیزیولوژیکی از جمله کارایی فتوسنتز، کلروفیل، پرولین، درصد نشت الکترولیت‌ها و محتوای نسبی آب برگ اندازه گیری شد. همچنین بعد از برداشت گیاهان خصوصیاتی مثل سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های گیاه و غلظت عناصر سدیم، کلر، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها اندازه گیری شد. شوری اثر معنی داری بر سطح برگ، سطح ویژه برگ، کلروفیل کل، a، b، پرولین، نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب گیاهان داشته است. به طوری که با افزایش سطح شوری شاخص سطح برگ، کلروفیل کل، a و b نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. افزایش سطح شوری باعث افزایش سطح ویژه برگ، پرولین و درصد نشت الکترولیت‌ها شده،محتوای نسبی آب تحت تاثیر شوری در ابتدا در تیمار ۲۰ میلی مول کلرید سدیم افزایش و سپس کاهش یافت. نتایج نشان می‌دهند که اثر سایه بر سطح برگ، سطح ویژه برگ، کلروفیل b، پرولین و محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود. بهطوریکهسایهسببافزایشسطحبرگ،سطحویژهبرگ،کلروفیلکل،a،bومحتواینسبیآبشدهبود.غلظت پرولین نیز تحت تاثیر سایه کاهش یافته است. اثر متقابل سایه و شوری بر عملکرد گیاه، وزن تر و خشک برگ و ریشه و کارایی فتوسنتز معنی دار بود.به طوری که اثر متقابل سایه و شوری باعث کاهش وزن تر و خشک اندام‌های گیاه و کارایی فتوسنتز گردید. نتایج داده‌های مربوط به تجزیه عناصر نیز نشان داد که غلظت نیتروژن تحت تاثیر سایه نسبت به نور کامل کاهش معنی داری داشت. همچنین نتایج نشان می‌دهند که اثر متقابل سایه و شوری باعث افزایش غلظت یون‌های سدیم، کلرید، فسفر و کاهش یون کلسیمدر برگ شده است. غلظت یون

پتاسیم نیز تحت تاثیر اثر متقابل سایه و شوری قرار گرفت؛ به طوری که با افزایش شوری تا سطح ۲۰ میلی مول کلرید سدیم، غلظت یون پتاسیم در برگ افزایش یافت، اما با افزایش سطح شوری به بیش از این مقدار، غلظت یون پتاسیم در گیاه کاهش یافت.

فهرست

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول: بررسی منابع	
۱-۱-کلیاتی در ارتباط با گیاه ترخون	۳
۱-۱-۱- تاریخچه و منشاء	۳
۱-۱-۲- مشخصات گیاه شناسی	۳
۱-۱-۳-تکثیر	٤
۱-۱-٤-نیازهای اکولوژیکی	٤
۱-۱-۵- ترکیبات شیمیایی و مواد موثره	٤
۱-۱-٦-موارد مصرف	٤
۱-۲-شوری آب آبیاری یا محلول خاک	۵
۱-۲-۱-کیفیت آب آبیاری	۵
۱-۲-۲-تعریف شوری	۵
۱-۲-۳-اهمیت شوری	٦
۱-۲-٤-مکانیسم عمل گیاهان در برابر شوری	۷
۱-۲-۵-مقاومت گیاهان در مقابل شوری	۷
۱-۲-٦-**اثر شوری بر خصوصیات رشدی گیاه**	۸
۱-۲-٦-۱-روابط آبی گیاه	۱۰
۱-۲-٦-۲-ساختار کلروپلاست و رنگیزه های فتوسنتزی	۱۱
۱-۲-٦-۳-پرولین	۱۲
۱-۲-٦-٤-کارایی فتوسنتز	۱۳
۱-۲-٦-۵-کلروفیل فلورسنس	۱٤
۱-۲-۷-تاثیر شوری بر غلظت عناصر در گیاهان	۱٦
۱-۲-۷-۱-نیتروژن	۱۷
۱-۲-۷-۲-فسفر	۱۸
۱-۲-۷-۳-سدیم و پتاسیم	۱۹

فهرست

۱-۲-۷-٤-کلسیم ۲۱
۱-۲-۷-٥-کلرید ۲۲
۱-۳-سایه دهی ۲۳
۱-۳-۱-نور مرئی ۲۳
۱-۳-۲-ماهیت نور ۲۳
۱-۳-۳-شدت تابش ۲٤
۱-٤-واکنش گیاهان به نور ۲٦
۱-٤-۱-اثرات سایه دهی ۲٦
۱-٤-۲-اثر سایه بر سیستم فتوسنتزی ۲٦
۱-٤-۳-سطح برگ ۲۷
۱-٤-٤-روابط آبی گیاه ۲۸
۱-٤-٥- پرولین ۲۸
۱-٥- اثرات ترکیبی شوری و نور ۲۹
۱-٦- اهداف پژوهش ۳۱

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱-مکان و زمان آنجام آزمایش ۳۳
۲-۲- طرح آزمایشی ۳۳
۲-۲-۱-سیستم کشت ۳۳
۲-۲-۲-اعمال تیمارها ۳٤
۲-۳-اندازه گیری خصوصیات رشد ۳٥
۲-۳-۱-وزن‌تر شاخساره،برگ و ریشه ۳٥
۲-۳-۲-سطح برگ ۳٥
۲-۳-۳-وزن خشک برگ وریشه ۳٥
۲-۳-٤-سطح وِیژه برگ ۳٥
۲-۳-٥-کارایی فتوسنتز ۳٦
۲-۳-٦-محتوای نسبی آب ۳۷
۲-۳-۷-نشت الکترولیت‌ها ۳۷
۲-۳-۸-پرولین ۳۷
۲-۳-۹-کلروفیل ۳۹

۲-٤- اندازه گیری عناصر معدنی در بافت برگ	٤٠
۲-٤-۱-خشک کردن نمونه‌ها	٤٠
۲-٤-۲-هضم نمونه گیاهی برای اندازه گیری عناصر	٤٠
۲-٤-۲-۱- هضم نمونه با اسید	٤٠
۲-٤-۳-اندازه گیری فسفر	٤١
۲-٤-٤-اندازه گیری پتاسیم	٤٢
۲-٤-٥- اندازه گیری سدیم	٤٣
۲-٤-٦- اندازه گیری کلسیم	٤٤
۲-٥-اندازه گیری کلرید	٤٥
۲-٦-اندازه گیری نیتروژن	٤٦
۲-۷- تجزیه آماری	٤٨
فصل سوم: نتیجه گیری و بحث	
۳-۱-۱-وزن‌تر و خشک شاخساره، برگ و ریشه	٤٩
۳-۱-۲-سطح برگ	٥٤
۳-۱-۳-سطح ویژه برگ	٥٦
۳-۲-۱- غلظت کلروفیل	٥٨
۳-۲-۲- غلظت پرولین	٦١
۳-۲-۳- کارایی فتوسنتز	٦٤
۳-۳-۱- نشت الکترولیت‌ها	٦٥
۳-۳-۲- محتوای نسبی آب	٦٦
۳-٤-۱- غلظت پتاسیم، سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم	٦٨
۳-٤-۲- غلظت کلرید	۷۲
۳-٤-۳- غلظت نیتروژن	۷۳
۳-٤-٤- غلظت فسفر	۷٦
۳-٤-٥- غلظت کلسیم	۷۷
نتیجه گیری کلی	۷۹
پیشنهادات	۸۱
فهرست منابع	۸۲

فهرست جداول و اشکال

نمودار ۱-۱- رابطه بین غلظت عناصر غذایی و رشد گیاه ۱۸

نمودار ۲-۱- منحنی استاندارد پرولین ۳۹

نمودار ۲-۲- منحنی استاندارد فسفر ٤١

نمودار ۲-۳- منحنی استاندارد پتاسیم ٤٣

نمودار ۲-٤- منحنی استاندارد سدیم ٤٤

نمودار ۲-۵- منحنی استاندارد کلسیم ٤٤

نمودار ۳-۱-اثر متقابل سایه و شوری بر وزن تر شاخساره ترخون ۵١

نمودار ۳-۲- اثر متقابل سایه و شوری بر وزن تر برگ ۵١

نمودار ۳-۳-اثر متقابل سایه و شوری بر وزن خشک شاخساره ترخون ۵٢

نمودار ۳-٤- اثر متقابل سایه و شوری بر وزن خشک برگ ۵٢

نمودار۳-۵- اثر متقابل سایه و شوری بر وزن تر ریشه ۵٣

نمودار ۳-٦- اثر متقابل سایه و شوری بر وزن خشک ریشه ۵٣

نمودار۳-۷- اثر شوری بر شاخص سطح برگ ۵۵

نمودار۳-۸- اثر سایه بر شاخص سطح برگ ۵٦

نمودار۳-۹- اثر شوری بر سطح ویژه برگ ۵۷

نمودار ۳-۱۰- اثر شدت نور بر سطح ویژه برگ ۵۸

نمودار۳-۱۱- اثر سطوح شوری بر تغییرات کلروفیل کل برگ ٦٠

نمودار۳-۱۲-اثر شوری بر کلروفیل a ٦٠

نمودار۳-۱۳- اثر شوری بر کلروفیل b ٦٠

نمودار۳-۱٤- اثر سایه بر مقدار کلروفیل b ٦١

نمودار ۳-۱۵- اثر شوری بر میزان پرولین ٦٣

نمودار۳-۱٦- تغیرات پرولین در اثر سایه ٦٣

نمودار۳-۱۷- اثر متقابل سایه و شوری بر کارایی فتوسنتز ٦٤

نمودار۳-۱۸- اثر شوری بر نشت الکترولیت‌ها ٦٦

نمودار ۳-۱۹-اثر شوری بر محتوای نسبی آب برگ ٦۷

نمودار۳-۲۰-اثر شدت نور بر محتوای نسبی آب برگ ٦۸

نمودار ۳-۲۱- اثر متقابل سایه و شوری بر غلظت سدیم برگ ۷٠

نمودار۳-۲۲- اثر متقابل سایه و شوری بر غلظت پتاسیم برگ ۷۰
نمودار ۳-۲۳-اثر متقابل سایه و شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم در برگ ۷۱
نمودار ۳-۲٤-اثر متقابل سایه و شوری بر غلظت کلر در بافت برگ ۷۳
نمودار ۳-۲۵-اثر شوری بر غلظت نیتروژن برگ ۷۵
نمودار۳-۲٦-اثر شدت نور بر غلظت نیتروژن ۷۵
نمودار ۳-۲۷-اثر متقابل سایه و شوری بر غلظت فسفر در بافت برگ ۷٦
نمودار ۳-۲۸-اثر متقابل سایه و شوری بر غلظت کلسیم در بافت برگ ۷۸

شکل‌ها

شکل ۲-۲- دستگاه فلورسنس متر ۳٦
شکل۲-۳- فاز تغییر رنگ پرولین ۳۸
شکل ۲-٤- دستگاه نشر شعله‌ای ٤۲
شکل ۲-۵- دستگاه کجلدال ٤۷

جدول‌ها

جدول ۲-۱- مواد استفاده شده وغلظت آن ها در محلول غذایی پایه ۳٤
جدول ۲-۲- غلظت NaClو مقادیر pHوEc محلول غذایی ۳۵
جدول ۳-۱- تجزیه واریانس اثر سایه و شوری بر وزن تر شاخساره، برگ و ریشه ترخون ٤۹
جدول ۳-۳-تجزیه واریانس اثر سایه و شوری بر وزن خشک شاخساره، برگ و ریشه ترخون ۵۰
جدول ۳-۳-تجزیه واریانس اثر سایه و شوری بر سطح برگ وسطح ویژه برگ ترخون ۵٤
جدول ۳-٤-تجزیه واریانس اثر سایه و شوری بر کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیلb ۵۹
جدول ۳-۵-تجزیه واریانس اثر سایه و شوری بر مقدار پرولین، کارایی فتوسنتز، نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب برگ ترخون ٦۲
- جدول۳-٦-تجزیه واریانس اثر سایه و شوری بر غلظت سدیم، پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و کلر در ترخون ٦۹
جدول ۳-۷- تجزیه و اریانس اثر سایه و شوری بر غلظت نیتروژن، فسفر و کلسیم در ترخون ۷۵

مقدمه

واژه تنش شوری برای بیان وجود بیش از حد یون‌ها بویژه یون‌های سدیم و کلر استفاده می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۵). شوری یک مسئله مهم تاریخی می‌باشد که دوره های فعال کشاورزی را تحت تاثیر قرار داده به‌طوری که جمعیت کشاورزان را به دفعات از بین برده است و به تازگی نیز مناطق گسترده‌ای از جهان را به طور فزاینده‌ای در برگرفته است. خاک‌های خشک در مناطقی از جهان که در ناحیه خشک و نیمه خشک قرار گرفته‌اند و میزان بارش سالانه برای شستن نمک‌ها بهاندازه کافی وجود ندارد هر روزه در حال گسترش می‌باشد(خلدبرین واسلام زاده، ۱۳۸۴). طبق گزارشات، درحال حاضر ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا تحت تاثیر شوری قرار دارند که این مساحت بیش از ۶ درصد خشکی‌های جهان را شامل می‌شود (مونز و تستر، ۲۰۰۸). کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و طبق گزارشات مساحتی در حدود ۲۷ میلیون هکتار از اراضی ایران تحت تاثیر شدت‌های مختلف شوری قرار دارند و تخمین زده شده که در مناطق شور موجود میانگین کاهش عملکرد ممکن است به بیشتر از ۵۰درصد برسد (قریشی و همکاران، ۲۰۰۷؛ کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

از یون‌های عمده که سبب شوری خاک‌ها می‌شوند می‌توان به سدیم، کلر، منیزیوم، سولفات و بیکربنات‌ها اشاره نمود، که مهمترین آن‌ها سدیم و کلر می‌باشند. هرچند که در گروه بندی عناصر سدیم جزو عناصر مفید و کلر جزو عناصر ضروری برای گیاه دسته‌بندی می‌شوند (طباطبایی، ۱۳۸۸)، اما مسائل مربوط به اثرات میزان سمیت آن‌ها در گیاه بیشتر از مسائل مربوط به کمبود آن‌ها می‌باشد. سمیت این عناصر در ابتدا به صورت ایجاد صدمات اسمزی می‌باشد که سبب توقف رشد گیاهان می‌شود و سپس با ایجاد سمیت یونی در سلول‌ها و بافت‌ها سبب پیری زودرس[1] اندام‌های گیاه می‌شوند (مونز و تستر، ۲۰۰۸). شوری فعالیت یونی عناصر غذای موجود در محلول خاک را بر هم میزند و سبب افزایش نسبت‌های Na^+/K^+، Cl^-/NO_3^- و Na^+/Ca_2^+ در گیاه می‌شود (گراتان و گریو، ۱۹۹۹).

مطالعات نشان می‌دهند که شوری رشد رویشی و زایشی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اثرات شوری زیاد روی گیاه می‌تواند در دو سطح کاهش رشد یا مرگ گیاهان تجلی پیدا نماید (پاریدا و داس، ۲۰۰۵). بنابر گزارش‌های موجود شوری همچنین سبب کاهش وزن خشک ساقه، ریشه، برگ، تعداد برگ، سطح برگ و طول ساقه در گیاهان حساس به شوری مثل پیاز خوراکی، لوبیا، کلم ها، کاهو، سیب زمینی و تربچه می‌شود (شانون و گریو، ۱۹۹۹).

[1] senescence

ترخون فرانسوی با نام علمی(*Artemisia dracunculus*L.) یکی از گیاهان علفی چند ساله بودهکه متعلق به خانواده آستراسه[۲] میباشد.این گیاه علاوه بر مصرف تازه‌خوری (برگ‌مصرف) در تهیه انواع سس، سالاد، ترشی و همچنین بهعنوان طعم دهنده مواد غذایی استفاده می‌شود. متاسفانه تاکنون هیچ مطالعه علمی در زمینه بررسی مقاومت به شوری روی این گیاه انجام نگرفته است؛ودر هیچ کدام از منابع اشاره‌ای به میزان مقاومت این گیاه به شوری نشده است؛لذاجهت تعیین واکنش این گیاه به شوری خاک لازم است مطالعاتی علمی در این باره انجام شود.

مکانیسم عمل گیاهان در مقابل شوری به عواملی مثل خشکی، دما، نور، وضعیت عناصرمعدنی، آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی و اثر سایر تنش‌های دخیل در متابولیسم گیاه بستگی دارد (پسرکلی، ۲۰۰۲). به طور کلی این ذهنیت وجود دارد که اثرات زیان بار تنش شوری در گیاهان واقع در نور کامل آفتاب بیشتر از سایه است. تنش شوری اغلب همراه با تنش‌های خشکی و دمای بالا که نور افزایش دهنده آن‌ها است اتفاق می‌افتد، در این دو تنش میزان تبخیروتعرق به میزان زیادی افزایش می‌یابد، این افزایش در میزان تبخیروتعرق منجر به انتقال بیشتر یون های سدیم و کلر به درون گیاه و تشدید اثرات شوری می‌شود. طبق مطالعات انجام شده در گیاهانی که در معرض شوری خاک قرار دارند به دلیل محدود شدن فتوسنتز و متابولیسم کربن کاربرد انرژی نوری در فرایند فتوسنتز شدیداً کاهش می‌یابد و پتانسیل بازدارندگی نوری افزایش می‌یابد. این محدودیت در استفاده از انرژی نوری ممکن است منجر به تولید وسیع گونه‌های فعال اکسیژن رادیکالی[۳](ROS) گردد، به نظر می‌رسد این فرآیند بسته به نوع گیاه متفاوت باشد زیرا در مطالعات انجام شده بر روی درخت زیتون و مانگرو با کاهش شدت نور اثرات شوری تعدیل یافته، اما در مطالعات انجام شده بر روی پایه‌های مرکبات، لوبیا، طالبی و توت فرنگی در شدت نور کمتر این اثرات افزایش یافته است. بنابراین نمی‌توان این فرض که کاهش شدت نور سبب تعدیل شوری می‌شود را برای همه گیاهان بکار برد و صحیح‌تر این است که در شرایط مختلف نوری واکنش گیاهان مختلف به شوری را بررسی نمود.

[2]Asteraceae
[3]Reactive oxygen species

بررسی منابع

بررسی منابع

۱-۱- کلیاتی در ارتباط با گیاه ترخون

۱-۱-۱- تاریخچه و منشاء

ترخون یکی از گیاهان علفی چند ساله است که معمولاً در نواحی مرطوب و سواحل رودخانه‌ها رشد می‌کند. بومی اروپا، روسیه، سیبری، چین و آمریکا می‌باشد (رایت، ۲۰۰۲). هرچند برخی منابع منشاء ترخون را شمال و مرکز آسیا گزارش نموده‌اند (امید بیگی، ۱۳۸۶). این گیاه در قرن پانزدهم میلادی معرفی گردید و اروپایی‌ها از آن برای مصارف خوراکی استفاده می‌کردند. اسم جنس این گیاه از الهه یونانی، آرتیمیز مشتق شده است، اسم گونه آن نیز از دراکونکلوس که در زبان لاتین به معنی اژدها یا مار کوچک است گرفته شده که یک حیوان افسانه‌ای می‌باشد (رایت، ۲۰۰۲).

جنس آرتیمیزیا دارای گونه‌های مختلفی است، برخی از محققین بر این عقیده‌اند که *Artemisia dracunculus L.* دارای دو واریته به نام‌های ترخون فرانسوی یا آلمانی (واریته دراکونکلوس) و ترخون روسی (واریته رودسکی) است که هر دو کشت می‌شوند. ترخون فرانسوی دارای تعداد شاخ و برگ، میزان اسانس و کیفیت بالاتری در مقایسه با نوع روسی آن می‌باشد (امید بیگی، ۱۳۸۶).

۱-۱-۲- مشخصات گیاه شناسی

ترخون به راسته آستراليس[۴]، خانواده آستراسه، جنس آرتیمیزیا و گونه دراکونکلوس تعلق دارد. این گیاه پلی پلوئید است. نوع روسی آن دکاپلوئید(۱۰X) و بارور است اما نوع فرانسوی آن تتراپلوئید و خود عقیم می‌باشد(رایت، ۲۰۰۲). گیاهی علفی چند ساله است که ارتفاع بوته‌های آن به حدود ۱۰۰ سانتی متر نیز می‌رسد، اندام‌های هوای این گیاه در فصل زمستان در اثر سرما از بین می‌روند در صورتی که اندام‌های زیر زمینی آن که به صورت ریشه‌های افشان وسیع و ساقه‌های رونده می‌باشد زنده می‌مانند و با مساعد شدن هوا در فصل بهار رشد مجدد گیاه شروع می‌شود (رایت، ۲۰۰۲). رشد و نمو شاخساره جدید از اواخر زمستان _ اوایل بهار شروع می‌شود و تا اواخر پاییز ادامه می‌یابد(امیدبیگی، ۱۳۸۶).

بوته‌ها دارای ساقه‌های باریک و ظریف هستند، برگ‌ها نیز باریک و بلند به رنگ سبز خاکستری شفاف است. برگ‌های بالایی فاقد دندانه اما برگ‌های پایینی سه دندانه‌ای می‌باشند، برگ‌های جوان در ساختار خودشان دارای کرک‌های غدهدار و بدون غده می‌باشند که اسانس از آن‌ها تراوش می‌شود(رایت، ۲۰۰۲). گل‌ها، به صورت مجتمع در خوشه‌های متراکم قرار گرفته‌اند، رنگ آن‌ها زرد یا قهوه‌ای تیره است ولی با وجود تولید گل ترخون فرانسوی بذر تولید نمی‌کند(امیدبیگی، ۱۳۸۶).

---

[4] Asterales

۱-۱-۳- تکثیر

تکثیر این گیاه در فصل بهار انجام می‌شود و چون بذر تولید نمی‌کند تکثیر آن از طریق تقسیم ریشه، پاجوش، و قلمه انجام می‌شود. این گیاه دارای ریزوم می‌باشد، از ریزوم‌ها ریشه‌های مستقیم و بلند به طول ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر منشعب می‌شوند، از خود این ریشه‌ها نیز انشعاباتی به نام استولون به طول ۵ تا ۱۵ سانتی متر به تعداد ۱۰ تا ۱۵ عدد به رنگ سفید یا زرد خارج می‌شود که در اطراف گیاه از این استولون‌ها پاجوش تولید می‌شود(امید بیگی، ۱۳۸۶).

۱-۱-۴- نیازهای اکولوژیکی

ترخون سبزی فصل خنک است(دانشور، ۱۳۸۵). برای تولید حداکثر اسانس با کیفیت بالا، ترخون در مناطقی با هوای گرم و آفتابی کشت می‌شود. این گیاه درجه حرارت‌های پایین را به خوبی تحمل می‌کند، به طوری که دماهای نزدیک ۱۵- را بدون آسیب تحمل می‌کند(امید بیگی، ۱۳۸۶). در برخی منابع هم ذکر شده که این گیاه در دماها و طول روزهای مختلف رشد می‌کند، اما افزایش میزان رشد شاخساره و تولید اسانس مطلوب در دماهای متوسط و طول روزهای بلند حاصل می‌شود (رایت، ۲۰۰۲).

۱-۱-۵- ترکیبات شیمیایی و مواد موثره

اندام‌های هوایی این گیاه حاوی اسانس است. از مواد تشکیل دهنده اسانس این گیاه می‌توان به چاویکول (استراگول)، المیسین، بتا السیمین، بتاپینن و سابینن اشاره نمود. که این مواد خاصیت ضد باکتریایی و کنترل ارگانیسم‌های مضر را دارا می‌باشند(دینس و سوبودا، ۱۹۸۸).

۱-۱-۶- موارد مصرف

در ایران از این گیاه به صورت تازه و خام به عنوان یک سبزی خوردنی استفاده می‌شود و از خشک شده آن به صورت سبزی خشک در تهیه انواع غذاها استفاده می‌شود. مصرف دیگر آن در صنایع غذایی برای تهیه خیار شور، سس، و انواع ترشی‌جات است. در خارج از ایران مصرف تازه خوری کمتری دارد و بیشتر در صنایع غذایی به کار می‌رود واز پودر آن به عنوان چاشنی در غذاها استفاده می‌شود (دانشور، ۱۳۸۵). از برگ‌های این گیاه در طب سنتی بهعنوان دارو در درمان ناراحتی‌های دستگاه گوارشی، رماتیسم، آرتروز و تسکین درد دندان استفاده می‌شود(رایت، ۲۰۰۲).

۱-۲- شوری آب آبیاری یا محلول خاک

۱-۲-۱- کیفیت آب آبیاری

آبی که در تولید محصولات کشاورزی از آن استفاده می‌شود هیچ گاه خالص نبوده و حاوی مقداری مواد محلول یا معلق می‌باشد. بنابراین در رابطه آب و خاک و گیاه همیشه باید آب ناخالص را در نظر گرفت. ناخالصی آب تا آنجا که از حد معینی تجاوز نکند مانع از مصرف آب نمی‌شود زیرا هرگونه مصرف آب

معیارهای مخصوص به خود را دارد. به عنوان مثال معیارهای کیفی آبی که برای آب شرب استفاده می‌شودبا معیارهای آبی که در کشاورزی مصرف می‌شود متفاوت است(علیزاده، ۱۳۸۱).

آبی که ممکن است در شرایط محیطی خاص برای پرورش یک گیاه خاص مناسب نباشد ممکن است برای گیاهان دیگر و در شرایط دیگر به راحتی به کار برده شود، یا این که با مصرف آن فقط مقدار کمی از تولید محصول کاسته شود. بنابراین می‌توان گفت که این مصرف کننده است که بر اساس نوع گیاه و شرایط موجود برای آب کیفیت تعیین می‌کند. آنچه که از نظر کشاورزی مهم است نوع تاثیر آب بر گیاه و خاک است. این تاثیر ناشی از وجود ناخالصی‌های فیزیکی و شیمیایی درون آب است که عوامل محیطی می‌توانند اثر آن‌ها را افزایش یا کاهش دهند.غلظت و ترکیب مواد حل شده در آب می‌تواند بیشترین تاثیر را بر رشد گیاه و کیفیت خاک داشته باشد، کیفت آب آبیاری از لحاظ تاثیر بر رشد گیاه را می‌توان از طریق موارد زیر ارزیابی نمود(علیزاده، ۱۳۸۱).

۱. شوری یا غلظت کل نمک‌های حل شده در آب.
۲. غلظت یون سدیم در آب نسبت به سایر یون‌ها.
۳. ترکیبات آنیونی آب به ویژه غلظت کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها.
۴. غلظت عناصر ویژه مثل بور که می‌توانند در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی باشند.

۱-۲-۲- تعریف شوری

واژه تنش شوری برای بیان وجود بیش از حد یون‌ها بهویژه یون‌های سدیم و کلر استفاده می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۵). اگر غلظت نمک‌ها از مقداری بالاتر باشد که بتواند سبب کاهش پتانسیل آب به اندازه ۰/۵۰ تا ۰/۱ مگا پاسکال گردد به این حالت تنش ناشی از نمک می‌گویند(حکمت شعار، ۱۳۷۲). اما همان گونه که ذکر گردید این تعریف یک تعریف کیفی و غیر قابل ارزیابی است. به عنوان مثال طبق تعریف سازمان کشاورزی آمریکا خاک شوری عبارت است از خاکی که محلول آن دارای هدایت الکتریکی (EC)[۵]، بیشتر از $4\ dS\ m^{-1}$ و سدیم قابل تبادل (ESP) کمتر از ۱۵٪ باشد(خلدبرین واسلام زاده، ۱۳۸۴). مونز و تستر (۲۰۰۸) نیز عقیده دارند که در هدایت الکتریکی $4\ dS\ m^{-1}$ و بالاتر از آن که معادل وجود ۴۰ میلی مول از نمک کلرید سدیم و فشار اسمزی ۰/۴ مگا پاسکال در محلول غذایی است، اکثر گیاهان دچار کاهش عملکرد می‌شوند.

نمک‌هایی که باعث ایجاد شوری می‌شوند شامل نمک‌های سدیم، کلسیم، منیزیم همراه با کلرید، سولفات، کربنات و بی‌کربنات می‌باشد که در این میان کلر و سدیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند(حیدری، ۱۳۸۰). به گونه‌ای که در غلظت‌های یکسان و در مقایسه با سولفات منیزیوم و کلرید

1-Electrical Conductivity

کلسیم، اثرات مخرب سولفات سدیم، کلرید سدیم و بی کربنات سدیم بر گیاهان به ترتیب دو، سه و ده برابر بیشتر است(تباراحمدی و بابایان، ۱۳۸۱). برای تعیین غلظت کل نمک‌ها در محلول غذایی دو روش معمول است؛یکی اندازه گیری باقی مانده خشک نمک‌ها و دیگری اندازه گیری هدایت الکتریکی محلول غذایی است(علیزاده، ۱۳۸۱). اما روش معمول‌تر اندازه گیری شوری خاک از طریق اندازه گیری EC عصاره اشباع منطقه ریشه می‌باشد که به صورت $dS\ m^{-1}$بیان می‌گردد(حیدری، ۱۳۸۰).

۱-۲-۳- اهمیت شوری

شوری یک مسئله مهم تاریخی است که دوره‌های فعال کشاورزی را تحت تاثیر قرار داده به طوری که جمعیت کشاورزان را به دفعات از بین برده است و به تازگی نیز مناطق گسترده‌ای از جهان را به طور فزاینده‌ای در برگرفته است. خاک‌های خشک در مناطقی از جهان که در ناحیه خشک و نیمه خشک قرار گرفته‌اند و میزان بارش سالانه برای شستن نمک‌ها به اندازه کافی وجود ندارد هرروزه در حال گسترش می‌باشد (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۴). طبق گزارشات، در حال حاضر ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا تحت تاثیر شوری قرار دارند که این مساحت بیش از ۶ درصد خشکی‌های جهان را شامل می‌شود (مونز و تستر، ۲۰۰۸). کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و طبق گزارشات مساحتی در حدود ۲۷ میلیون هکتار از اراضی ایران تحت تاثیر شدت‌های مختلف شوری قرار دارند و تخمین زده شده که در مناطق شور موجود میانگین کاهش عملکرد ممکن است به بیشتر از ۵۰ درصد برسد (قریشی و همکاران،۲۰۰۷؛ کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

۱-۲-۴- مکانیسم عمل گیاهان در مقابل شوری

مکانیسم عمل گیاهان در مقابل شوری به عواملی مثل خشکی، دما، نور، وضعیت عناصر معدنی، آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی و اثر سایر تنش‌های دخیل در متابولیسم گیاه بستگی دارد (پسر کلی، ۲۰۰۲). اثرات بسیاری از این عوامل با هم جمع شده و در میزان مقاومت یک گیاه به شوری موثر هستند. بنابراین واکنش یک گیاه را نسبت به درجه معینی از شوری نمی‌توان به طور مطلق پیش بینی نمود (علی زاده، ۱۳۸۱). تحمل گیاهان نسبت به شوری را می‌توان از طریق یکی از معیارهای زیر بررسی نمود (علی زاده، ۱۳۸۱؛ تبار احمدی و بابایی جلودار، ۱۳۸۱).

۱. توانایی گیاه برای زنده ماندن در خاک شور.
۲. میزان رشد یا عملکرد مطلق گیاه.
۳. مقایسه میزان رشد یا عملکرد یک گیاه در یک خاک شور نسبت به یک خاک غیر شور.

زنده ماندن یک گیاه در شرایط شوری ممکن است برای متخصصان اکولوژی امر مهمی باشد، اما برای کشاورزان این که یک گیاه بتواند در شرایط شور زنده بماند و محصولی تولید نکند اهمیتی ندارد.

عملکرد مطلق گرچه تخمینی مستقیمی از بازده اقتصادی محصول را در شرایط مشخصی از شوری بیان می‌دارد، اما تصمیم یک تولید کننده در انتخاب نوع گیاهی که قرار است در یک خاک کشت نماید بر اساس مقایسه عملکرد آن نسبت به شرایط شور می‌باشد؛ لذا عملکرد مطلق را نیز نمی‌توان برای مقایسه گیاهان استفاده نمود، بنابراین معیار سوم یعنی مقایسه عملکرد نسبی گیاه در شرایط شور و غیر شور به عنوان راهنمای عملی در انتخاب نوع گیاه برای کشت و پیش بینی اثرات تنش شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد (علی زاده، ۱۳۸۱).

۱-۲-۵-مقاومت گیاهان نسبت به شوری

گیاهان از لحاظ میزان مقاومت به شوری به دو دسته تقسیم می‌شوند (تبار احمدی بابایان، ۱۳۸۱).

۱. گیاهان هالوفیت (نمک دوست)
۲. گیاهان گلیکوفیت (نمک گریز)

گروه اول خود به دو دسته اجباری و اختیاری تقسیم می‌شوند. منظور از هالوفیت اجباری گیاهانی است که نسبت به شوری بالا سازگار شده‌اند به گونه‌ای که اگر به یک محیط با میزان شوری کمتر منتقل شوند مقدار رشد آن‌ها کاهش می‌یابد. واژه هالوفیت اختیاری نیز به گیاهانی اطلاق می‌شود که به شوری سازگار شده‌اند و می‌توانند در شرایط شور و غیر شور رشد نمایند.

گلیکوفیتها یا غیر هالوفیت‌ها نیز گیاهانی هستند که نسبت به شوری حساس بوده و فقط در شرایط غیر شور به خوبی رشد می‌کنند و اکثر گیاهان زراعی و باغی جزو این گروه می‌باشند.

نوع پاسخ گیاهان به تنش شوری شامل دو مکانیسم کلی است (تبار احمدی بابایان جلودار، ۱۳۸۱؛ حیدری شریف آبادی، ۱۳۸۰).

۲- اجتناب از شوری: گیاهان به سه طریق می‌توانند از تنش شوری اجتناب نمایند.

- انتقال غیر فعال یون‌ها به بیرون از سلول، این گیاهان همچنین دارای غشاهای نفوذناپذیر در مقابل ورود سدیم هستند.
- انتقال فعال یون‌ها به بیرون از سلول‌ها، این گیاهان مجهز به پمپ‌های هستند که سدیم را به بیرون از سلول پمپ می‌کنند.
- رقیق سازی درون سلول، این گیاهان با رشد سریع و جذب آب از افزایش غلظت نمک در سلول جلوگیری می‌کنند.

۲- مقاومت به شوری: گیاهان در محیط‌های شور مقاومت به تنش را از طریق افزایش پتانسیل اسمزی (تنظیم اسمزی) بافت‌های خود به دست می‌آورند. تنظیم اسمزی به عنوان یک سازگاری مهم گیاهان در مقابل تنش شوری در نظر گرفته می‌شود. گیاهان با افزایش غلظت برخی از عناصر مانند سدیم، پتاسیم و کلر و همچنین افزایش بعضی از متابولیت‌های گیاهی مثل پرولین، گلایسین، بتائین، مانیتول و فروکتان در سلول‌های خود پتانسیل اسمزی سلول را کاهش می‌دهند. متابولیت‌های گیاهی تولید شده در این شرایط علاوه بر خاصیت ایجاد پتانسیل اسمزی در سلول نقش‌های دیگری نیز دارند، از این نقش‌ها می‌توان به کاهش مقدار و خسارات اکسیژن‌های فعال رادیکالی در سلول اشاره نمود.

۱-۲-۶- اثر شوری بر خصوصیات رشدی گیاهان

به طور کلی شوری از سه طریق سبب کاهش رشد گیاهان می‌شود (مونز و تستر، ۲۰۰۸؛ گراتان و گریو، ۱۹۹۹).

۱. کاهش پتانسیل آبی (بیشتر منفی شدن) محلول خاک در ناحیه ریشه نسبت به پتانسیل اسمزی در سلول‌های ریشه گیاهان که سبب کاهش جذب گیاهان و ایجاد تنش کمبود آب می‌شود.
۲. ایجاد سمیت یونی با جذب بیش از حد یون‌های مثل سدیم که دارای اثرات زیان باری در سلول‌های گیاهی می‌باشد.
۳. بر هم زدن فعالیت یونی عناصر غذای موجود در محلول خاک و افزایش نسبت‌های Na^+/K^+، Cl^-/NO^{3-} و Na^+/Ca^{2+} در گیاهان.

اثرات شوری بر روی گیاه در دو مرحله اعمال می‌شود (مونز و تستر،۲۰۰۸)؛ در مرحله اول غلظت بالای نمک‌ها سبب ایجاد تنش اسمزی و کاهش جذب آب در ناحیه ریشه‌ها می‌شود این محدودیت سبب کاهش توسعه برگ‌ها و کوچک ماندن برگ‌ها می‌گردد، فرایندهای مولکولی و متابولیکی درگیر در این مرحله در تنش خشکی نیز مشاهد شده است به گونه‌ای که سرعت تولید برگ‌های جدید در گیاهان وابستگی شدیدی به پتانسیل آب محلول خاک دارد و با کاهش این پارامتر، تولید و توسعه برگ‌های جدید متوقف می‌شود (مونز و همکاران، ۲۰۰۶).

در مرحله دوم با افزایش مقدار یون‌های درون سلولی به آستانه سمیت، سمیت یونی ایجاد می‌شود، در این شرایط نسبت غیر طبیعی و بالای سدیم به پتاسیم و غلظت بالای نمک‌ها در سلول‌های گیاهی فعالیت آنزیم‌های سلولی را مختل نموده و از سنتز پروتئین‌های ضروری در سلول جلوگیری به عمل می‌آورند. همچنین نسبت بالای سدیم به کلسیم سبب می‌شود که در غشاهای سلولی سدیم جایگزین کلسیم گردد و از این طریق خاصیت نفوذ پذیری انتخابی غشاهای سلولی تغییر نماید. این موارد سرانجام

سبب پیری زودرس در برگ‌ها و کاهش مقدار فتوسنتز در این اندام‌ها و در نهایت ریزش برگ‌ها و مرگ گیاه می‌شوند (مونز و تستر، ۲۰۰۸؛ ابراهیم زاده و صبورا، ۱۳۸۶).

شوری محلول خاک می‌تواند در تمام مراحل رشد فیزیولوژیکی گیاه اثر گذار باشد. کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر تنش شوری می‌تواند در اثر تغییر در تخصیص مواد فتوآسیمیلایونی حاصل از فرایند فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش رشد بخش هوایی به ویژه رشد برگ‌ها، بسته شدن جزیی یا کلی روزنه‌ها، اثر مستقیم نمک بر روی فتوسیستم‌های نوری فتوسنتز و یا تاثیر بر توازن یونی در سلول‌ها باشد. تا کنون ماهیت کامل آسیبی‌های که غلظت بالای نمک به گیاهان وارد می‌سازد، به طور کامل مشخص نشده است. فعالیت غشاهای سلولی، فعالیت آنزیم‌های مختلف سلولی, جذب مواد غذایی و فعالیت دستگاه فتوسنتزی همگی مستعد اثر پذیری از تنش شوری هستند، از دلایل مهم ایجاد آسیب‌های ذکر شده ممکن است تولید انواع اکسیژن فعال رادیکالی در شرایط تنش شوری باشد. تنش‌های اکسیداتیو، اثرات ثانویه تنش شوری در گیاهان هستند که عبارتند از تولید انواع اکسیژن فعال رادیکالی مثل رادیکال‌های سوپر اکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH°) که در تنش های مختلف در سلول‌های گیاهی تولید می‌شوند. این اشکال مخرب اکسیژن در اثر تغییر در متابولیسم کلروپلاست و میتوکندری در سلول‌های گیاهی در طول تنش ایجاد می‌شوند. گونه‌های فعال اکسیژن رادیکالی سبب ایجاد صدمات اکسیداتیو به اجزاء مختلف سلولی می‌شوند (حیدری، ۱۳۸۰؛ کافی و همکاران، ۱۳۸۸). از این صدمات می‌توان به صدمه به پروتئین‌های $D1$ و $D2$ در فتوسیستم II، کمپلکس آهن- سولفور در فتوسیستم I، رنگیزه‌های کلروپلاست، آنزیم‌های چرخه کالوین نظیر ریبولوز بی فسفات کیناز و بی‌فسفاتازها، واکنش با بیومولکول‌های حیاتی مثل لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها که به ترتیب صدمات پراکسیداسیون لیپیدی، جهش در ساختار DNA و دناتوره شدن پروتئن‌ها را در پی‌دارد، صدمه به غشاهای سلولی و خاصیت نفوذپذیری انتخابی غشاءها و اکسیده نمودن اسیدهای آمینه مهمی نظیر تریپتوفان، هیستیدین و متیونین اشاره نمود (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۷).

۱-۲-۶-۱-روابط آبی گیاه

آب به عنوان مهم‌ترین عامل رشد در گیاهان عمل نموده به طوری که در اکثر فعالیت‌های گیاه شرکت داشته و تقریباً تمام فعالیت‌های سلول‌های گیاهی به وجود آب بستگی دارد. به گونه‌ای که کاهش مقدار آب در گیاهان باعث از بین رفتن آماس سلول‌ها، توقف رشد سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و اخلال در بسیاری از فرایندهای رشد و نموی گیاه که سرانجام بی‌نظمی در پروتوپلاسم سلول‌ها و مرگ سلول را به همراه دارد، می‌شود(علیزاده، ۱۳۸۱).

برای بررسی روابط آبی در گیاهان معمولاً از دو مؤلفه مقدار آب نسبی برگ‌ها(RWC) و پتانسیل آب برگ استفاده می‌کنند. کاهش این دو پارامتر به هر دلیلی می‌تواند منجر به تنش آبی در گیاه گردد. به

طور کلی بین این دو مؤلفه رابطه نزدیکی وجود دارد، بدین معنی که با کاهش مقدار نسبی آب، پتانسیل آب گیاه نیز کاهش می‌یابد(بیشتر منفی می‌شود)، اما این رابطه خطی نبوده و برای گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد(علیزاده، ۱۳۸۱). افزایش مقدار شوری در محیط ریشه گیاهان،سبب کاهش پتانسیل اسمزی و محتوای نسبی آب (RWC) گیاهان می‌شود، در حالی که میزان فشار تورگر در سلول‌ها افزایش می‌یابد(پاریدا و داس، ۲۰۰۵). با افزایش غلظت کلرید سدیم در گیاه کنف محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ، جذب آب، میزان انتقال آب، حفظ آب و کارایی آن کاهش یافت(چادیری و چادیری، ۱۹۹۷).افزایش سطح کلرید سدیم در گیاه گندم نیز سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب در برگ‌های گندم گردید(عبدالمالک و خالد، ۲۰۱۱). شواهد و مدارک زیادی وجود دارد که نشان می‌دهند شوری می‌تواند پارامترهای فتوسنتزی مثل پتانسیل اسمزی آب برگ‌ها، سرعت تعرق، دمای برگ و میزان آب نسبی برگ را تغییر دهد(طباطبایی، ۲۰۰۵)؛ بنابراین کاهش فتوسنتز در گیاهان تحت تنش شوری نه تنها سبب کاهش دی‌اکسید کربن قابل دسترس برای گیاهان در اثر بسته شدن روزنه‌ها می‌شود بلکه به اثرات تجمعی میزان تعرق، پتانسیل اسمزی، پتانسیل آبی برگ، میزان آب نسبی برگ‌ها، هدایت روزنه‌ای برگ‌ها، و نیز ترکیبات بیوشیمیایی نظیر رنگ دانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین‌های سلولبستگی دارد (حیدری، ۱۳۸۰).

۱-۲-۶-۲- ساختار کلروپلاست و رنگیزه‌های فتوسنتزی

تنش شوری در گیاهان باعث تخریب ساختار کلروپلاست‌ها و عدم پایداری رنگیزه‌های فتوسنتزی و صدمه به پروتئین‌های درگیر در زنجیره انتقال الکترون می‌شود (سینگ و دوبی، ۱۹۹۵). مطالعه ساختار برگ با میکروسکوب الکترونیکی در گیاهان تحت شرایط تنش نشان می‌دهد که در این شرایط تیلاکوئیدهای ساختاری برگ تخریب شده و مقدار نشاسته درون سلولی کاهش می‌یابد (هرناندز و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین تنش شوری سبب کاهش تعداد و تراکم دسته‌های گرانا، متورم شدن تیلاکوئیدها و طویل شدن دانه‌های نشاسته در کلروپلاست سلول‌های برگی گیاه سیب زمینی می‌شود (برنز و هک-بکولز، ۱۹۹۰) غشا تیلاکوئید کلروپلاست در برگ‌های سیب زمینی شیرین نیز در شرایط شوری متوسط دچار آماس گردید و با افزایش غلظت نمک به طور کلی تخریب گردیدند (میتسویا و همکاران، ۲۰۰۰).

مقدار کلروفیل در شرایط شوری در گیاهان حساس به شوری مثل گوجه فرنگی، سیب زمینی، نخود و لوبیا کاهش می‌یابد. اما در گیاهان مقاوم‌تر به شوری مثل ارزن مرواریدی، خردل و گندم مقدار کلروفیل افزایش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). مقدار کلروفیل و کارتنوئیدها در برگ‌های گیاهان تحت تنش شوری به طور کلی کاهش می‌یابد و با تداوم دوره تنش برگ‌های پیرتر شروع به کلروز و ریزش می‌نمایند (اگاستیان و همکاران، ۲۰۰۰). هرچند که وانگ و نیل (۲۰۰۰) در گیاه آمارانتوس و هگبی و همکاران