بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

بخش زراعت و اصلاح نبات

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته کشاورزی گرایش زراعت

تأثیر سوپرجاذب زئولیت و تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه ای (رقم اسپید فید)

مؤلف :

علیرضا ترابی

استاد راهنما :

دکتر حسن فرحبخش

دکتر غلامرضا خواجویی نژاد

شهریور ۱۳۹۱

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش زراعت و اصلاح نبات

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : علیرضا ترابی

استاد راهنما ۱: دکتر حسن فرحبخش

استاد راهنما ۲: دکتر غلامرضا خواجویی نژاد

داور ۱ : دکتر عنایت الله توحیدی نژاد

داور۲ : دکتر علی اکبر مقصودی مود

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده : دکتر مجید رحیم پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

آنانکه وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر

تقدیم به مهربانترین پدر و تقدیم به صبورترین مادر

آنانکه توانشان رفت تا به توان برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند

آنانکه راستی قامتم را در شکستگی قامتشان بقاء یافت

تشکر و قدردانی :

هر آنکه خلق را سپاس نکرد بی شک رب یگانه را شکر به جای نیاورده است.

خالق یگانه را سپاسگذارم که مرا یاری نمود تا تحقیق حاضر را به سرانجام برسانم. بی شک حمایت حق تعالی بود که مهر دوستان را به سوی بنده حقیر معطوف داشت. بنابراین بر خود دانسته تا از مهربانی یاری دهندگان در انجام این پژوهش، تقدیر و تشکر را صمیمانه ابراز دارم. در ابتدا از اساتید راهنمای بزرگوارم، آقایان دکتر حسن فرحبخش و دکتر غلامرضا خواجویی نژاد به خاطر تمام راهنمایی ها و مساعدت های بی دریغ شان کمال تشکر را دارم. همچنین از تمامی دوستانی که در انجام این پروژه بنده حقیر را یاری نمودند تقدیر وتشکر می کنم.

چکیده :

به منظور بررسی اثر رژیم های مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب زئولیت بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) آزمایشی با استفاده از طرح کرت های خرد شده در مکان و زمان و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. رژیم های آبیاری (FC، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به کرت های اصلی و مقادیر مختلف سوپرجاذب (صفر کیلوگرم ، ۱۵۰ کیلوگرم و۳۰۰ کیلوگرم) به کرت های فرعی اختصاص داده شدند. نتایج نشان داد کلیه صفات به جز تعداد گره بین رژیم های مختلف آبیاری تفاوت معنی داری داشتند، همچنین تمام صفات به جز ارتفاع، محتوی نسبی آب در نمونه گیری اول و سرعت رشد در مراحل اول و چهارم نمو نه گیری تحت تأثیر سوپرجاذب قرار گرفتند به طوری که بیشترین مقدار صفات اندازه گیری شده از سطح ۳۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار بدست آمد. اثر متقابل آبیاری × سوپرجاذب× برداشت تنها برای علوفه تر و WUE معنی دارشد. بطور کلی میتوان نتیجه گیری کرد که مصرف سوپر جاذب در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح آبیاری کمتر از ظرفیت زراعی منجر به افزایش ۲۰ درصدی عملکرد میگردد.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، زئولیت، سورگوم، عملکرد، کارایی مصرف آب

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول : کلیات

۱-۱ خشکی..... ۲
۱-۱-۱تعریف تنش خشکی..... ۲
۱-۱-۲تأثیرات خشکی روی گیاهان..... ۲
۱-۱-۲-۱ رشد محصول و عملکرد..... ۳
۱-۱-۲-۲ روابط آب ۳
۱-۱-۲-۳ روابط غذایی..... ۳
۱-۱-۲-۴ اثر تنش خشکی بر فتوسنتز..... ۴
۱-۱-۳ مکانیسم های مقاومت به خشکی..... ۵
۱-۱-۳-۱مکانیسم های مورفولوژیکی..... ۶
۱-۱-۳-۱-۱ فرار..... ۶
۱-۱-۳-۱-۲ اجتناب..... ۶
۱-۱-۳-۱-۳ انعطاف پذیری فنولوژیکی..... ۷
۱-۱-۳-۲ مکانیسم های فیزیولوژیکی..... ۷
۱-۱-۳-۲-۱ حفظ آب سلول و بافت..... ۷
۱-۱-۳-۲-۲ نقش آنزیم های آنتی اکسیدانت در مکانیسم های مهار رادیکال آزاد..... ۸
۱-۱-۴ مدیریت تنش..... ۸
۱-۲ سوپرجاذب..... ۹
۱-۲-۱ مزایای استفاده از سوپر جاذب..... ۱۱
۱-۲-۲ موارد کاربرد..... ۱۳
۱-۲-۳ روش کاربرد سوپر جاذب‌ها..... ۱۳
۱-۳سورگوم..... ۱۳
۱-۳-۱اهمیت سورگوم..... ۱۳
۱-۳-۲ گیاه شناسی..... ۱۵
۱-۳-۳ انواع سورگوم..... ۱۵
۱-۳-۳-۱ سورگوم علوفه‌ای..... ۱۵

۱-۳-۴ ترکیبات شیمیایی.....۱۶
۱-۳-۵ آب و هوا.....۱۷
۱-۳-۶ خاک.....۱۸
۱-۳-۷ موارد استفاده.....۱۸

فصل دوم: بررسی منابع

۲- بررسی منابع.....۲۰

فصل سوم: مواد و روش ها

۳-۱ مشخصات محل آزمایش.....۲۹
۳-۲ جزئیات آزمایش.....۲۹
۳-۳ تیمار آبیاری.....۲۹
۳-۴ تیمار سوپر جاذب.....۳۰
۳-۵ نحوه نمونه گیری.....۳۰
۳-۵-۱ عملکرد و اجزای عملکرد.....۳۰
۳-۵-۲ کارایی مصرف آب ۳۰
۳-۵-۳ محتوای آب نسبی.....۳۰
۳-۵-۴ کلروفیل.....۳۱
۳-۵-۵ شاخص سطح برگ.....۳۱
۳-۵-۶ سرعت رشد.....۳۲
۳-۶ محاسبات آماری.....۳۲

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱ عملکرد علوفه تر و خشک ۳۴
۴-۲ ارتفاع.....۴۰
۴-۳ قطرساقه.....۴۲
۴-۴ تعداد پنجه.....۴۴
۴-۵ تعداد گره.....۴۶
۴-۶ عملکرد برگ خشک.....۴۶
۴-۷ عملکرد ساقه خشک.....۴۷
۴-۸ نسب برگ به ساقه.....۴۹

۴-۹ کارایی مصرف آب..... ۵۲
۴-۱۰ محتوای نسبی آب برگ..... ۵۵
۴-۱۱ شاخص سطح برگ..... ۵۶
۴-۱۲ کلروفیل ۵۷
۴-۱۳ سرعت رشد..... ۵۸
نتیجه گیری کلی..... ۶۲
پیشنهادات..... ۶۲
منابع..... ۶۳

فهرست جداول

جدول ۴- ۱ تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، پلیمر سوپر جاذب و برداشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم ۷۷

جدول ۴- ۲ تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، پلیمر سوپر جاذب و برداشت بر خصوصیات فیزیولوژیکی
سورگوم..... ۷۸

جدول ۴- ۳ اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپر جاذب و برداشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه ای..... ۷۹

جدول ۴-۴ اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپر جاذب و برداشت بر خصوصیات فیزیولوژیکی سورگوم..... ۸۰

جدول ۴- ۵ جدول هبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد..... ۸۱

فهرست اشکال

شکل ۴-۱ اثر متقابل آبیاری × برداشت بر روی عملکرد علوفه تر..... ۳۶

شکل ۴-۲ اثر متقابل آبیاری × برداشت بر روی عملکرد علوفه خشک..... ۳۷

شکل ۴-۳ اثر متقابل سوپر جاذب × برداشت بر روی عملکرد علوفه تر..... ۳۸

شکل ۴-۴ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب × برداشت بر روی عملکرد علوفه تر..... ۳۹

شکل ۴-۵ اثر متقابل آبیاری × برداشت بر روی ارتفاع بوته..... ۴۱

شکل ۴-۶ اثر متقابل سوپرجاذب × برداشت بر روی قطر ساقه..... ۴۳

شکل ۴-۷ اثر متقابل آبیاری × برداشت بر روی تعداد پنجه در بوته..... ۴۵

شکل ۴-۸ اثر متقابل آبیاری × برداشت بر روی عملکرد ساقه خشک..... ۴۸

شکل ۴-۹ اثر متقابل آبیاری × سوپرجاذب بر روی نسبت برگ به ساقه..... ۵۰

شکل ۴-۱۰ اثر متقابل آبیاری × برداشت بر روی نسبت برگ به ساقه..... ۵۱

شکل۴-۱۱ اثر متقابل آبیاری × سوپرجاذب × برداشت بر روی تعداد کارایی مصرف آب..... ۵۲

شکل۴-۱۲ روند تغییرات (CGR) تحت سطوح مختلف آبیاری..... ۵۹

شکل۴-۱۳روند تغییرات (CGR) تحت سطوح مختلف سوپرجاذب..... ۶۰

شکل ۴-۱۴ اثر متقابل آبیاری × برداشت بر روی سرعت رشد..... ۶۱

فصل ۱

۱-۱ خشکی

به طور کلی در بین تمام تنش‌ها، تنش خشکی یکی از مهمترین و شایع ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیه خشک به شمار می‌آید (Turhan & Baser, 2004).

بسیاری از گیاهان حداقل یک بار در سیکل زنگی خود با خشکی مواجه می گردند و این زمانی است که بذر آنها رسیده و خشک می شود (آرمند پیشه و همکاران، ۱۳۸۸). خشکی یک عامل مهم برای کاهش محصول در سرتاسر جهان است که میانگین عملکرد را تا ۵۰ درصد و بیشتر کاهش می‌دهد (Efeoğlu et al., 2009) و تقریباً تولید ۲۵ درصد زمین‌های جهان را محدود می کند (آرمند پیشه و همکاران، ۱۳۸۸). خشکی تنها کمبود آب در محیط رشد گیاه نمی باشد بلکه در اثر تعدادی از عوامل محیطی دیگر مانند درجه حرارت زیاد، کمبود رطوبت نسبی هوا، سرعت شدید جریان هوا و روزهای آفتابی به وجود آمده و تحت تأثیر این عوامل تشدید می گردد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۷۹). لذا به طور کلی آب یکی از مهمترین عوامل موثر در عملکرد است و تنش آب در گیاهان علوفه ای سبب کاهش سرعت رشد، کاهش سطح برگ و نهایتاً کاهش تولید می شود (راهنما و همکاران ۱۳۸۷).

۱-۱-۱ تعریف تنش خشکی

از نقطه نظر کشاورزی، خشکی عبارت است از ناکافی بودن آب قابل دسترس، شامل بارش نزولات، ظرفیت ذخیره رطوبت خاک، مقدار و پراکندگی آن در طی دوره ی رشد گیاهان زراعی است که باعث محدود شدن پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاه زراعی می شود (vinocur and Altman, 2005; Gubis et al., 2007). این محدودیت به همراه سایر تنش های غیر زنده از جمله شوری، سرما، گرما، و تنش های زنده، پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاهان زراعی را به مقدار قابل توجهی کاهش می دهند (Parrish et al., 2006; Ping et al., 2006; Verslues et al., 2006; Martinez et al., 2007). از لحاظ فیزیولوژی تنش آب یا کمبود آب به شرایطی اطلاق می شود که در آن سلول ها و بافت های گیاه در وضعیتی قرار گرفته اند که آماس آنها کامل نیست (دانشمندی و عزیزی، ۱۳۸۸). همچنین می توان اینگونه تعریف کرد کسر یا کمبود نسبتاً شدید آب برای جلوگیری از رشد گیاهان بر قرار کردن فشار تورگر کمتر از حداکثر فشار پتانسیل نیز تنش خشکی نامیده می شود (Bibi et al., 2010)

۱-۱-۲ تأثیرات خشکی روی گیاهان

خشکی تقریبا تمام فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شامل روابط آب، استفاده از عناصر غذایی، تثبیت Co_2 و ... اثر می گذارد. (Bibi et al., 2010) (Diaz-Perez et al., 1995). اثر تنش آبی به

مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن بستگی دارد (Pandey et al.,2001). اهمیت و تأثیرات مختلف تنش خشکی و وسعت آن در پایین شرح داده شده.

۱-۱-۲-۱ رشد محصول و عملکرد

اولین و مهمترین تأثیر خشکی آسیب زدن به جوانه و استقرار ضعیف آن است. رشد عبارت است از تقسیم سلول، طویل شدن سلول و تمایز، و در گیر کردن رویدادهای ژنتیکی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و ترکیب اثرات متقابل پیچیده آنها. کیفیت و کمیت رشد گیاه وابسته به فرآیندهایی است که بوسیله کمبود آب متأثر هستند. رشد سلول یک فرآیند فیزیولوژیکی حساس به خشکی است که دلیل آن کاهش فشار تورگر می باشد. در کمبود شدید آب، طویل شدن سلول بیشتر گیاهان بوسیله قطع جریان آب از آوند چوب به سلول های در حال رشد اطراف متوقف می شود (Farooq et al., 2009). تخریب تقسیم میتوز، منجر به کاهش طویل شدن سلول و در نهایت ارتفاع، سطح برگ و رشد محصول تحت تنش خشکی می شود (Kaya et al., 2006; Hussain et al., 2008). در مورد تنش آب شدت، مدت و زمان تنش به علاوه پاسخ‌های گیاهان بعداز بر طرف شدن تنش و اثر متقابل بین تنش و دیگر فاکتورها به شدت مهم هستند (Plaut, 2003).

۱-۱-۲-۲ روابط آب

محتوای نسبی آب برگ، مقاومت روزنه ای، نسبت تعرق، درجه حرارت برگ و درجه حرارت کانوپی خصوصیات مهمی هستند که روی روابط آب تأثیر می گذارند.

اگرچه اجزای روابط آب گیاه از کاهش یافتن آب قابل دسترس متأثر هستند، در حقیقت باز و بسته بودن روزنه تأثیری بیشتری دارد. به علاوه تغییر در درجه حرارت برگ می تواند فاکتور مهمی در کنترل وضعیت آب برگ در تنش خشکی باشد. گونه های متحمل به خشکی WUE را بوسیله کاهش تلفات آب حفظ می کنند (Farooq et al., 2009).

۱-۱-۲-۳ روابط غذایی

کاهش آب قابل دسترس در اثر خشکی معمولا منجر به محدودیت جذب عناصر غذایی و تقلیل غلظت در بافت گیاهان زراعی می شود. مهمترین تأثیر کمبود آب روی جذب عناصر غذایی بوسیله ریشه و انتقال آنها به اندام هوایی می باشد. جذب پایین عناصر غذایی معدنی می تواند در نتیجه تداخل در جذب عناصر غذایی و مکانیسم تخلیه و کاهش سرعت تعرق باشد (Farooq et al., 2009). هر چند گونه ها و ژنوتیپ های گیاهی می توانند پاسخ های متفاوتی به جذب عناصر معدنی تحت

تنش خشکی نشان دهند. به طور کلی تنش رطوبتی افزایش در N، کاهش معین P و تأثیرات نا معین روی K را تحریک می کند (Garg, 2003).

نیاز های آب و عناصر غذایی به هم وابسته هستند، کاربرد کود احتمالا کارآیی گیاهان را در بهره برداری از آب قابل دسترس افزایش می دهد. این نشان دهنده اثر متقابل معنی دار بین کمبود رطوبت خاک و گرفتن عناصر غذایی می باشد. مطالعات پاسخ مثبت محصول به بهبود حاصلخیزی خاک در شرایط خشک و نیمه خشک نشان داد. واضح است که عملکرد محصول می تواند اساسا بوسیله بالا بردن کارآیی عناصر غذایی گیاه در کمبود عرضه آب بهبود پیدا کند (Farooq et al., 2009).

۱-۱-۲-۴ اثر تنش خشکی بر فتوسنتز

کاهش تدریجی مقدار آب سلولی منجر به کاهش میزان فتوسنتز و در نهایت سبب توقف آن می شود (Lawlor and Cornic, 2002) یکی از عوامل مهم در کاهش فتوسنتز بسته شدن روزنه ها در شرایط کسر آب می باشد، که نتیجه آن کاهش هدایت روزنه ای و در نهایت کاهش میزان فتوسنتز می باشد . محدودیت روزنه ای سبب کاهش میزان فتوسنتز و غلظت CO_2 در فضای بین سلولی برگ می شود، که به نوبه خود سبب جلوگیری از متابولیسم می شود (Lawlor 2002). هنگامیکه مقدار آب سلول از ۱۰۰ درصد به ۷۵ درصد کاهش می یابد، هدایت روزنه ای کاهش می یابد و در نتیجه فتوسنتز کاهش می یابد. به طور کلی میزان فتوسنتزبالقوه (حداکثر میزان فتوسنتز تحت شرایط اشباع CO_2 و نور و برگهای کاملا اشباع از آب) با مقدار آب سلول دو نوع رابطه کلی دارد که نوع[1] ۱ و نوع[2] ۲ نامیده می شوند. نوع ۱ دو مرحله اصلی دارد .هنگامیکه مقدار آب نسبی سلول از ۱۰۰ درصد تقریباً به ۷۵ درصد می رسد، فتوسنتز بالقوه تحت تأثیر قرار نمی گیرد، اما کاهش هدایت روزنه ای منجر به کاهش فتوسنتز ، پایین رفتن غلظت ^{CO2} در داخل برگ و در کلروپلاست می شود. اگر مقدار آب نسبی به پایین تر از ۷۵ درصد برسد، بازدارندگی متابولیکی برای فتوسنتز بالقوه و سپس توقف فتوسنتز رخ می دهد. پیشنهاد شده که این مرحله تنش واقعی است، که کاهش فتوسنتز بالقوه بوسیله کاهش سنتز ATP و متعاقب آن کاهش سنتز ریبولوز بی فسفات (RuBP) بوجود می آید. عکس العمل نوع ۲ زمانی رخ می دهد که فتوسنتز بالقوه تدریجاً از مقدار آب نسبی ۱۰۰ درصد تا ۷۵ درصد کاهش می یابد و میزان فتوسنتز با بالا بردن میزان CO_2 کمتر به مقدار ا ولیه (حالت

1 - Type 1
2 - Type 2

بدون تنش) باز می گردد. در این مرحله کاهش هدایت روزنه ای منجر به کاهش CO_2 داخل برگ و داخل کلروپلاست می شود و احتمالا به نقطه جبرانی نمی رسد، در این مرحله هدایت روزنه ای به تدریج کم اهمیت تر می شود و محدودیت های متابولیکی با کاهش مقدار آب نسبی پر اهمیت تر می شوند. در تنش خشکی متوسط، محتوای آب برگ‌ها کاهش می‌یابد ولی در ظرفیت فتوسنتزی گیاه تغییری مشاهده نمی‌شود. در تنش خشکی شدید سلول‌ها تا حد زیادی آب خود را ازدست می‌دهند و تا زمانی این امر ادامه پیدا می‌کند که فقط آب پیوندی باقی می‌ماند و در نتیجه خسارات شدیدی به سلول‌ها وارد شده و رشد و فتوسنتز گیاه به شدت محدود میگردد. گیاهان مقاوم به خشکی وظایف روزنه ای خود را به نحوی تنظیم می نمایند که حتی در شرایط تنش نیز قادر به تثبیت مقداری دی اکسید کربن نیز هستند و در نتیجه راندمان فتوسنتزی خود را می توانند در حد بالا حفظ نمایند.

وجود مقدار کافی آب برای حفظ فتوسنتز، عملکرد و رشد ضروری است (جوادی و بهرام نژاد ۱۳۸۹). مقاومت انتشار روزنه به ورود Co_2 احتمالا فاکتور اصلی محدود کننده فتوسنتز در خشکی است. مطمئنا در تنش خشکی ملایم یا متوسط بسته شدن روزنه (به علت کاهش غلظت Co_2 داخل برگ) دلیل مهم برای کاهش نسبت فتوسنتز برگ است. تنش خشکی شدید همچنین از فتوسنتز گیاه به علت تغییر در مقدار کلروفیل، بوسیله تأثیر روی ترکیبات کلروفیل بوسیله خسارت به دستگاه فتوسنتز جلوگیری می کند (Mafakheri, 2010).

۱-۱-۳ مکانیسم های مقاومت به خشکی

گیاهان زراعی بطور پیوسته در معرض تنش کمبود آب بوده و به روش های گوناگونی به تنش واکنش نشان می دهند. فهم و درک این واکنش ها کمک های زیادی را به تشریح نحوه رشد و میزان تولید آنها در شرایط تنش زای محیطی خواهد کرد (یونسی و همکاران ۱۳۸۹). پاسخ و سازگاری گیاهان و زنده ماندن تحت تنش خشکی بوسیله پاسخ های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ایجاد می شود. تحمل به خشکی توانایی رشد، گلدهی و ارائه عملکرد اقتصادی تحت کاربرد کمتر از حد مطلوب آب تعریف می شود. تأثیرات تنش خشکی روی روابط آب سلول های گیاهی، بافت، سطح اندام ها، باعث واکنش های معین و نامعین، واکنش های خسارت و سازگاری می شود (Farooq et al., 2009). گیاهان در چنین شرایطی با عکس العمل های مختلف مانند کاهش اندازه و منافذ سلولی، کاهش سطح برگ، افزایش مقدار کوتین، کرک ها و لایه های پارانشیمی، تغییر مرحله رویشی به زایشی و ریزش زود هنگام برگ ها به این کمبود واکنش نشان می دهد. این فرایندها ناشی

از سه مکانیسم اجتناب تحمل و فرار است که گیاهان معمولا در شرایط تنش به آن متوسل می شوند (راهنما و همکاران ۱۳۸۷). در ادامه این بخش مکانیسم های تحمل به خشکی در سطوح مختلف ارائه شده است.

۱-۱-۳-۱ مکانیسم های مورفولوژیکی

مطالعات نشان داد که تنش خشکی می تواند روی رشد اندام های مختلف گیاه تأثیر بگذارد، که می تواند منجر به تغییر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه شود (Liu and Stutzel 2004). گیاهان متحمل به خشکی در کل گیاه ، بافت، سطوح مولکولی و فیزیولوژیکی تغییرات ایجاد می کنند. ظهور یکی یا ترکیبی از تغییرات اصلی توانایی گیاهان را به تحمل کاربرد محدود آب تعیین می کند. مکانیسم های مورفولوژیکی گوناگونی که تحت شرایط خشکی عمل می کنند در پایین ذکر شده است.

۱-۱-۳-۱-۱ فرار[۳]

فرار از خشکی عبارت است ازرسیدن از طریق مختصر کردن چرخه زندگی یا فصل رشد، شروع گل دهی قبل از خشک شدن محیط. زمان گلدهی از ویژگی‌های مهم سازگاری با خشکی است، چرخه زندگی کوتاه می تواند منجر به فرار از خشکی شود (Araus et al., 2002). بقاء گیاه عبارت است از فعالیت در داخل خاک که بوسیله ژنوتیپ و محیط تعیین می شود و همچنین توانایی محصول به فرار از تنش‌های مربوط به آب و هوا از جمله خشکی، تعریف می شود (Farooq et al., 2009). تطبیق دوره رشد گیاه با رطوبت قابل دسترس برای بدست آوررردن عملکرد بالا مهم است (Siddique et al., 2003). فرار از خشکی زمانی اتفاق می افتد که توسعه فنولوژیکی با موفقیت با دوره‌های رطوبت قابل دسترس خاک تطبیق پیدا می کند، فصل رشد کوتاه‌تر است و در نهایت بر تنش خشکی می‌چربد (Araus et al., 2002).

۱-۱-۳-۱-۲ اجتناب[٤]

اجتناب از خشکی عبارت است از مکانیسمی که تلفات آب از گیاه را ، در نتیجه کنترل تعرق روزنه ها، و همچنین حفظ جذب آب از طریق سیستم ریشه ای فراوان و گسترده کاهش می دهد (Turner et al., 2001; Kavar et al., 2007). خصوصیات ریشه مانند بیومس، طول، تراکم و عمق ویژگی های اجتناب از خشکی اصلی هستند که به عملکرد نهایی در محیط های خشک کمک می کنند (Turner et al., 2001). تغییر در نسبت ماده خشک ریشه به اندام هوایی به عنوان یک مکانیسم

3- Escape
4 - Avoidance

پیچیده در سازگاری گیاهان به خشکی مطرح شده است (Liu and Stutzel 2004). عمق و ضخامت سیستم ریشه برای استخراج آب از اعماق مهم است (Kavar et al., 2007).رشد موم روی برگ ها به نگهداری پتانسیل آب بالای بافت کمک می کند، بنابراین ویژگی مطلوب برای تحمل به خشکی مطرح می شود (Farooq et al., 2009).

۱-۱-۳-۱-۳ انعطاف پذیری فنولوژیکی[5] (تحمل)

رشد گیاه عمدتاً از کمبود آب متأثر است. در سطح مورفولوژیکی اندام‌های هوایی و ریشه تأثیر پذیر هستند و و هر دو اجزای مهم سازگاری گیاه به خشکی هستند. گیاهان معمولا تعداد و سطح برگ-هایشان را در پاسخ به تنش خشکی محدود می‌کنند (Farooq et al., 2009). از آنجائیکه ریشه‌ها تنها منبع گرفتن آب از خاک هستند، رشد ریشه، تراکم ، ازدیاد و اندازه آن از پاسخ‌های مهم گیاهان به تنش خشکی هستند. برگ‌های کرک دار درجه حرارت برگ و تعرق را کاهش می دهند (Kavar et al., 2007). تحت تنش تشعشعی و درجه حرارت بالا، کرک‌ها افزایش یافته و بازتاب نور و تلفات آب را توسط افزایش مقاومت لایه مرزی به حرکت بخار آب از طریق سطح برگ به حداقل می رسانند (Farooq et al., 2009). ریشه‌ها اندام گیاهی مهمی برای سازگاری به خشکی هستند. اگر تعریف تحمل توانایی حفظ سطح برگ و طولانی کردن مرحله رشد تحت تنش خشکی است، مبنای اصلی ظهور پراکندگی ساختمان سیستم ریشه است که وضعیت آب گیاه را مطلوب تر نگه می دارد (Farooq et al., 2009).

۱-۱-۳-۲ مکانیسم های فیزیولوژیکی

اولین نتایج فیزیولوژیکی تنش آبی ملایم شامل کاهش توسعه سلولی، سنتز دیواره سلولی، سنتز پروتئین، بسته شدن روزنه‌ای و فتوسنتز است .(جوادی و بهرام نژاد ۱۳۸۹)

تنظیم اسمزی، حفظ تراوش، آنتی اکسیداسیون و تنظیم سیستم دفاعی در تحمل به خشکی بیشتر اهمیت دارند. برخی از این مکانیسم ها در زیر اشاره شده است (Farooq et al., 2009).

۱-۱-۳-۲-۱ حفظ آب سلول و بافت

تنظیم اسمزی به سلول اجازه می دهد تا پتانسیل اسمزی را کاهش دهد و در نتیجه، شیب نفوذ آب و حفظ تورم افزایش می‌یابد. بهبود وضعیت آب بافت می‌تواند از طریق تنظیم اسمزی و یا تغییر در قابلیت ارتجاع دیواره سلولی نائل شود. این برای فعالیت فیزیولوژیکی در دوره‌های توسعه یافته خشکی

5 - Phenotypic flexibility

ضروری است (Farooq et al., 2009). در میان مکانیسم‌های مختلف تنظیم اسمزی، آبسزیک اسید و مکش آب می تواند تحمل دوباره به خشکی را بوسیله حفظ پتانسیل آب بالای بافت برقرار کنند (Turner et al., 2001). با تجمع املاح، پتانسیل اسمزی در سلول کاهش می‌یابد و با جذب آب به داخل سلول به حفظ تورگر کمک می‌کند. تنظیم اسمزی به حفظ بالانس آب سلول با تجمع فعال املاح در سیتوپلاسم کمک می کند، بدین وسیله اثرات مضر خشکی به حداقل می رسد. تنظیم اسمزی ویژگی مهمی در به تاخیر انداختن خسارت از دست دادن آب در محیط‌هایی که کمبود آب دارند، بوسیله حفظ دائم تورم سلول و فرآیندهای فیزیولوژیکی می‌باشد (Farooq et al., 2009). تنظیم اسمزی همچنین تسهیل می‌کند جا به جایی بهتر قبل از گل دهی کربوهیدرات های جدا شده طی پر شدن دانه را در حالیکه حفظ تورگر بالا به نسبت فتوسنتز بیشتر و رشد منجر می شود (Subbarao et al., 2000).

۱-۱-۳-۲-۲ نقش آنزیم های آنتی اکسیدانت در مکانیسم های مهار رادیکال آزاد

قرار گرفتن در معرض تنش های محیطی (شامل خشکی، سرما، شوری و ...) منجر به تولید رادیکال آزاد[۶] شامل اکسیژن واحد ($^1O_2$)، پرهیدروکسیل رادیکال (H_2O)، هیدروکسیل رادیکال (O_2^{-2})، پر اکسید هیدروژن (H_2O_2) و آلوکسی رادیکال (RO) می شود. رادیکال های آزاد می توانند با پروتئین ها، چربی ها و DNA، واکنش نشان دهند و منجر به خسارت اکسیداتیو و آسیب زدن به فعالیت نرمال سلول ها شوند. سیستم دفاع آنتی اکسیدانی در سلول گیاه شامل اجزاء (سازنده های) آنزیمی و غیر آنزیمی می باشد. اجزاء آنزیمی عبارتنداز سوپر اکسید دیسماتاز، کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ریداکتاز. به محض قرار گرفتن در معرض تنش های غیر زنده، سلول های متحمل، سیستم آنتی اکسیدان آنزیمی‌شان را فعال می‌کنند که پس از شروع، رادیکال‌های آزاد فروکش می کنند و سلول حفاظت می‌شود (Farooq et al., 2009).

۱-۱-۴ مدیریت تنش

این مشکل در مناطقی با آب و هوایی مدیترانه ای همانند ایران از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و لزوم استفاده صحیح از منابع آبی را امری اجتناب ناپذیر ساخته است. اثرات تنش خشکی می تواند بوسیله تولید بیشتر ژنوتیپ های گیاهی مناسب به علاوه تنظیم شیوه های کشاورزی (زمان کاشت، تراکم گیاه و مدیریت خاک) مدیریت شود. از استراتژی های مهم مدیریت تنش می توان اصلاح

6 - Reactive Oxygen Species (ROS)

ژنتیک گیاهان، تحریک تحمل به خشکی گیاه با پیش تیمار کردن و کاربرد هورمون و همچنین استفاده از موادی که بتوان آب را برای مدت بیشتری در خاک ذخیره کرد نام برد (Farooq et al., 2009). چنانچه به توان با مدیریت صحیح کم آبیاری و کاشت گیاهان متحمل به خشکی در میزان آب آبیاری صرفه جویی کرد، می توان با میزان آب موجود سطح زیر کشت را افزایش و به افزایش تولید کمک کرد (راهنما و همکاران ۱۳۸۷).

۱-۲ سوپرجاذب[۷]

اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب می‌باشد. یکی از راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب است (سید دراجی و همکاران ۱۳۸۹). کاربرد مواد جاذب رطوبت در کشورهای آمریکا، آلمان، استرالیا و ژاپن دارای قدمت زیادی است. شروع تحقیقات علمی بر روی این مواد به دهه ۱۹۸۰ میلادی بر می گردد. پس از شناخت تأثیر سوپر جاذب ها روی خصوصیات خاک و رشد گیاهان، تولید تجاری و انبوه آن از اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز گردید و حدود سال ۲۰۰۰ میلادی اغلب کشورها به خصوص مناطق خشکی نظیر آفریقا، آمریکای جنوبی، خاورمیانه و برخی مناطق خاور دور نسبت به آن شناخت بیشتری پیدا نمودند (منتظر ۱۳۸۷).

ماده‌ای که قابلیت جذب آب حداقل ۲۰ برابر وزن خود را داشته باشد به عنوان سوپر جاذب ارزیابی می‌شود (کریمی و نادری ۱۳۸۶). پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند (Omidian et al., 2005; Mun et al., 2010; Omidian & Park, 2010; Zohuriaan-Mehr et al., 2010). این مخازن ذخیره کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرونشست آن جلوگیری می‌نمایند (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۷۹؛ Omidian et al., 2005 ، Raju et al., 2002) و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می ماند (Monnig, 2005; Liang and Liu, 2006; Wu et al., 2008; Widiastuti et al., 2008). ذرات هیدروژل سوپرجاذب تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم شده و به دلیل داشتن اتصالات عرضی در شبکه پلیمری خود، تورم باعث انحلال آن ها نمی

7 - Super absorbent