فصل اول: مقدمه

۱-۱. مقدمه

در اولین گزارش ارزیابی مجمع بین المللی تغییر اقلیم[1] که توسط سازمان هواشناسی جهانی و برنامه محیطی سازمان ملل متحد برگزار گردید (دسامبر ۱۹۹۵) نتیجه گیری شد که در کنار هم گذاشتن شواهد موجود، حاکی از تأثیر چشم گیر انسان بر اقلیم جهانی است. هرگونه تأثیر در شرایط اقلیمی، بر سیستم‌های تولید کشاورزی جهان نیز تأثیر خواهد گذاشت. با رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های صنعتی در دو قرن اخیر، هر روزه مقادیر قابل توجهی گاز دی‌اکسیدکربن، متان، کلروفلوروکربن، اکسیدهای نیترو و ازن تروپوسفری به موجودی گازهای طبیعی در جو اضافه می‌شود. تغییر غلظت هریک از گازهای گلخانه‌ای[2] بر غلظت گازهای دیگر مؤثر است. مثلاً تغییر در غلظت دی‌اکسیدکربن به تغییرات در غلظت دیگر گازها از جمله بخار آب منجر خواهد شد. تغییر کلی گازهای گلخانه‌ای در جو موجب افزایش یا کاهش تشعشعات ورودی به کره زمین خواهد شد (نوریان، ۱۳۸۴). یکی از مهم ترین گازهای گلخانه‌ای که توسط انسان به جو رها می‌شود گاز دی‌اکسیدکربن است (نوریان، ۱۳۸۴).

کشاورزی نیز منبع ومخزن گازهای گلخانه‌ای است. افزایش تولید غذا و الیاف عامل مهمی‌در انتشار گازهای گلخانه‌ای است(کوچکی و حسینی، ۱۳۸۵).

بیش از ۹۷ درصد غذای مردم دنیا در اکوسیستم‌های خشکی تولید می‌شود و کشاورزی در اکوسیستم‌های خشکی ناگزیر به عملیات کشت و کار، مصرف کود و چرای دام‌ها است که این فعالیت‌ها موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌شود (چن و همکاران، ۱۹۹۶).

1IPCC
2GHGS

سایر فعالیت‌های کشاورزی مانند حذف جنگل‌ها و ایجاد مزارع و چراگاه‌ها، تغییر خاک‌های بکر به زمین‌های کشاورزی، کشت وکار برنج غرقابی، سوزاندن بقایای گیاهی، پرورش گاو و استفاده از کودهای نیتروژن مانند کاربرد کود اوره (گو و ژو، ۲۰۰۶)، نیز در رها سازی گازهای گلخانه‌ای به جو دخالت دارد (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۵).

آنچه مسلم است، گیاه با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن واکنش‌های متفاوتی از خود نشان خواهد داد. این واکنش‌ها در رابطه با تغییرات عملکرد، ویژگی‌های رشد، تغییر در نسبت بخش هوایی به ریشه و به عبارت دیگر اختصاص مواد خواهد بود (زواره و همکاران، ۱۳۸۵). به طور کلی افزایش دی اکسیدکربن بر فرآیندهای فتوسنتزی و متابولیسمی گیاهان مؤثر است (قانوم و همکاران، ۲۰۰۰). تنش شوری از جمله تنش‌های مهم محیطی است که در اثر عوامل مختلفی چون خشکی و استفاده نابجا از نهاده‌های کشاورزی مانند کودهای شیمیایی ایجاد شده و سبب کاهش رشد و یا توقف آن می‌شود. گیاهان در معرض شوری باید توانایی تحمل به کم آبی و عدم تعادل یونی را داشته باشند. مشکل کم آبی و خشکی معمولا منجر به شوری خاک نیز می‌گردد. در دهه اخیر این مشکل رو به گسترش گذارده و مناطق وسیعتری را تحت تاثیر خود قرار داده است. اهمیت موضوع، زمانی روشن‌تر می‌شود که در همین حال دستگاه حاکم کشورها و جامعه به دنبال احیا و تجدید این مناطق باشند (دی هرالد و همکاران، ۱۹۹۸).

گیاهان بومی هر کشور اغلب دارای خصوصیات برتر و مقاومت‌های بالاتری در زمینه‌های متفاوت می‌باشند. با این وجود در بیشتر موارد، ویژگی‌های این گیاهان به خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته و دقیق شناسایی نشده‌اند (سانچز- بلانکو و همکاران، ۱۹۹۸).

لذا با توجه به اهمیت دی‌اکسیدکربن بر رشد و نمو و تأثیر تنش شوری (که بیشتر اراضی کشور را دربر دارد) و همچنین واکنش‌های متفاوت گیاهان مختلف و حتی ارقام و یا توده‌های یک گونه نسبت به عوامل فوق الذکر، تحقیق حاضر تحت عنوان بررسی اثر متقابل غنی سازی دی‌اکسیدکربن و تنش شوری بر روی برخی خصوصیات کمّی و کیفی گیاه ریحان برنامه ریزی گردید.

۱-۲. اهداف پژوهش

با توجه به افزایش دی‌اکسیدکربن جو در سال‌های آینده و ضرورت استفاده از آب‌های شور از طرفی، و همچنین بررسی اثر متقابل افزایش دی‌اکسیدکربن در برابر تنش شوری، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی موارد ذیل انجام شد:

۱- ارزیابی میزان کاهش و یا افزایش صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک وبیوشیمیایی گیاه ریحان تحت اثر افزایش سطوح شوری؛

۲- تأثیر افزایش دی‌اکسیدکربن بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ریحان؛

۳- ارزیابی میزان بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه ریحان با افزایشدی‌اکسیدکربن در شرایط تنش شوری.

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- مشخصات گیاه ریحان

۲-۱-۱- مقدمه و منشأ

گیاه ریحان یکی از قدیمی ترین سبزیها و گیاهان دارویی شناخته شده با سابقه ۳۰۰۰ ساله می‌باشد. این گیاه بومی مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیری آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی می‌باشد (مهتا و مهتا، ۱۹۴۳و دارا، ۱۹۹۸). گیاهشناسان منشاء این گیاه را در آسیا مربوط به کشور ایران (امیدبیگی، ۱۳۷۹ و زرگری، ۱۳۷۲)،افغانستان(زرگری، ۱۳۷۲)و هندوستان (امیدبیگی، ۱۳۷۹و پاراکاش، ۱۹۹۰) درنظر می‌گیرند.

چون قصر پادشاهان یونان را با اسانس این گیاه معطر می‌نمودند به آن Basilu به معنی پادشاه گفته می‌شود که نام Basil نیز از آن مشتق شده است (امیدبیگی، ۱۳۷۹). در برخی کشورها ریحان را سمبل عشق به شمارمی‌آورند. این گیاه در کشور هندوستان از تقدس بسیار بالایی برخوردار است و آن را نویددهنده فرخندگی و سعادتمندی برمی‌شمارند (پاراکاش، ۱۹۹۰).

خواص درمانی فراوانی برای این گیاه ذکرشده است که از مهمترین آنها می‌توان به اشتهاآور بودن ماده موثره این گیاه، کمک نمودن به هضم غذا و ضد نفخ بودن و درمان نمودن برخی از بیماریهای قلبی اشاره نمود. همچنین از این گیاه می‌توان در درمان بزرگ شدن طحال کمک گرفت (پینکرتون و هاکینگ، ۱۹۹۲). اسانس ریحان به طورگسترده‌ای در صنایع غذایی به عنوان طعم دهنده و در صنایع آرایشی و بهداشتی و داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سیمون و همکاران،۱۹۹۲). همچنین اسانس آن به عنوان منبعی از ترکیبات معطر شناخته می‌شود که برخی فعالیت‌های بیولوژیکی از قبیل دور کنندگی حشرات، ضد نماتد، ضد باکتری و ضد قارچ بودن در

آن مشاهده شده است (لی و همکاران، ۲۰۰۵؛ دشفانده و تیپینس،۱۹۷۷).ریحان به صورت تجاری در بسیاری از کشورهای جهان نظیر مجارستان، فرانسه، آمریکا، اندونزی، مراکش، اسپانیا، مصر و خصوصاً در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر دنیا کشت می‌شود (امیدبیگی، ۱۳۷۹ وپاراکاش، ۱۹۹۰).

۲-۱-۲- مشخصات گیاه‌شناسی

گیاه ریحان متعلق به خانواده نعناعیان و از جنس *Ocimum* می‌باشد (امیدبیگی، ۱۳۷۹). این گیاه دگرگشن است. دگرگشنی در گیاه ریحان موجب افزایش تنوع و بوجودآمدن گونه‌ها و زیرگونه‌های متنوع در این گیاه شده است (باغانی اول، ۱۳۸۴). جنس*Ocimum* شامل بیش از۳۰ گونه می‌باشد (گرایر و همکاران، ۱۹۹۶) که از مهمترین آنها می‌توان به *O.basilicum*، *O.gratissimum*، *O.canum*، *O.sanctum* و *O.carnosum* اشاره نمود (امیدبیگی، ۱۳۷۹). گونه .*O.basilicum* L یکی از مهمترین گونه‌های ریحان بوده و بطور نسبتاً وسیعی به طوراقتصادی در سراسر دنیا کشت می‌شود و کاربرد نسبتا بالایی را در صنایع آرایشی و بهداشتی داشته است (ماروتی و همکاران، ۱۹۹۶). در ایران نیز در مناطق غربی و مرکزی بخصوص شمال کشور بصورت تجاری و سنتی کشت می‌شود (باغانی اول، ۱۳۸۴). ریحان گیاهی است علفی، یکساله و معطر که ارتفاع آن به حدود ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد (امیدبیگی، ۱۳۷۹و پاراکاش، ۱۹۹۰). برگ‌های آن بیضوی، نوک تیز با کناره‌های دندانه‌دار می‌باشد (پاراکاش، ۱۹۹۰). ریحان دارای گل‌های مجتمع و کوچک و به رنگ‌های سفید، قرمز و گاهی بنفش که در انتهای ساقه‌ها و انشعابات اصلی و فرعی ظاهر می‌شوند. هر گل آذین شامل ۱۷ تا ۱۸عدد گل می‌باشد (امیدبیگی، ۱۳۷۹ و زرگری،۱۳۷۲). ریشه این گیاه مستقیم و مخروطی شکل بوده و ساقه آن نیز مانند گیاهان تیره نعناع چهارگوش، کرک‌دار، مستقیم و با انشعابات کم و بیش فراوان است (امیدبیگی، ۱۳۷۹). رنگ بذر ریحان سیاه تا قهوه‌ای سوخته و نسبتا ریز است. وزن هزار دانه آن در حدود ۱/۲ تا ۱/۸ گرم می‌باشد. بذر ریحان ۴ تا ۵ سال از قوه نامیه رویشی مناسبی برخوردار است و در شرایط مناسب ۱۴ تا ۲۱ روز پس از کشت سبز می‌شود. دوره رویشی ریحان بین ۱۷۰ تا ۱۸۰روز است. پیکر رویشی ریحان حاوی اسانس می‌باشد و مقدارآن با توجه به شرایط اقلیمی محل رویش متفاوت و بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد است (امیدبیگی، ۱۳۷۹).

۲-۱-۳- نیازهای اکولوژیکی

گیاه ریحان در طول دوره رویش طالب آب و هوای گرم و تابش نورکافی می‌باشد. بذر این گیاه به منظور جوانه‌زنی به درجه حرارتی در حدود ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد احتیاج دارد. حساسیت ریحان به سرما زیاد است. این گیاه در طول فصل رشد به آبیاری فراوان احتیاج دارد (امیدبیگی، ۱۳۷۹).

۲-۲- اثرات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی افزایش دی‌اکسیدکربن

۲-۲-۱- اثر افزایش دی‌اکسیدکربن بر خصوصیات برگ گیاه

افزایش دی‌اکسیدکربن در گیاهان سه کربنه تأثیر بیشتری نسبت به گیاهان چهار کربنه دارد. در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن گیاهان سه کربنه تولید خالص اولیه بیشتری نسبت به گیاهان چهارکربنه نشان می‌دهند (برنت سن و بزار،۱۹۹۶). دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن موجب تخصیص بیشتر مواد و کاهش نقطه جبرانی در گیاهان سه کربنه می‌شود (صالحی، ۱۳۸۱).

اغلب مطالعات در مورد اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر اکوسیستم‌های زراعی و طبیعی نشان می‌دهد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب تحریک رشد گیاه می‌شود (بوکر و همکاران، ۲۰۰۵).

بورکارت و همکاران (۲۰۰۴)، بیان کردند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب می‌شود روزنه‌ها کمتر باز شوند که این مسئله خود باعث کاهش تنفس برگ‌ها و کاهش تعرق و همزمان افزایش آسیمیلاسیون کربن می‌گردد. پاسخ گیاهان به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن معمولاً بر خلاف پاسخ آنها به ازن (O_3) می‌باشد و شامل افزایش فتوسنتز، کاهش هدایت روزنه‌ای، نمو برگ‌های بزرگ‌تر، ضخیم‌تر و سنگین‌تر، افزایش شاخه‌دهی، تغییر نسبت ریشه به ساقه، افزایش رشد، کاهش نشت کربن از سلول‌های غلاف آوندی در گیاهان چهارکربنه مثل سورگوم و افزایش مواد متابولیکی ثانویه می‌باشد (هیگل و همکاران، ۱۹۹۸؛ کوسینس و همکاران، ۲۰۰۱).

نتایج محققان دیگر بر روی هندوانه نشان داد که غلظت۱۲۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن، باعث افزایش رشد برگها و محتویات سبزینه برگها شده و به دنبال آن عملکرد افزایش می‌یابد. مطالعات نشان می‌دهد که غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن باعث افزایش معنی داری در سطح برگ گردید (پیتر و هیکلنتون،۱۹۸۸). در گیاه زینتی جعفری بیشترین اثر،مربوط به غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام بود که باعث افزایش ۳ برابری در سطح برگ گردید. در این

تحقیق با افزایش دی‌اکسیدکربن، تعداد برگهای گل جعفری زینتی افزایش نشان داد. باافزایش غلظت دی‌اکسیدکربن که منجر به تقسیم سلول‌های اپیدرمی گردید، صفاتی نظیر ارتفاع ساقه، تعداد برگها و قطر ساقه نیز افزایش نشان داد که حاکی از تاثیر غلظت بالای دی‌اکسیدکربن بر افزایش آغازیدن روزنه‌ها در برگهای بالغ و تحریک تشکیل برگهای جدید می‌باشد. از نتایج این تحقیق می‌توان چنین نتیجه گرفت که غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن بیشترین تاثیر را بر صفات مورد مطالعه گذاشته است (شور و همکاران، ۱۳۸۹).

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش قابل توجه محتوای آب بافتها در تمام گونه‌های مورد بررسی شد.

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن می‌تواند به طور مستقیم بر رشد گیاهان اثر بگذارد، به‌طوری که باعث تحریک و افزایش فتوسنتز و کاهش تنفس و در نتیجه افزایش و بهبود کارآیی مصرف آب شود. البته در این مورد نتایج متفاوتی گزارش شده است(میشرا و همکاران، ۱۹۹۹).

آلن و همکاران (۱۹۹۱)، بیان کردند که در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، در اغلب گیاهان مورد مطالعه، رشد افزایش می‌یابد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن می‌تواند موجب افزایش مقاومت روزنه ای شده که در پی آن کاهش تعرق اتفاق می‌افتد (جونز و همکاران، ۱۹۸۴). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب بسته شدن جزیی روزنه‌ها می‌شود. این کاهش هدایت روزنه‌ای باعث کاهش تعرق در واحد سطح برگ می‌شود. کاهش در سرعت از دست دادن آب برگ می‌تواند به دلیل کاهش تعرق و کاهش نیاز به آب در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باشد (کاسلا و همکاران، ۱۹۹۶).

برنت سن و همکاران (۱۹۹۶)، نشان دادند که در شرایط طبیعی با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن پیری در گیاهان سریع تر اتفاق می‌افتد. به طور کلی افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، رشد رویشی اندام هوایی را بیشتر از گسترش ریشه (اندام زیر زمینی) تحریک کرده که موجب کاهش نسبت ریشه به شاخه می‌شود (رید و مورگان، ۱۹۹۶).

۲-۲-۲- اثر افزایش دی‌اکسیدکربن بر زیست توده و نسبت اندام زیر زمینی به اندام هوایی و سایر صفات مورفولوژیک

غلظت دی‌اکسیدکربن سرعت تولید ماده خشک را از دو طریق تحت تأثیر قرار می‌دهد:

۱- تنظیم اندازه روزنه، ۲- تنظیم فتوسنتز.

البته ارتباط بین فتوسنتز، رشد و عملکرد مستقیم نیست (روگرز و همکاران، ۱۹۸۴).

داخوا و همکاران (۱۹۹۷)، بیان کردند که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، نسبت اندام‌های زیر زمینی به اندام هوایی[1] در گیاهانی که عملکرد اقتصادی آن‌ها مربوط به اندام زیرزمینی است، افزایش می‌یابد. در حالی که در گونه‌هایی که عملکرد اقتصادی اندام هوایی است، این نسبت بدون تغییر می‌ماند. هرچند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه می‌شود، اما این نتیجه در همه مطالعات صادق نیست. هم چنین به نظر می‌رسد این پدیده بیشتر از آنکه به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن مربوط شود به کمبود نیتروژن وابسته است (زری هوم و همکاران، ۲۰۰۰).

معمولاً اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر ریشه گیاهان در طبیعت به صورت غیر مستقیم است (گرافین و همکاران، ۱۹۹۷). برای مثال می‌توان به افزایش فعالیت‌های جذب مواد و افزایش فعالیت فسفاتازی سطح ریشه اشاره کرد.

نتایج آزمایشات ایشی زاکی و همکاران (۲۰۰۳)، نشان می‌دهد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، وزن خشک کل گیاه را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد و این اثر افزایش دی‌اکسیدکربن، در غلظت‌های بالای نیتروژن بیشتر است. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش اندام خشک هوایی می‌شود اما بر میزان ماده خشک ریشه بی‌تأثیر است.

زواره و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند که دو برابر نمودن غلظت دی‌اکسیدکربن عملکرد گیاهان را تا ۳۳٪ افزایش می‌دهد. با این حال دیده می‌شود که تمام اندام‌های یک گیاه به یک میزان از جو غنی از دی‌اکسیدکربن بهره نمی‌برند.

1Root/ Shoot

در مطالعات انجام شده بر روی درختان مشاهده شد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و افزایش درجه حرارت هیچ کدام باعث تغییر نسبت R/S در اوایل فصل رشد نمی‌شود، اما افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن این نسبت را در اواخر فصل رشد افزایش می‌دهد (کلوماکی و وانگ، ۲۰۰۱).

هانت و همکاران (۱۹۹۸) بیان نمودند که تغییرات در نسبت R/Sدر شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بسیار متفاوت است به‌طوری که دامنه‌ای از افزایش، کاهش تا عدم تغییر را شامل می‌شود. رید و مورگان (۱۹۹۶)، بیان کردند افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن رشد رویشی اندام هوایی را بیشتر از رشد ریشه (اندام زیرزمینی)، تحریک می‌کند که موجب کاهش نسبت R/S می‌شود.

داخوا و همکاران (۱۹۹۷)، اثرات مستقیم و غیر مستقیم افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن را بر ذرت که گیاهی چهارکربنه است مثبت و مفید ارزیابی نمودند و نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش عملکرد ذرت در حدود ۲۲٪ می‌گردد. همچنین شاخص برداشت برای ذرت در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش یافت. به همین ترتیب افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش زیست توده و عملکرد شد (داخوا و همکاران، ۱۹۹۷). در گیاه سورگوم (چهار کربنه)، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تولید زیست توده ریشه را تا ۱۴٪ افزایش داد (پریچارد و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعات زیسکا و بونسه (۱۹۹۷)، بر روی چهار گونه چهار کربنه نشان می‌دهد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری، گیاهان چهار کربنه می‌توانند رشد خود را افزایش دهند و این افزایش می‌تواند هم تراز با افزایش رشد گیاهان سه کربنه باشد. این پدیده بدون در نظر گرفتن اشباع آنزیمی برای دی‌اکسیدکربن در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن می‌باشد. اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر وزن برگ در واحد سطح، شامل افزایش، کاهش یا عدم تأثیر بر آن می‌باشد.

مطالعات ترمبلی و گوسلین (۱۹۹۸)، نشان می‌دهد که آنزیم کلیدی برای تثبیت کربن، رابیسکو می‌باشد و فعالیت آن نسبت به غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در اتمسفر بستگی دارد. مهمترین اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تغییر تعادل بین فعالیت کربوکسیلاسیون و اکسیژناسیون رابیسکو می‌باشد. از سوی دیگر روشن است که پاسخ گیاهان به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن کاملاً به قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی بستگی دارد (زری هوم، ۲۰۰۰).

در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن گیاهان سه کربنه تولید خالص اولیه بیشتری نسبت به گیاهان چهار کربنه نشان می‌دهند (برنت سن و بزار، ۱۹۹۶). دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن موجب تخصیص بیشتر مواد و کاهش نقطه جبرانی در گیاهان سه کربنه می‌شود (صالحی، ۱۳۸۱).

طی آزمایشات دوساله اوتمن و همکاران (۲۰۰۱)، روی گیاه سورگوم، با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن عملکرد گیاه حدود ۱۵٪ در کرت‌های با خاک خشک افزایش نشان داد. اما تغییر قابل توجه و معنی‌داری در کرت هایی که در طول فصل رشد گیاه رطوبت کافی از خاک دریافت می‌کرد، مشاهده نشد.

افزایش دی‌اکسید کربن موجب نمو برگ‌های درشت‌تر، ضخیم تر، شاخه دهی بیشتر در سویا می‌شود (هگل و همکاران، ۱۹۹۸). همزمان با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری، گیاهان با مسیر فتوسنتزی CAM مثل آناناس که شباهت به مسیر فتوسنتزی چهارکربنه دارد برای آسیمیلاسیون کربن، فتوسنتز و کارایی مصرف آب و تولید زیست توده را افزایش داد (ژو و همکاران، ۱۹۹۹). همزمان با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن عملکرد سورگوم در خاک‌های خشک و یا خاک‌های حاوی مقدار کم رطوبت افزایش یافت (اوتمن و همکاران، ۲۰۰۱).

مطالعات مارکو و همکاران (۱۹۹۹)، روی ذرت نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اثر مثبتی بر تولید ذرت، خصوصا در مناطق خشک که رطوبت خاک برای تولید گیاهان زراعی سه کربنه کافی و مناسب نیست، داشت. مطالعات وارد و همکاران (۱۹۹۹)، بر روی گونه‌های سه‌کربنه و چهارکربنه نشان داد که اغلب، افزایش فتوسنتز در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش وزن خشک کلی گیاه در گونه‌های سه کربنه شد، اما در گونه‌های چهار کربنه تغییری مشاهده نشد.

آندالو و همکارن (۱۹۹۸)، گزارش نمودند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن روی طول ریشه و سرعت افزایش طول ریشه تأثیر گذاشت و تراکم ریشه (هم زیست توده و هم طول ریشه) خصوصاًدر قسمت سطحی خاک افزایش یافت. پریتچارد و همکاران (۲۰۰۶)، طی مطالعات خود مشاهده نمودند، رشد ریشه در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن حداقل در گیاهان چهار کربنه مثل سورگوم به دلیل تبدیل از حالت افزایش طول و حجم ریشه به حالت حفظ بقا کاهش می‌یابد.

مطالعات کینگ و همکاران (۱۹۹۷)، نشان داد که در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تجمع کربوهیدرات باعث کاهش طول ریشه شد.

برنت سن و همکاران (۱۹۹۶)، نشان دادند که در شرایط طبیعی با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن پیری در گیاهان سریع تر اتفاق می‌افتد. به طور کلی افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن رشد رویشی اندام هوایی بیشتر از گسترش ریشه (اندام زیر زمینی) تحریک می‌کند که موجب کاهش نسبت R/S می‌شود (رید و مورگان، ۱۹۹۶).

اغلب کاهش‌های مشاهده شده در خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیکی گونه‌های چهار کربنه به علت ناتوانی ریشه در جذب مقادیر مناسب و کافی از نیتروژن خاک جهت تأمین نیاز بیشتر به نیتروژن در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باشد (رید و مورگان، ۱۹۹۶).

مطالعات انور خواه (۱۳۸۶)، نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن طول ساقه گیاه چهارکربنه ارزن نسبت به شاهد افزایش یافت. مطالعات زیسکا و بونسه (۱۹۹۷) بر روی چهار گونه چهار کربنه نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری گیاهان چهار کربنه توانستند رشد خود را افزایش دهند.

۲-۲-۳- اثر افزایش دی‌اکسیدکربن بر میزان کلروفیل

غلظت نیتروژن برگ به دلیل وابسته بودن به آسیمیلاسیون کربن به نیتروژن و هم چنین کارایی استفاده از تشعشع از اهمیت زیادی برخوردار است (هگل و همکاران، ۱۹۹۸). شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب کاهش میزان نیتروژن و کلروفیل برگ می‌شود (صالحی، ۱۳۸۱). در آزمایشات انجام شده توسط هانت و همکاران (۱۹۹۸)، مشخص شد که در گیاهان گاهی اوقات افزایش جذب نیتروژن تحت تیمار افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به علت تغذیه بیشتر است. هگل و همکاران به نقل از آلن و همکاران (۱۹۹۱)، بیان کردند که اثرات افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر کلروفیل برگ سویا متفاوت است. مثلا برای رقم Bragg میزان کلروفیل در برگ ۵۸ روز بعد از کاشت در دی‌اکسیدکربن متوسط در بالاترین حد و در مقدار ۸۰۰ پی پی ام کمتر از حالت ۳۳۰ پی‌پی‌ام بود. برای رقم Stonwall میزان کلروفیل (در زمان ابتدای گلدهی کامل) در شرایط غلظت ۷۰۵ پی‌پی‌ام تأثیری نداشت.

چن و همکاران (۱۹۹۹)، اظهار داشت که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، میزان کلروفیل در گیاه پیینو کاهش یافت.

۲-۲-٤- اثر افزایش دی‌اکسیدکربن بر خصوصیات فیزیولوژیکی

مطالعات والتینگ و همکاران (۲۰۰۰)، روی سورگوم نشان داد که اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر خصوصیات فتوسنتزی گیاه زراعی چهار کربنه، در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن نسبت به شرایط دی‌اکسیدکربن طبیعی، شامل کاهش فعالیتPEP کربوکسیلازی است. گفته شده است پاسخ گونه‌های سه کربنه به افزایش دی‌اکسیدکربن در مقایسه با گونه‌های چهار کربنه بیشتر است.

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن فعالیت اکسیژنازی روبیسکو (RubP کربوکسیلاز- اکسیژناز) را در گیاهان سه کربنه کاهش داد. رقابت گونه‌های سه کربنه و چهار کربنه در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن متفاوت است.

در مرداب‌ها افزایش غظت دی‌اکسیدکربن باعث افزایش فتوسنتز و رشد گیاهان سه کربنه می‌شود، اما در گونه‌های چهار کربنه پاسخ کمی به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن مشاهده شد (والتینگ و همکاران، ۲۰۰۰).

تفاوت پاسخ‌ها نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در اکوسیستم‌های مختلف را می‌توان به تفاوت‌های دمایی، خاک، آب و میزان دسترسی به مواد غذایی نسبت داد (چن و همکاران، ۱۹۹۶).

با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن محیط، هدایت روزنه‌ای برگ کاهش می‌یابد. در نتیجه گیاهان روزنه‌های خود را کمتر باز می‌کنند. اثر بازدارندگی این پدیده بر خروج آب بیشتر از ورود دی‌اکسیدکربن است و در نتیجه راندمان مصرف آب افزایش می‌یابد (کوچکی، ۱۳۷۸).

سییونیت و پترسون (۱۹۸۵) دریافتند که گیاهان رشد یافته در غلظت‌های دی‌اکسید کربن ۶۷۵ پی‌پی‌ام دارای هدایت روزنه‌ای کمتری هستند. سییونیت و همکاران (۱۹۸۴) دریافتند که هدایت روزنه‌ای برگ سویا با دوبرابر شدن دی‌اکسیدکربن کاهش یافت، هرچند که کاهش آن در همه موارد معنی‌دار نبود. اغلب کاهش‌های مشاهده شده در خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گونه‌های چهارکربنه به علت مشابهت در متابولیسم کربن توسط آنزیم‌های فتوسنتزی است و نیز به نظر می‌رسد که این کاهش به علت ناتوانی ریشه در جذب مقادیر مناسب و کافی از نیتروژن خاک جهت تأمین نیاز بیشتر به نیتروژن در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باشد (رید و

مورگان، ۱۹۹۶). به نظر می‌رسد عدم حساسیت مقطعی و زودگذر فتوسنتز به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن ، موجب محدود شدن ظرفیت جهت استفاده از کربن اضافی می‌شود. برای مثال اگر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث بر هم خوردن تعادل بین ظرفیت منبع و نمو مخزن شود، مخازن ناکافی برای کربوهیدرات قابل دسترس، موجب محدود شدن ظرفیت فتوسنتزی می‌شود که یکی از دلایل آن ممانعت از انتقال مواد و همچنین تنظیمات وابسته به ژن مؤثر در فعالیت رابیسکو می‌باشد (زیسکا و بونسه، ۱۹۹۸). مطالعات ترمبلی و گوسلین (۱۹۹۸)، نشان می‌دهد که آنزیم کلیدی برای تثبیت کربن، رابیسکو می‌باشد و فعالیت آن به نسبت غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در اتمسفر بستگی دارد. مهمترین اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تغییر تعادل بین فعالیت کربوکسیلاسیون و اکسیژناسیون رابیسکو می‌باشد. روشن است که پاسخ گیاهان به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن کاملاً به قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی بستگی دارد (زری هوم و همکاران، ۲۰۰۰).

در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، گیاهان سه کربنه تولید خالص اولیه بیشتری نسبت به گیاهان چهار کربنه نشان می‌دهند (برنت سن و بزاز، ۱۹۹۶). دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن موجب تخصیص بیشتر مواد و کاهش نقطه جبرانی در گیاهان سه کربنه می‌شود. برگ‌های پایینی قادر خواهند بود در شدت تشعشع کمتر از ۵٪ تشعشع کامل خورشید، تولید اضافه بر نیاز خود داشته باشند. هم چنین تنفس نوری نیز کاهش می‌یابد که موجب بهبود عملکرد کوآنتومی گیاهان سه کربن به گیاهان چهارکربنه می‌شود (صالحی، ۱۳۸۱).

مطالعات کلارک و همکاران (۱۹۹۹)، نشان داد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش فتوسنتز خالص در برگ‌ها در تمامی گونه‌ها بدون در نظر گرفتن مسیر فتوسنتزی شد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش فتوسنتز در گونه‌های سه‌کربنه و چهارکربنه به ترتیب به میزان ۳۷٪ و ۲۲٪ شد (فریس چی و همکاران، ۱۹۹۹).

مطالعه روی گیاه سورگوم نشان داد که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری میزان فتوسنتز در این گیاه حدود ۱۶٪ کاهش یافت که این نتیجه عکس نتیجه گیری‌های مطالعات قبلی بود. بخشی از این کاهش به دلیل کاهش ۵۰ درصدی در غلظت PEP کربوکسیلاز برگ‌ها که در سلول‌های مزوفیلی گیاهان، دی‌اکسیدکربن را به قند تبدیل می‌کنند بود (والتینگ و همکاران، ۲۰۰۰).

در آزمایشی که بر روی نیشکر، گیاهی با مسیر فتوسنتزی چهارکربنه انجام شد مشاهده گردید در گیاهانی که در غلظت دو برابر دی‌اکسیدکربن رشد می‌کنند، اثر مثبتی در مراحل نموی ایجاد می‌شود، از جمله:۱- میزان آنزیم ساکاروز فسفات سنتتاز برگ ۱۳٪ و ۳۷٪ به ترتیب در۷ و ۱۴ روز بعد از ظهور برگ افزایش یافت. ۲- کلروفیل کل و پروتئین محلول به ترتیب ۳۱٪ و ۱۵٪ افزایش نشان داد (وو و همکاران، ۲۰۰۶).

همچنین مطالعات لئوناردز و گردزین اسکی (۲۰۰۰)، نشان دادند که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن میزان فتوسنتز به ترتیب در گیاهان سه کربنه، گیاهان CAM و چهارکربنه افزایش یافت. اثرات افزایش دی‌اکسیدکربن در گیاهان عموماً شامل افزایش فتوسنتز و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد (هگل و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۳. تنش شوری

شوری یکی از تنش‌های عمده و اصلی در کشت و کار گیاهان به شمار می‌آید. تنش شوری از دیرباز عامل محدود کننده مهمی در سیستم‌های کشاورزی تاریخ بشر بوده است (تایز و زایگر، ۱۹۹۸).

نشانه‌های تنش شوری در گیاهان، مشابه نشانه‌های تنش خشکی است، با این تفاوت که در تنش شوری گیاهان پژمرده نمی‌شوند و برگها لوله ای می‌شوند. مصرف بالای انرژی در هنگام تنظیم اسمزی گیاه تحت تنش شوری از جمله عوامل کاهنده رشد به شمار می‌آید (گرین‌وی، ۱۹۷۳).

۲-٤. مکانیزم‌های مقاومت به شوری

مقاومت گیاهان به شوری به صورت قابلیت و توانایی ایستادگی و تحمل گیاه در برابر اثرات غلظت‌های بالای نمک در ناحیه ریشه، بدون نشان دادن تاثیر قابل توجه در ظاهر اندام هوایی آن تعریف می‌شود (شانون و گریو، ۱۹۹۹). کاهش رشد در اثر شوری طبق گفته حاجی و همکاران (۱۹۹۹) وابسته به سه عامل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک در اطراف ریشه، افزایش تجمع بعضی از یون‌ها در غلظت‌های مخرب و خطرناک در بافت‌ها و به هم خوردن سطح عناصر غذایی پرمصرف و حیاتی در رشد و نمو، می‌باشد. فقر پتاسیم در شرایط تنش معمولا منجر به سمیت سدیم می‌گردد (فلاورز و لولچی، ۱۹۸۳). بسیاری از محققان بیان نمودند در شرایط تنش شوری اثر اسمزی مسئول کاهش رشد اندام هوایی در گیاهان است (مانز و ترمات، ۱۹۸۶؛ یو و همکاران ۱۹۹۱؛ رنجل، ۱۹۹۲).

۲-۵. راهکارهای تحمل شوری

گیاهان راهکارهای مختلف بیوشیمیایی و مولکولی برای مقابله با شوری دارند. مسیرهای بیوشیمیایی که منجر به بهبود تحمل به شوری می‌شود به صورت افزایشی و هم زمان عمل می‌کنند. راهبردهای مدیریتی شامل: تجمع و خروج انتخابی یون ها، کنترل جذب یون‌ها از ریشه و انتقال آن‌ها به برگ ها، جایگزینی ویژه یون‌ها به سلول و به کل گیاه، سنتز مواد سازگار، تغییر در مسیر فتوسنتزی، تغییر در ساختار غشایی، تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و تولید هورمون‌های گیاهی می‌باشد (کافی و همکاران،۱۳۸۸).

۲-٦. اثر شوری بر گیاهان

تنش شوری همچون خشکی به دلیل دخالت سازوکار اسمزی دخیل در تنش سبب محدودیت دسترسی آب در سطح و اعماق خاک شده و بدین ترتیب رشد گیاهان را متوقف می‌کند (مانز، ۲۰۰۲).

شوری بر همه گیاهان و گونه‌های مختلف که در خاک‌های شور به طور طبیعی رشد می‌کنند اثر یکسانی ندارد،به عبارت دیگر شوری و غلظت‌های بالای نمک در خاک به طور طبیعی بر پاسخ‌های رشدی و عملکرد گیاهان موثر است. این اثرات در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت بوده و بر همین اساس می‌توان گیاهان را به گروه‌های حساس، نیمه مقاوم و مقاوم تقسیم نمود. به گونه‌ای که در گیاهان مقاوم غلظت بالای نمک در خاک تنها دارای اثر اندک و یا در برخی موارد بدون تاثیر بوده است. در صورتی که گیاهان موسوم به حساس این اثرات را در غلظت‌های بالا به وضوح نشان می‌دهند(ایستون و کلیندورفر، ۲۰۰۹).

کاهش رشد در اثر شوری طبق گفته حاجی و همکاران (۱۹۹۹) وابسته به سه عامل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک در اطراف ریشه، افزایش تجمع بعضی از یون‌ها در غلظت‌های مخرب و خطرناک در بافت‌ها و به هم خوردن سطح عناصر غذایی پرمصرف و حیاتی در رشد و نمو، می‌باشد. فقر پتاسیم در شرایط تنش معمولا منجر به سمیت سدیم می‌گردد (فلاورز و لولچی، ۱۹۸۳). بسیاری از محققان بیان نمودند در شرایط تنش شوری اثر اسمزی مسئول کاهش رشد اندام هوایی در گیاهان است (مانز و ترمات، ۱۹۸۶؛ یو و همکاران ۱۹۹۱؛ رنجل، ۱۹۹۲). تعادل اسمزی ممکن است در اثر تجمع یون‌های غیر آلی و یا ترکیبات آلی تامین گشته و سبب حفظ شادابی گیاه

گردد (مورگان، ۱۹۸۴؛ مورگان، ۱۹۹۲). محدودیت‌هایی که برای رشد گیاه در شرایط شوری اتفاق می‌افتد شامل (مارشنر، ۲۰۰۲) :

۱- تنش آبی ۲- سمیت یونی و ۳- به هم خوردن تعادل غذایی، می‌باشد.

گیاهان مقاوم به شوری در مقایسه با گیاهان حساس یا کمتر مقاوم، تمایل کمتری به تجمع نمک در بافت برگ‌ها نشان می‌دهند (وو و همکاران، ۲۰۰۱). برخی گیاهان در مرحله دانهالی مقاومت زیادی به تنش شوری دارند در حالی که دیگر گیاهان در زمان رشد رویشی، گلدهی و یا میوه دهی بیشترین مقاومت را نشان می‌دهند (سابارو و جانسن، ۱۹۹۴).

نشانه‌های تنش شوری در گیاهان، مشابه نشانه‌های تنش خشکی است، با این تفاوت که در تنش شوری گیاهان پژمرده نمی‌شوند و برگها لوله ای می‌شوند. مصرف بالای انرژی در هنگام تنظیم اسمزی گیاه تحت تنش شوری از جمله عوامل کاهنده رشد به شمار می‌آید (گرین‌وی، ۱۹۷۳).

الف- تاثیر تنش شوری بر روابط آبی

تنش شوری همچون خشکی به دلیل دخالت سازوکار اسمزی دخیل در تنش سبب محدودیت دسترسی آب در سطح و اعماق خاک شده و بدین ترتیب رشد گیاهان را متوقف می‌کند (مانز، ۲۰۰۲).

افزایش غلظت نمک‌ها در محلول خاک باعث کاهش پتانسیل آب خاک و افزایش فشار اسمزی در محیط ریشه می‌شود و اولین واکنش گیاهان در این شرایط کاهش تورژسانس سلول‌های گیاهی است. برخی از گیاهان قادرند از طریق تنظیم فشار اسمزی شوری را تحمل کنند ولی برخی دیگر قادر به انجام این عمل نیستند (کافی و همکاران،۱۳۸۸).

ب- اثر بر عناصر غذایی

اثر شوری بر عناصر غذایی شامل دو اثر ابتدایی نمک بر روی گیاهان است. یکی سمیت مستقیم یون‌ها که به واسطه غلظت بیش از حد آن‌ها در بافت‌های گیاهی ایجاد می‌شود، دیگری عدم توازن در جذب عناصر غذایی

است که ناشی از افزایش غلظت برخی از یون‌ها و اثرات آنتاگونیستی آن‌ها بر سایر یون‌ها می‌باشد (کافی و همکاران،۱۳۸۸).

ج- اثر بر توازن انرژی

سازگاری گیاهان به تنش شوری منجر به کاهش انرژی قابل دسترس برای رشد می‌شود. اتلاف انرژی به خاطر تنظیم فشار اسمزی در تنش شوری باعث مصرف مواد فتوسنتزی مورد نیاز رشد می‌شود (کافی و همکاران،۱۳۸۸).

۲-٦-۱. تاثیر تنش شوری بر محتوای کلروفیل برگ

مودهن و همکاران (۲۰۰۰)، بیان کردند که پایداری کلروفیل شاخصی از مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است. شاخص پایداری بالا نشان دهنده بی تاثیر بودن تنش بر میزان کلروفیل گیاهی است. ارقام مقاوم به شوری دارای شاخص‌های پایداری بالا و ارقام حساس پایین ترین میزان پایداری را نشان می‌دهند. میزان کلروفیل برگ در گیاهان حساس بیشتر از گیاهان مقاوم تاثیر می‌پذیرد.

۲-٦-۲. تاثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک

شوری باعث کاهش رشد اندام هوایی و ریشه گیاه می‌شود. در بسیاری موارد رشد اندام هوایی بیش از رشد ریشه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. به این ترتیب در اثر شوری نسبت ریشه به اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد در اثر شوری تخصیص کربن به اندام‌های هوایی تغییر می‌کند (وانگ و همکاران،۲۰۰۱). دی هرالد و همکاران (۱۹۹۸) اثر تنش‌های شوری و آب را بر رشد، تبادلات گازی و روابط آبی در گیاه *Argyranthemum coronopifolium L.* مطالعه نمودند. اعمال تنش سبب کاهش وزن زیست توده برگ‌ها با توجه به پیری و ریزش آن‌ها گردید که به عنوان یک سازوکار اجتنابی جهت کاهش هدر رفت آب شناخته می‌شود. کاهش در میزان فتوسنتز و محتوی کلروفیل گیاهان نیز به عنوان یک نتیجه مشاهده گردید. رودریگز و همکاران (۲۰۰۵) اثر شوری سدیم کلرید و تنش آبی را بر رشد و روابط آبی برگ در گیاه*Asteriscus maritimus L.* بررسی نمودند. گیاهان در معرض تنش شوری و خشکی دارای وزن زیست توده کمتری نسبت به گیاهان شاهد بودند و گسترش اولیه برگ‌ها نیز در آنان با کاهش همراه بود. میزان آب نسبی برگ و فشار مکشی برگ نیز در

گیاهانی که تنش را دریافت نموده بودند، کاهش چشمگیری را نشان داد. هر چند گیاهان در معرض تنش شوری موفق به ایجاد یک سازوکار جهت مهار سدیم کلرید شدند و در نتیجه تنظیم اسمزی صورت پذیرفت و آماس برگ تحت تاثیر قرار نگرفت. سلیم و همکاران (۱۹۹۰)، دریافتند که شوری به طور معنی داری موجب کاهش ارتفاع، طول ریشه و بیوماس در برنج می‌شود.

۲-٦-۳. تاثیر تنش شوری بر تجمع عناصر در برگها

به طور کلی یون‌های اصلی دخیل در پاسخ گیاهان به شوری و ایجاد علامت در گیاه شامل، سدیم، پتاسیم و کلسیم می‌باشند (ماهاجان و توتجا، ۲۰۰۵). برهمکنش و همکاری آنها سبب برقراری تعادل در سلول‌ها می‌شود.

رجیلی و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی اثرات نمک سدیم کلرید بر رشد و تعادل یونی پتاسیم به سدیم در دو جمعیت گیاه *Lotus creticus* از خانواده Papilionaceae پرداختند. لوتوس یک گیاه اصلی و مهم علوفه‌ای از انواع بقولات است که در اقلیم خشک تونس و در جایی که شوری یک مشکل جدی است، رشد می‌نماید. این آزمایش بر روی دو جمعیت Msarref و OuedDkouk در یک بستر شور با غلظت‌های متغیر ۰–۴۰۰ میلی مولار از نمک سدیم کلرید، انجام گرفت. حضور نمک در بستر بر رشد کل گیاه در هر دو جمعیت، تاثیر گذار بود و وزن زیستی بخش‌های هوایی بیشتر از ریشه تحت تاثیر قرار گرفت. در تمام تیمارها، گیاهان از هر دو جمعیت توانایی ساخت و توزیع ماده خشک را دارا بودند. بررسی نسبت پتاسیم به سدیم، یک افزایش را در میزان سدیم در ریشه و اندام‌های هوایی نشان داد و این تجمع در توده جمعیتی Msarref واضح تر بود. توده جمعیتی OuedDkouk توانایی بیشتری را در حفظ میزان پتاسیم از خود نشان داد که می‌تواند سبب مقاومت بیشتر آن به سطوح بالای شوری باشد. فقر پتاسیم در شرایط تنش معمولا منجر به سمیت سدیم می‌گردد (فلاورز و لولچی، ۱۹۸۳).

اشرف و همکاران(۱۹۸۷)، گزارش کردند نسبت پتاسیم به سدیم بالا موجب خسارت کمتر و تحمل بیشتر نمک در گوجه فرنگی می‌شود. وی گزارش کرد که یک رابطه خطی معنی دار بین نسبت پتاسیم به سدیم و عملکرد دانه در برنج وجود دارد.

۲-٦-٤. تاثیر تنش شوری بر محتوای نسبی آب برگ و نفوذپذیری غشاء سلولی

پتانسیل کل آب برگ نتیجه جذب آب و ذخیره آن در گیاه و هدررفت آب از طریق تعرق می‌باشد. بنابراین هر عاملی که بر این فرایندها تاثیر گذارد مثل وجود آب در خاک، دما، رطوبت نسبی هوا و باد باعث تغییرات پتانسیل آب برگ خواهد شد. پتانسیل آب بافت اثر مهمی روی ساختار روزنه برجامی‌گذارد. کنترلی که روزنه بر قابلیت هدایت برگ اعمال می‌کند در کاهش تلفات آب از گیاه موثرمی‌باشد. همچنین از آن به عنوان شاخصی از تنش آب استفاده می‌شود و این عامل مهمی در مطالعات فتوسنتز محسوب می‌شود (ام سی درمیت، ۱۹۹۰).جریان یون در سراسر غشاء بستگی به شیب الکتروشیمیایی دارد (کافی و همکاران، ۱۳۷۸).

ناواری و همکاران(۱۹۸۸)، از تراوش الکترولیت‌ها ریشه ذرت به عنوان شاخصی از میزان خسارت وارده به نفوذپذیری غشا ناشی از تنش آب و شوری استفاده کردند و بیان نمودند اندازه گیری میزان تراوش پتاسیم نشانگر تراوش غشا بوده و نیز با مقاومت به تنش خشکی همبستگی دارد.

۲-٦-٥. تنش شوری و فتوسنتز

شوری با تاثیر بر دستگاه فتوسنتزی گیاه تولید مطلق ماده خشک گیاه را کاهش داده و همچنین سبب کاهش جذب خالص دی اکسید کربن در گیاه می‌گردد (تاتینی و همکاران، ۱۹۹۲).

کاهش فتوسنتز با افزایش شوری با بسته شدن روزنه‌ها موجب کاهش فشار جزیی دی اکسید کربن بین سلولی با عوامل غیر روزنه ای می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۷. برهمکنش شوری و دی اکسید کربن

گیسلر و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش کردند غنی سازی با گاز دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش معنی دار در میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش تحمل به شوری می‌شود. ضمن اینکه روابط آبی را نیز بهبود می‌بخشد. بخشی از انرژی اضافی ناشی از غنی سازی دی‌اکسیدکربن به منظور افزایش تحمل به شوری مصرف می‌شود.

لوپز و همکاران (۲۰۰۹)، بیان کردند با افزایش گاز دی‌اکسیدکربن اتمسفر، گیاهان بهتر می‌توانند تنش‌های آبی از قبیل خشکی و یا شرایط شوری را با کاهش تعرق و افزایش پتانسیل آبی تحمل کنند.