دانشکده کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی کشاورزی گرایش زراعت

اثر تنش خشکی و تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی سایکوسل بر رشد و عملکرد کتان روغنی

استاد راهنما:
دکتر محسن موحدی دهنوی

اساتید مشاور:
دکتر علیرضا یدوی
دکتر بیژن کاوسی

پژوهشگر:
مسعود رنجبر

خرداد ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

رساله‌ی حاضر حاصل پژوهش‌های نگارنده در دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زراعت است که در خرداد سال ۱۳۹۰ در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج به راهنمایی آقای دکتر محسن موحدی دهنوی و مشاوره‌ی آقایان دکتر علیرضا یدوی و دکتر بیژن کاووسی از آن دفاع شده است و کلیه حقوق مادی و معنوی آن متعلق به دانشگاه یاسوج است.

تقدیم به او ...

با تمام عذر و تقصیرهایم ...

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات دکتر محسن موحدی، استادی کاردان و متعهد که راهنمایی اینجانب را در طی دوره‌ی کارشناسی ارشد، بر عهده داشتند، سپاسگزاری به‌عمل می‌آید و از تمامی دوستانم که در در راه دفاع پایان‌نامه به اینجانب یاری رساندند، قدردانی می‌نمایم.

نام: مسعود **نام خانوادگی : رنجبر**
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته و گرایش: مهندسی کشاورزی- زراعت**
استاد راهنما: دکتر محسن موحدی دهنوی **تاریخ دفاع: ۹۰/۳/۲۸**

اثر تنش خشکی و تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی سایکوسل بر رشد و عملکرد کتان روغنی

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند به منظور کنترل رشد و واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه در هنگام مواجهه با تنش‌های محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور بررسی اثر تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی سایکوسل بر رشد و عملکرد کتان روغنی تحت تنش خشکی، آزمایشی گلدانی در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه یاسوج در بهار سال ۱۳۸۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل تنش خشکی در ۳ سطح بدون تنش، تنش ملایم و شدید و تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی سایکوسل در ۶ غلظت که ۴ سطح محلول پاشی صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هنگام رشد سریع بوته و دو سطح بذرمال 10^{-5} و 10^{-6} میلی‌مولار به مدت ۲۴ ساعت قبل از کاشت بودند. نتایج نشان داد هر سه سطح محلول‌پاشی در شرایط تنش، موجب افزایش پرولین و قندهای محلول کتان روغنی نسبت به شاهد گردید. تنش توانست پروتئین دانه را افزایش معنی‌داری دهد و سطح بذرمال 10^{-6} میلی‌مولار در شرایط تنش افزایش پروتئین را در پی داشت (۲۰٪). با افزایش غلظت در سطوح اصلی محلول‌پاشی و تنش، درصد روغن کاهش نشان داد. در تیمار بدون تنش، سطح بذرمال 10^{-6} میلی‌مولار سایکوسل توانست اثر مثبت معنی‌داری در میزان اسید چرب لینولنیک ایجاد کند؛ صفت اسید لینولئیک، با افزایش سطح محلول‌پاشی از صفر به بالا، کاهش معنی‌داری نشان داد (۱۵٪). تنش خشکی سبب افزایش اسیدهای چرب اشباع اولئیک، پالمتیک و استئاریک شد. ارتفاع بوته در تیمار بدون تنش و در سطح محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. تنش شدید این صفت را ۱۴٪ کاهش داد. تنش خشکی، سایکوسل و اثر متقابل آن‌ها در صفت تعداد شاخه فرعی تاثیری نداشت. ولی تنش توانست تعداد کپسول را کاهش دهد (۱۰٪). وزن هزار دانه‌ی کتان روغنی به شدت تحت تاثیر تنش قرار گرفت و شرایط بدون تنش، افزایش مثبت و معنی‌دار این صفت را در پی داشت و تنش شدید، به شدت کاهش آن را نشان می‌دهد. سایکوسل نیز توانست با افزایش غلظت، وزن هزاردانه را افزایش دهد و سطوح ۱۵۰۰میلی‌گرم در لیتر و 10^{-5} میلی‌مولار بذرمال افزایش مثبت و معنی‌داری را نشان می‌دهد.

تنش با افزایش سطح خود توانست وزن شاخساره را به شدت کاهش دهد به‌طوریکه شرایط بدون تنش، این صفت را مثبت و معنی‌دار کرد. تنش خشکی با افزایش تا سطح ملایم، وزن ریشه را افزود و تنش شدید کاهش این صفت را در پی داشت. اثر اصلی تنظیم‌کننده‌ی رشد

سایکوسل با افزایش غلظت محلول‌پاشی تا سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، افزایش عملکرد دانه در بوته را شاهد بودیم و سپس این صفت کاهش نشان داد. برهمکنش تنش و سایکوسل بر این صفت، بیشترین میزان عملکرد بذر مربوط به تیمار بدون تنش، سطوح بدون محلول‌پاشی، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین میزان صفت در تیمار تنش شدید با محلول‌پاشی با آب مقطر بود. تنش عملکرد بیولوژیک را کاهش داد. به‌طوریکه تنش شدید ۱۵درصد کاهش این صفت را نشان داد.

واژگان کلیدی: کتان روغنی، سایکوسل، محلول‌پاشی، بذرمال، تنش خشکی، عملکرد

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- اهداف تحقیق ۲
۱-۳- فرضهای تحقیق ۲
فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های انجام شده
۲-۱- کتان روغنی ۳
۲-۱-۱- خصوصیات گیاهی ۳
۲-۱-۲- تاریخچه و اهمیت کشت کتان روغنی در ایران و جهان ۵
۲-۲- خشکی ۶
۲-۲-۱- خشکی، خشکسالی و گیاه ۶
۲-۲-۲- تنش خشکی، رادیکال‌های آزاد، و سیستم آنتی اکسیدان در گیاهان ۸
۲-۲-۳- اثر کلی تنش خشکی ۹
۲-۲-۴- اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین آزاد ۱۰
۲-۲-۵- اثر تنش خشکی بر قندهای محلول ۱۱
۲- ۲-۶- اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل برگ ۱۱
۲- ۲-۷- اثر تنش خشکی بر پروتئین دانه ۱۲
۲-۲-۸- اثر تنش خشکی بر روغن دانه ۱۲
۲-۲-۹- اثر تنش خشکی بر برخی فرآیندهای گیاه ۱۲
۲-۲-۱۰- اثر تنش خشکی بر پارامترهای رشد گیاه ۱۳
۲-۲-۱۱- اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۵
۲-۳- تنظیم کننده‌های رشد گیاهی ۱۷
۲-۳-۱- بازدارنده‌های رشد گیاهی ۱۷
۲-۳-۲- کند کننده‌های رشد گیاهی ۱۸
۲-۳-۳- سایکوسل و ویژگی‌های شیمیایی آن ۱۸
۲-۳-۴- اثر سایکوسل بر گیاهان ۱۹
۲-۴- اثرات متقابل سایکوسل و تنش خشکی (تحمل پذیری تنش‌ها) ۲۱
فصل سوم: مواد و روش‌ها
۳-۱- مشخصات طرح و تیمارهای آزمایشی ۲۴
۳-۲- آماده‌سازی محلول سایکوسل ۲۵
۳-۳- اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ ۲۵
۳-۴- اندازه‌گیری درصد روغن و اسیدهای چرب ۲۶
۳-۵- اندازه‌گیری پرولین ۲۷
۳-۶- اندازه‌گیری قندهای محلول کل ۲۸
۳-۷- اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه ۲۹
۳-۸- اندازه‌گیری اجزای عملکرد و عملکرد ۳۰

۳-۹- اندازه‌گیری وزن ریشه ۳۰
۳-۱۰- تجزیه‌های آماری ۳۰
فصل چهارم: نتایج و بحث
۴-۱- تغییرات کلروفیل ۳۱
۴-۱-۱- کلروفیل a ۳۱
۴-۱-۲- کلروفیل b ۳۱
۴-۱-۳- کلروفیل a+b ۳۲
۴-۲- پرولین ۳۳
۴-۳- قندهای محلول کل ۳۴
۴-۴- پروتئین دانه ۳۵
۴-۵- درصد روغن ۳۶
۴-۶- درصد اسیدهای چرب؛ اسید لینولنیک و اسید لینولئیک ۳۷
۴-۷- درصد اسیدهای چرب اشباع؛ اسید اولئیک، اسید پالمتیک و اسید استئاریک ۳۸
۴-۸- تغییرات مربوط به رشد گیاه ۴۰
۴-۸-۱- ارتفاع بوته ۴۰
۴-۸-۲- تعداد شاخه‌ی فرعی ۴۲
۴-۸-۳- تعداد کپسول ۴۲
۴-۸-۴- وزن هزار دانه ۴۲
۴-۸-۵- وزن شاخساره در بوته ۴۳
۴-۸-۶- وزن ریشه ۴۴
۴-۹- تغییرات مربوط به عملکرد گیاه ۴۵
۴-۹-۱- عملکرد دانه در بوته ۴۵
۴-۹-۲- عملکرد بیولوژیک ۴۶
۴-۱۰- نتیجه‌گیری کلی ۵۰
۴-۱۱- پیشنهادات ۵۱
فصل پنجم: فهرست منابع

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه

کشور بدون کشاورزی مانند بدن بی‌روح و جان بوده و صنعت، بدون پشتوانه‌ی کشاورزی، رونق و دوامی نخواهد داشت. در حال حاضر، ازدیاد جمعیت معضل بزرگ جهانی است و تامین مواد غذایی و مواد اولیه دارویی و صنایع از الزامات هر کشوری است. بنابر همین دیدگاه، سیاست‌های دارویی نوین در دنیا، شکل تازه‌ای به خود گرفته و کاربرد گیاهان دارویی افق جدیدی را در برابر جامعه داروسازان و پزشکان قرار داده است. از این رو، هم اکنون صدها هکتار از مزارع کشور به کشت گیاهان دارویی اختصاص داده شده است (امیدبیگی، ۱۳۷۹). کتان روغنی نیز یکی از گیاهان روغنی - دارویی مهم می‌باشد که کاربردهای صنعتی و دارویی فراوانی دارد. این گیاه در سطح وسیعی در کشورهای کانادا، چین، هندوستان، آمریکا، اتیوپی، بنگلادش، روسیه، اوکراین، فرانسه و آرژانتین کشت می‌گردد. کتان روغنی به همراه گندم و جو از قدیمی‌ترین گیاهان جهان است که به‌طور وحشی در آسیای غربی رشد می‌کرده است و بومی ایران می‌باشد. از سال ۱۸۰۵ کشت کتان روغنی جهت استخراج روغن در اروپا رواج پیدا کرد. استفاده از این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی در آسیا همراه با کشورهای آمریکایی و اروپایی رواج زیادی داشته است. کشت این گیاه (بذرک) در ایران به عنوان زراعت فرعی متداول بوده و در سال ۱۳۵۵حداکثر مساحت زیرکشت این گیاه ۱۴۰۰۰ هکتارثبت شده و میانگین عملکرد آن ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. به گزارش فائو، در سال ۲۰۰۷ تولید جهانی کتان روغنی ۱۸۷۵۰۱۸ تن است (ایران نژاد، ۱۳۸۶)

تولید کتان روغنی با عملکرد قابل قبول، منوط به وجود شرایط اقلیمی مناسب و بدون تنش می‌باشد. حال آنکه در ایران تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات زراعی است. شرایط ایران به دلیل قرار گرفتن در پهنه اقلیمی خشک و نیمه خشک دنیا، از توان تبخیری بیشتری در مقایسه با میزان بارندگی برخوردار است؛ بطوری که از ۴۱۳ میلیارد متر مکعب بارندگی سالانه حدود ۷۱ درصد آن به طور مستقیم تبخیر می‌شود (مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹). در مناطق خشک ایران، بارندگی نامنظم موجب نوسانات شدید در تولید گیاهان می‌شود. به علت کافی نبودن باران در بسیاری از سال‌ها، سطوح چشمگیری از دیمزارها قابل برداشت نبوده یا عملکرد بسیار کمی دارند که میزان تولید کل کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مثال علیرغم ۳/۲ میلیون هکتار سطح زیر کشت گندم دیم در سال ۱۳۸۱، تنها حدود ۲/۵ میلیون هکتار آن قابل برداشت بوده است (کشاورز و همکاران، ۱۳۸۱). بروز تنش رطوبتی در

طی مراحل مختلف رشد هم در شرایط دیم و هم در کشت‌های آبی باعث کاهش جذب عناصر غذایی می‌شود. بنابراین تغذیه خوب می‌تواند به مقاومت گیاه به تنش کمک کند (ساجدی[1] و همکاران، ۲۰۰۹).

امروزه تنظیم کننده‌های رشد در حکم ابزارهای اگروشیمیایی مفیدی می‌باشند که گیاهان را در راستای مصرف کارآمدتر مواد غذایی و تظاهر پتانسیل‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی، آن‌ها در سطوح بالاتر یاری می‌دهند. از جمله تنظیم کننده‌های رشد کلرومکوات کلراید (۲-کلرو اتیل، تری متیل آمونیوم کلرید) با نام تجاری سایکوسل می‌باشد که یکی از شناخته‌ترین مشتقات کولین و به نام کلرو کولین کلرید (CCC) نیز نامیده می‌شود که از واکنش ۱-آلیفاتیک هالید با تری‌متیل امین در دمای ۸۰ تا ۹۵ درجه سانتیگراد در شرایط کنترل شده تولید می‌گردد (امام و ایلکایی، ۱۳۸۱). اثرات تنظیم کننده‌ای رشد سایکوسل، اولین‌بار در سال ۱۹۶۰ توسط تولبرت در طیف وسیعی از گیاهان به اثبات رسید. به دنبال آن تحقیقات گسترده‌ای در اروپا و فلسطین اشغالی درمورد تاثیر آن بر روی عملکرد غلات صورت گرفت و نتایج به‌دست آمده نشان داد که کلرومکوات در کاهش ارتفاع ساقه و کاستن از صدمات خوابیدگی نقش اساسی ایفا می‌کند. از این رو مصرف آن با نام تجاری سایکوسل از سال ۱۹۶۸ بطور گسترده در اروپا معمول گردید (موید، ۱۳۷۶). غلظت و زمان مصرف این ترکیبات، بر حسب نوع گیاه متفاوت است. بسیاری از گیاهان زراعی و باغی که با مواد تنظیم کننده‌ی رشد محلول‌پاشی شدند، در برابر تنش‌های محیطی مقاومت بیشتری نشان داد.

از این رو، در این پژوهش بر آن شدیم که معضل خشکی که گیاه کتان روغنی نسبت به آن واکنش منفی نشان می‌هد را با تنظیم کننده‌ی رشد سایکوسل حل کرده و کیفیت و کمیت عملکرد گیاه شویم را بهبود بخشیم.

۱-۲- اهداف تحقیق

۱- تعیین اثرات تنش خشکی بر رشد و عملکرد کمی و کیفی کتان روغنی

۲- تعیین اثر سایکوسل بر تحمل کتان روغنی در شرایط تنش خشکی

۱-۳- فرض‌های تحقیق

۱- کاربرد تنظیم کننده رشد سایکوسل احتمالاً سبب افزایش تحمل کتان روغنی در شرایط تنش خشکی می‌شود.

۲- کاربرد تنظیم کننده رشد سایکوسل احتمالاً باعث افزایش کیفیت روغن استحصالی کتان روغنی در شرایط تنش خشکی می‌گردد.

۳- کاربرد تنظیم کننده رشد سایکوسل باعث افزایش پروتئین و اسیدهای چرب غیر اشباع بذر کتان روغنی در شرایط تنش خشکی می‌گردد.

1- Sajedi

فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های انجام شده

۲-۱- کتان روغنی

کتان روغنی به همراه گندم و جو از قدیمی‌ترین گیاهان جهان است که به‌طور وحشی در آسیای غربی رشد می‌کرده است و بومی ایران می‌باشد. استفاده از این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی در آسیا همراه با کشورهای آمریکایی و اروپایی رواج زیادی داشته است. کشت این گیاه (بذرک) در ایران به عنوان زراعت فرعی متدول بوده و درسال ۱۳۵۵حداکثر مساحت زیرکشت این گیاه ۱۴۰۰۰ هکتار ثبت شده و میانگین عملکرد آن ۵۰۰ کیلوگرم درهکتار می‌باشد. کتان روغنی گیاهی است که در مناطق خشک و گرم تا معتدله رشد و نمو می‌کند (ایران نژاد ۱۳۸۶). تولید جهانی کتان روغنی ۱۸۷۵۰۱۸ تن است که از کشورهای مهم تولید کننده این گیاه کانادا، چین، هندوستان، آمریکا، اتیوپی، بنگلادش، روسیه، اوکراین، فرانسه و آرژانتین را می‌توان نام برد (فائو ۲۰۰۷).

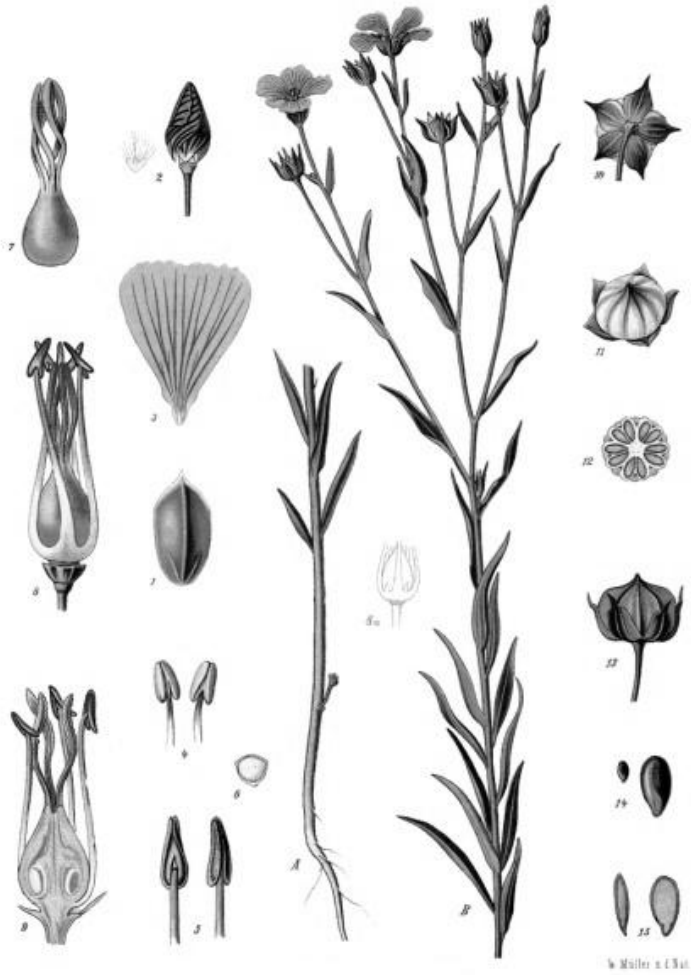
۲-۱-۱- خصوصیات گیاهی

کتان از خانواده لیناسه *(Linaceae)* است، که دارای بیش از ۲۰۰ گونه بود که فقط *Linum Usitatissimum* L. دارای اهمیت اقتصادی می‌باشد. تعداد کروموزوم کتان n=9 و 2n=18 می‌باشد.

کتان روغنی دارای سیستم ریشه‌ای قوی نمی‌باشد، ریشه راست و مستقیم در مراحل اولیه‌ی رشد با سرعت به عمق خاک نفوذ می‌کند. ریشه عمقی آن یک متر و ریشه جانبی ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. بین ارقام مختلف و حتی داخل یک لاین سیستم ریشه‌ای می‌تواند متفاوت باشد.

کتان روغنی اغلب تک‌ساقه است که در بخش بالایی سطح خاک کم و بیش انشعاب ایجاد می‌گردد. انشعاب درکتان لیفی ضعیف و درکتان روغنی زیاد است و این انشعاب درکتان روغنی مفید و درکتان لیفی مضر است. طول ساقه از ۲۰ تا ۱۶۰ سانتی‌متر متفاوت است. برگ‌ها متناوب و رنگ ساقه از سبز روشن تا سبز تیره تغییر می‌کند. برگ‌ها کوچک، باریک و نوک تیز و بدون دمبرگ بوده و برگ در محل اتصال به ساقه کمی باریک می‌شود و روی برگ‌ها توسط موم پوشیده شده است. آرایش گل در کتان

روغنی به‌صورت خوشه‌ای باز است. آرایش گل از یک محور اصلی تشکیل شده که منتهی به یک گل می‌شود و از روی این محور اصلی محورهای فرعی به‌وجود می‌آید. در انتهای هر انشعاب، گلهای فرعی مستقر هستند. طول گل‌ها یک سانتی‌متر می‌باشد. هر گل دارای ۵ کاسبرگ و شامل دو کاسبرگ صاف بدون کرک خارجی و ۳ کاسبرگ بزرگ داخلی با لبه های نازک برنده، پنج گلبرک از هم جدا به رنگ‌های صورتی، آبی، ارغوانی و سفید با پنج پرچم با اتصال قاعده و به شکل نعلبکی که تخمدان را احاطه کرده می‌باشد. تخمدان ۵ برچه‌ای و مادگی ۵ خامه‌ای است. گل‌های کتان روغنی در زمان طلوع آفتاب باز شده و گرده آزاد می‌شود و گلبرگ‌ها در ظهر همان روز می‌ریزد. کتان گیاهی خودگشن است که بسته به فصل، رقم و حشرات، تا ۲٪ دگرگشنی مشاهده می‌گردد. تخمدان کتان روغنی ۵ برچه‌ای و در هر خانه ۲ بذر وجود دارد. کپسول‌ها به‌صورت شکوفا، نیمه شکوفا و ناشکوفا می‌باشد (برناتی[1]، ۱۹۹۳).



نگاره ۲-۱- گیاه‌شناخت کتان روغنی (منبع:اینترنت)

1 - *Bernathy*

۲-۱-۲- تاریخچه و اهمیت کشت کتان روغنی در ایران و جهان

کتان روغنی که از گیاهان زراعی قدیمی در دنیا است، بومی ایران می‌باشد. کشت آن از ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح توسط مصریان و بابلی‌ها و سایر اقوام رواج داشته است. بذرهای کشف شده در ایران عمری برابر ۷۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح دارند. قدیمی‌ترین یافته‌ها مربوط به کتان در اروپا در کشور سوئیس به‌دست آمده است. از سال ۱۸۰۵ کشت کتان روغنی جهت استخراج روغن در اروپا رواج پیدا کرد. استفاده از این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی درآسیا همراه با کشورهای آمریکایی و اروپایی بسیار رایج بوده است (ایران نژاد ۱۳۸۶).

دانه‌های آن محتوی اسید چرب غیراشباع بوده که در تغذیه انسان مهم می‌باشد. میزان اسید لینولنیک آلفا در روغن کتان ۲۲٪ و از سایر گیاهان روغنی بیشتر است. تناسب امگا۳ به امگا۶ در این اسید چرب ۱:۴ است؛ در حالی‌که در گلرنگ و سویا ۱:۱۰ می‌باشد. اهمیت این نسبت به این است که بهم خوردن این تعادل در انسان سبب تولید زیاد هورمون پروستاگلاندین[1] می‌شود که این هورمون باعث امراض شدید سرطانی، قلبی، تنفسی می‌گردد (امیدبیگی، ۱۳۷۹).

روغن این گیاه به منظور جلوگیری از پوسیدگی دیوارهای چوبی و بتونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اخیراً روغن کتان را با کروزین به نسبت ۱:۱ مخلوط کرده و قبل از نمک‌پاشی برای جلوگیری از یخزدگی روی آسفالت می‌پاشند. برای ایزوله کردن دیوارهای خانه، نرده‌های باغ و حیاط و در تولید کفپوش بجای الیاف گیاه یوت استفاده می‌شود. از الیاف کتان به‌دلیل ضد صدا بودن در صنایع ساختمان‌سازی، ساخت پیست اسکی، دیوارهای جانبی اتوبان‌ها، رودخانه‌ها، کف استخرها و حوض‌ها، دریاچه‌های مصنوعی، تپه‌های ماسه‌ایی و لوله‌های زهکشی استفاده می‌شود. در آمریکا و برخی کشورها در ساخت صفحه کلاچ و ترمز وسایل نقلیه به جای استفاده از ماده سرطان زای ازبست، الیاف کتان روغنی را با ماده‌ی مخصوص پلاستیک سخت ذوب نموده و به کار می‌برند.

در کشورهای بلژیک و لهستان از باقی‌مانده الیاف کتان روغنی در تغذیه دام استفاده می‌کنند. میزان انرژی مربوطه ۵/۵۳۱ ژول بر کیلوگرم ماده خشک و میزان پروتئین آن ۱۵-۱۳٪ می‌باشد که قیمت ارزانی هم دارد. در زمان الیاف‌کشی از کتان روغنی در کارگاه نخ‌ریسی هر ۱۰۰ کیلوگرم الیاف ۲۲ کیلوگرم مواد زائد دارد که ۴تا ۶ درصد آن موم است. این موم به عنوان ماده آرام بخش، مسکن سردرد و ترمیم‌کننده پوست در پزشکی کاربرد دارد.

دانه‌های کتان روغنی به عنوان منبع امگا۳، اسید لینولئیک آلفا و مواد فیبری به مواد غذایی افزوده می‌شود. دانه‌های کتان روغنی دارای سیستمی می‌باشند که باعث خنک ماندن بذر به‌طور طبیعی هستند. لایه‌های بیرونی دانه، دانه‌ها در طبیعت در مقابل تغییرات درجه حرارت حفظ می‌نماید و این عمل را در اختلاط با سایر مواد غذایی از جمله نان نیز انجام می‌دهد که باعث افزایش ارزش غذایی نان می‌گردد. لازم به ذکر است دانه‌های کتان روغنی در انباری با درجه حرارت ۲۲ درجه سانتی‌گراد مدت ۳۰۸ روز سالم می‌مانند. دانه‌های کتان روغنی دارای ۱۹ تا ۲۹ ٪ پروتئین بوده و به علت داشتن بعضی اسیدهای آمینه ضروری مانند لیستین (۳/۸ درصد)، متیونین (۲/۳ درصد) و تریپتوفان (۱/۹درصد) از اهمیت خاصی

---

1 - Prostaglandin

برخوردار می‌باشد. مقدار روغن دانه‌ها بین ۵۰ -۳۰ درصد می‌باشد که ۷۰-۵۴ ٪ آنرا اسید لینولئیک تشکیل می‌دهد و به همین علت روغن کتان سریع خشک شده و در صنایع رنگ‌سازی کاربرد دارد. سایر اسیدهای چرب شامل اسید لینولنیک به میزان ۱۷-۱۵ درصد، اسید چرب ۲۱-۱۲٪ ، اسید پالمتیک ۵-۳ درصد و اسید استئاریک ۴-۲ درصد می‌باشد. ارزش دانه کتان روغنی در پزشکی به علت موارد لزجی (نیتوزان) است که درمان زخم معده و روده به‌کار می‌رود و موسیلاژ نام دارد. قسمت اعظم مواد قندی کتان روغنی را پلی ساکاریدها، مقدار کمی سلولز و همی‌سلولز تشکیل می‌دهند. دانه‌های کتان روغنی دارای ویتامین‌های A، B، B_1، D_2، E و C می‌باشند (آلیستر و نیل[1]، ۲۰۰۳).

۲-۲- خشکی

۲-۲-۱- خشکی، خشکسالی و گیاه

خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که حدود ۲۵ درصد از سطح زیر کشت دنیا را محدود می‌سازد (کریستیانسن و لویس[2]، ۱۹۸۲). خشکی یک پدیده گسترده و غیر قابل پیش‌بینی در بسیاری نواحی است که می‌تواند عملکرد دانه و علوفه و پایداری عملکرد را کاهش دهد. در کشورهای در حال توسعه که امکانات آبیاری در آنجا محدود است، این مشکل بسیار جدی است. در این کشورها به دلیل تأثیرات عمده-ای که تنش‌ها بر گیاه می‌گذارند، اختلاف قابل توجهی بین عملکرد بالقوه و عملکرد واقعی محصولات زراعی دیده می‌شود و چنین شرایطی موجب کاهش عملکرد و حتی در مواردی عدم امکان تداوم کشاورزی می‌گردد (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۸۴). گیاهان در شرایط طبیعی همواره در معرض تنش هستند؛ بعضی از عوامل محیطی (مانند دمای هوا) در مدت چند دقیقه می‌توانند تنش‌زا شوند، در صورتی که اثر برخی دیگر از عوامل محیطی (مانند رطوبت خاک) ممکن است روزها و حتی هفته‌ها به طول بیانجامد (کافی و همکاران، ۱۳۸۲).

در کشاورزی خشکسالی عبارت از یک دوره خشکی است که نتیجه‌اش کاهش عملکرد در حد پایین‌تر از شرایط مناسب فراهمی آب است (کافی و همکاران، ۱۳۸۲). در مجموع خشکی پدیده‌ای نسبی بوده که به عنوان عدم عرضه رطوبت کافی، چه از طریق بارندگی و چه از طریق ذخیره آب، که برای رشد مطلوب گیاه ضروری است، بیان می‌گردد و خشکی مهم‌ترین تنش غیر زیستی است که نقش مهمی در کاهش تولید محصول گیاهان زراعی در جهان دارد (کارو و دانکن[3]، ۲۰۰۳؛ زانگ[4] و همکاران، ۲۰۰۳). اگر خشکی ادامه پیدا کند، صدمات جبران ناپذیری به گیاه وارد می‌آید.

---

1 - Alister and Nial

2- Christiansen and Levis

3- Carrow and Duncan

4- Zhang

مناطق خشک و نیمه‌خشک، به مناطقی اطلاق می‌شود که تبخیر در آنها بیشتر از بارندگی است. در منطقه نیمه خشک بارندگی کم و یا آنقدر متغیر است که رطوبت خاک عامل محدودکننده تولید محصول به شمار می‌آید. در کل، وضعیت آب گیاه متأثر از وضعیت رطوبت خاک است. زمانی که میزان آب خاک کم شود، حرکت آب به سمت ریشه کم می‌شود و گیاه به علت قادر نبودن جایگزینی آب جذب شده با آب از دست رفته دچار پژمردگی می‌شود (هسیائو[۱]، ۱۹۷۳). گیاهان عالی به چندین روش به کمبود آب واکنش نشان می دهند؛ بسته شدن روزنه‌ها، لوله شدن برگ‌ها و تنظیم اسمزی از سازگاری‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان به تنش آبی است (زانگ و کرخام[۲]، ۱۹۹۴). در نتیجه جریان CO_2 به درون سلول کاهش یافته و در نتیجه تثبیت CO_2 نیز کاهش می‌یابد (کایسر[۳]، ۱۹۸۷؛ اسمیرنوف و کلمب[۴]، ۱۹۸۸). خشکی نه تنها رشد و نمو گیاهان را کاهش می‌دهد، بلکه موجب تغییر در مسیر برخی از فرآیندهای سوخت و ساز نیز می‌گردد. این تغییرات می‌تواند گیاه را در مقابل تنش مقاوم سازد. در واقع سازش با خشکی به واکنش‌هایی نیاز دارد تا از طریق آن فرایندهای سوخت و ساز اولیه ادامه پیدا کند و گیاه را برای مقابله با آن آماده کند (سانکا[۵] و همکاران، ۲۰۰۳). در مقیاس سلولی، گیاه آثار مضر تنش را با افزایش متابولیسم و تنظیم پتانسیل اسمزی از طریق تجمع مواد آلی و معدنی در سلول‌های خود کاهش می‌دهد و فشار تورژسانس سلول‌های خود را تنظیم می‌کند. پتانسیل کل آب گیاه در هنگام دوره خشکی ملایم نیز توسط تنظیم اسمزی حفظ می‌شود (اینگرام و بارتلز[۶]، ۱۹۹۶).

رشد گیاه نتیجه‌ی تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول و تمایز است. تمام این عوامل تحت تأثیر کمبود آب در گیاه قرار می‌گیرند (مک‌کرزی و لسهم[۷]، ۱۹۹۴). تنش آبی رشد گیاه را به دلیل ممانعت از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، تنفس، هورمون‌ها و جذب عناصر و متابولیسم محدود می‌کند (کرامر[۸]، ۱۹۹۳). زمانی که تنش خشکی ایجاد می‌شود، گسترش برگ کاهش می‌یابد، میزان آب گیاه کم می‌شود و کربوهیدرات‌های محلول ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابند (ولایر و توماس[۹]، ۱۹۹۵).

1- Hsiao

2- Zhang and Kirkham

3- Kaiser

4- Smirnoff and Colembe

5- Sunka

6- Ingram and Bartels

7- Mckersie and Leshem

8- Kramer

9- Volaire and Thomas

۲-۲-۲- تنش خشکی، رادیکال‌های آزاد، و سیستم آنتی اکسیدان در گیاهان

انرژی خورشید توسط کلروفیل به دام انداخته می‌شود و به مرکز فتوسیستم II منتقل می‌شود. در آنجا با واکنش‌های اکسیداسیون- احیاء در زنجیره انتقال الکترون، به فتوسیستم I منتقل می‌شود و در آنجا با استفاده از دی اکسید کربن، هیدروکربن‌ساخته می‌شود. در شرایط تنش، انرژی (الکترون) منتقل شده از فتوسیستم II به شکل کربوهیدرات در فتوسیستم I مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و انرژی به شکل انواع رادیکال آزاد و عوامل اکسیدکننده قوی موجب تخریب غشاءها و صدمات بیولوژیکی شدید می‌شود. یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در گیاهانی که در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند اتفاق می‌افتد، تولید انواع اکسیژن فعال[۱] (ROS) است که منجر به تنش اکسیدکنندگی به علت افزایش سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^-) است (واندنابد[۲] و همکاران، ۲۰۰۰). این ROSها بسیار فعال هستند و می‌توانند متابولیسم طبیعی سلول را تغییر دهند و لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک را اکسید کنند (نیل[۳] و همکاران، ۲۰۰۲؛ ایملای[۴]، ۲۰۰۳). وقتی گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، فتوسنتز در معرض انرژی اضافی قرار می‌گیرد که اگر به طور صحیح پراکنده نشود، ممکن است برای سیستم فتوسنتز II خطرناک باشد؛ زیرا مراکز واکنش را به شدت احیا می‌کند (دمینگ و آدامز[۵]، ۱۹۹۲) و انواع اکسیژن فعال را در کلروپلاست افزایش می‌دهد (اسمیرنوف[۶]، ۱۹۹۳). H_2O_2 بخصوص در کلروپلاست سمی است، زیرا در غلظت‌های بسیار کم، آنزیم‌های چرخه کلوین را متوقف می‌کند و اسیمیلاسیون CO_2 را کاهش می‌دهد که در نتیجه منجر به تشکیل انواع رادیکال فعال در مسیر نادرست فتوسیستم‌ها می‌شود (تاکدا[۷] و همکاران، ۱۹۹۵). بسیاری از فرآیندهای تجزیه‌ای در گیاه مانند پیری، صدمه دیدن، حمله پاتوژن‌ها و تنش‌های محیطی مختلف موجب ایجاد انواع اکسیژن فعال می‌شوند (السترنر[۸] ۱۹۸۷؛ گاپتا[۹] و همکاران، ۱۹۹۱؛ مورگان[۱۰] ، ۱۹۹۰). سیستم‌های آنتی‌اکسیدان، گیاه را در

1- Reactive Oxygen Species

2- Vandenabed

3 - Neill

2- Imlay

3- Demming and Adams

6- Smirnoff

5- Takeda

6- Elstner

7- Gupta

8- Morgan

9- Baisak

10- Giannopolitis and Ries

11- Noctor

مقابل چنین صدماتی حفاظت می‌کنند (السترن، ۱۹۸۲؛ اسمیرنوف، ۱۹۹۳). آنتی‌اکسیدان‌ها شامل کاروتنوئیدها، گلوتاتیون، اسکوربیک اسید و برخی آنزیم‌ها هستند. این ترکیبات می‌توانند انواع اکسیژن فعال تشکیل شده را در سلول سم‌زدایی کنند (السترن، ۱۹۸۲؛ بایساک[۱] ۱۹۹۴). سوپراکسیدازها متالوپروتئین‌هایی هستند که دیسموتاسیون رادیکال آزاد سوپراکسید را به ملکول اکسیژن و پراکسید اکسیژن کاتالیز می‌کنند (جیانوپولیتیز و رایس[۲]، ۱۹۷۷). آنزیم‌های آنتی اکسیداتیو، ملکول‌های کوچک مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گالاکتوز ردوکتاز است (نوکتور[۳] و همکاران، ۱۹۹۸). این مسیر سم‌زدایی می‌تواند در کلروپلاست گیاهان تحت تنش خشکی مهم باشد؛ با وجود اینکه سیستم حفاظتی سلول به گیاهان توانایی سطوحی از تحمل را می‌دهد، کاهش قابل مشاهده فرآیندها در گیاه نشان می‌دهد که گیاه نمی‌تواند اثرات تنش را به طور کامل جبران کند (السترن، ۱۹۸۲).

در گیاهان در شرایط کمبود آب آنتی‌اکسیدان‌ها نیز تغییر می‌یابند (ویوین[۴] ، ۱۹۹۶). گیاهان با میزان بالای آنتی‌کسیدان‌ها - ترکیبی و یا القایی- مقاومت بیشتری به صدمات اکسیداتیو دارند (بو[۵] ، ۱۹۹۹). عکس‌العمل سیستم آنتی‌اکسیداتیو در شرایط تنش خشکی مطالعه شده است (آروکا[۶] و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است که گونه‌هایی که به تنش مقاوم‌تر هستند، مقدار آنتی اکسیدان‌های آنزیمی آن‌ها، تحت شرایط تنش افزایش بیشتری می‌یابد و از غشاء در مقابل صدمات ناشی از تنش محافظت می‌کند؛ بنابراین سازگاری با شرایط تنش بستگی به پایین نگه داشتن انواع اکسیژن فعال شده به واسطه سیستم آنتی اکسیدان دارد (هانس و دونالد[۷]، ۱۹۹۵).

۲-۲-۳- اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی

تنش خشکی باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه، فتوسنتز، وزن خشک برگها و ساقه، کاهش سرعت پر شدن دانه و غیره می‌شود که می‌بایست با اعمال مدیریت صحیح نه تنها از اثرات زیان بخش خشکی جلوگیری کرد، بلکه به استفاده از اثرات مفید این نوع تنش با توجه به شرایط آبی و اتمسفری کشورمان پرداخت (لباسچی، ۱۳۸۳).

---

4 - Yuivin

5 - Boo

6 - Aroka

7 - Hans and Donald

۲-۲-۴- اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین آزاد

معمولاً میزان پرولین آزاد در گیاهانی که در حد مطلوب آبیاری می‌شوند، بسیار کم و در حدود ۰/۲ تا ۰/۶ میلی‌گرم در گرم ماده خشک می‌باشد. میزان این ماده پس از کاهش آب بافت‌ها تا ۴۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در هر گرم ماده خشک افزایش می‌یابد. در برخی از گیاهان در مراحل اولیه تنش کم آبی چندین اسید آمینه افزایش می‌یابد که با ادامه کم آبی فقط اسید آمینه پرولین بیشتر تجمع و ذخیره می‌شود (راجیندر[1]، ۱۹۸۷). محلول‌هایی که در شرایط تنش خشکی درگیاهان تحت تنش تجمع می‌یابند، متابولیت‌هایی با وزن ملکولی کم، مانند کربوهیدارت‌ها، فسفات‌های قندی، اسیدهای آلی یا اسیدهای آمینه هستند. اسیدهای آمینه آزاد، بخصوص پرولین، در بسیاری از گیاهان در شرایط تنش تجمع می‌یابند. مقدار پرولین با افزایش شدت خشکی افزایش می‌یابد. ملکول‌های پرولین شامل قسمت‌های آبدوست و آب‌گریز می‌باشد. پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده و جلوی غیر طبیعی شدن آلبومین را بگیرد. این خصوصیت پرولین بدان جهت است که رابطه متقابل بین پرولین و سطح پروتئین‌های آب‌گریز برقرار شده و به علت افزایش سطح کل پروتئین‌های آبدوست، پایداری آن‌ها افزایش یافته و از تغییر ماهیت آنها جلوگیری می‌کند. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار پرولین قرار گرفته و محافظت می‌شوند (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰؛ کازنتسوا و شویکوا[2]، ۱۹۹۹). به نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد واکنشی گسترده به تنش درگیاهان عالی است. پرولین به سطوح خیلی بالایی در عرض زمان کوتاهی بعد از القای تنش می‌رسد (گزیک[3]، ۱۹۹۶). پرولین غیر از عملکردش به عنوان اسمولیت، احتمالاً نقش‌های دیگری هم مانند ذخیره انرژی، کربن و نیتروژن دارد و یا عامل محافظت‌کننده چندین آنزیم است (کارامانوس[4] و همکاران، ۱۹۸۳). همچینین ممکن است در بازسازی سیستم کلروفیل II ، فعال کردن چرخه کربس و یا در ترکیب پروتئین‌ها نقش داشته باشد (بریتکاو[5]، ۱۹۷۵). کارولسکی[6] (۱۹۸۵) گزارش کرد که پرولین به عنوان یک تنظیم‌کننده در سنتز کلوئیدهایی که با آب پیوند برقرار می‌کنند نقش دارد و ممکن است بطور مستقیم در سنتز بیوکلوئیدهای آب‌دوست نقش داشته باشد. افزایش در پرولین ظاهراً مربوط به سیتوپلاسم است و نقش آن در ارتباط با نفوذپذیری غشاء است (کازنتسوا و شویکوا، ۱۹۹۹). در پژوهش انجام شده توسط سینکلیر[7] و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده شد که تنش در افزایش پرولین برگ‌ها نقش مستقیم داشته است. افزایش پرولین در طی تنش ممکن است نتیجه تجزیه پروتئین‌ها و همچنین کاهش استفاده از آن به دلیل کاهش رشد گیاه

---

1 - Rajinder

2- Kuznetsova and Shevykova

3- Gzik

4- Karamanos

5- Britikov

6- Karolewski

7 - Sinclair

باشد. نتایج آزمایش مشابه کلمنت[1] و همکاران (۲۰۰۸) نیز افزایش پرولین را مربوط به تنش خشکی می‌داند.

۲-۲-۵- اثر تنش خشکی بر قندهای محلول

تحقیقات متعددی در زمینه نقش کربوهیدارت‌های محلول و افزایش آن‌ها تحت شرایط تنش‌های گوناگون صورت پذیرفته است که همگی بر نقش ترکیبات مذکور در تنظیم اسمزی سلول دلالت دارند (وو و گارج[2]، ۲۰۰۳). نقش و اهمیت تجمع قندها به این دلیل می‌باشد که تجمع این مواد سبب تنظیم فشار اسمزی و کاهش از دست دادن آب سلول و نگهداری آماس می‌شوند (حکمت شعار، ۱۳۷۲). در مجموع افزایش قندهای محلول در طی تنش خشکی (به ویژه تنش شدید) را می‌توان به دلایل زیر توجیه کرد:

تخریب کربوهیدات‌های نامحلول که منجر به افزایش قندهای محلول می‌شود.

سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی

قربانلی و همکاران (۱۳۸۰) در تحقیقی دریافتند که هم در شرایط تنش شدید و هم تنش ملایم میزان قندهای محلول در ریشه سویا افزایش یافت؛ در حالی‌که تنها در تنش شدید، غلظت قندها در ساقه و برگ افزایش داد. باهرنیک و همکاران (۱۳۸۶) مشاهده کردند با افزایش میزان تنش، میزان قندهای محلول و پرولین در گیاه افزایش یافت.

۲- ۲-۶- اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل برگ

میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی است (جیانگ و هانگ[3]، ۲۰۰۱). برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که با افزایش تنش از مقدار کلروفیل a کم شده و بر مقدار کلروفیل b افزوده می‌شود (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). کاهش میزان کلروفیل a در اثر خشکی، به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن می‌باشد که این رادیکال‌های آزاد، باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردند (وایز و نایلور[4]، ۱۹۸۷). لوجینی[5] و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که در ارقام حساس به خشکی کلروفیل a و b کاهش می‌یابد، درحالی‌که در ارقام مقاوم تغییری نمی‌کند. همچنین نسبت کلروفیل a/b نیز در ارقام حساس کاهش می‌یابد، در حالی‌که در ارقام مقاوم تغییر نمی‌کند.

---

1 - celement

2- Wu and Garg

3- Jiang and Huang

4- Wise and Naylor

5- Loggini