





دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی کشاورزی (زراعت)

بررسی برخی از خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک کنجد تحت آلودگی کادمیوم در کشت هیدرو پونیک

توسط:

یحیی محقیان

استادان راهنما:

دکتر علی حاتمی و دکتر پرویز احسان زاده

استاد مشاور:

دکتر علی اشرف مهربانی

بهمن ۱۳۹۰

به نام خدا

بررسی برخی از خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک کنجد تحت آلودگی کادمیوم در کشت هیدروپونیک

توسط:

یحیی محقیان

پایان نامه ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی
لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی کشاورزی (زراعت)

از دانشگاه ایلام

ایلام

جمهوری اسلامی ایران

در تاریخ..... توسط هیأت داوران زیر ارزیابی و با درجه..... به تصویب نهایی رسید.

دکتر علی حاتمی، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات (راهنما).....
دکتر پرویز احسان زاده، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه صنعتی اصفهان (راهنما).....
دکتر علی اشرف مهرابی، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات (مشاور).....
دکتر، استاد گروه.....

بهمن ۱۳۹۰

پاس و ستایش خدای را سزا است که سطر تعالی انسان را با خاک بندگی سرشت و آیه های علم و وحی و ایمان رازد

لله لای باورش تقریر نمود.

پاس خدایی را که اول و آخر وجود است، بی آنکه اولی بر او پیشی بگیرد یا آخری پس از او باشد؛
خدایی که دست هر چشمی از دامن دیدارش کوتاه است و فهم هر کبوتر تو صیقلی از پرواز در آسمان و صفش عاجز.
پاس خدای را، پاسی که نکویی با را با بهترین صورت ممکن، از طرف ما به سوی مقام اعلیٰ علین بالا برد تا مقربان

در گاه الهی بر آن کوهایی دهند.

پاسی که ریمان پیونمان باشد بار سولان فرستاده خدا؛

پاسی که بال پروازمان باشد، همدوش با طلائک مقرب خدا.

پاسی که ما را از ورطه دردناک آتش راه ساخته، به سایه سار کرم الهی پناه دهد.

پاسی که در دیار وجود، همیشگی نابودی نکیر و در گذر نسیم کرامت، دگرگونی نپذیرد.

پاسی که چون چشم باخیره شود، روشنی چشمان باشد و چون روی با سایه گردن سپیدی چهرمان گردد.

تلاش و مساعی بزرگوارانی چون استاد برجند جناب آقای دکتر علی حاتمی، که همواره در سیر پرالتهاب تحقیق،
بنده را مورد ملاحظت خویش قرار داده و به مکتوبی و استعانت استاد بزرگوار جناب آقای دکتر پرویز احسان زاده که خط
مشق ایشان، در امر پژوهش همواره راه‌کنشای اینجانب بوده و بی‌شک بدون پشتیبانی ایشان چه از نظر علمی و روحی، انجام
پایان نامه در چنین سطحی امکان پذیر نمی‌گشت،

همکاری و همیاری جناب آقای مهندس امیر حسین بذرافشان و یاری مستمر دوست عزیز جناب آقای

مهندس محمد محققیان، که موجب پیشرفت پایان نامه این بنده گردید،

استعانت و بزرگواری دوست عزیز جناب آقای محمد خلیلیان که هم اندیشی دلسوزانه ایشان موجب تسریع در به

سرانجام رسیدن این پایان نامه گردید

همچنین همکاری دانشگاه صنعتی اصفهان در تمام این پروژه غیرقابل انکار است و از همه عوامل این دانشگاه کمال

تشکر را دارم

و هرگز نمی‌توانم از لوح ذمتم محو نموده و کمال تشکر و قدردانی خود را از این بزرگواران داشته و آرزوی سربلندی و

موفقیت روزافزون، در تمام مراحل زندگی را، برای ایشان از خداوند بزرگ مسألت دارم.

اینجانب یحیی محققان گورتانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، نویسنده پایان نامه: بررسی برخی خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک کنبجد تحت آلودگی کادمیوم در کشت هیدروپونیک تحت راهنمایی آقای دکتر علی حاتمی و دکتر پرویز احسان زاده متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه ایلام می‌باشد و مقالات مستخرج با نام دانشگاه ایلام به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب و...) متعلق به دانشگاه ایلام می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر گردد.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تاریخ
امضای دانشجو

تقدیم به پدر و مادر عزیز و بزرگوارم
که به من چگونه زیستن را آموختند. آمان که در شب قرن، میان جاده‌ی کمی دوباره مه گرفت، مرا میان بال‌های
سبزشان به سرزمین حافیت گره زدند.
آمان که با

فروغ چشانشان،

و گرمی دستانشان،

چون بادبان قایقی، همواره قامت مرا، میان سنگین‌ترین غروب دریا به ساحل سپید معرفت رسانده‌اند.

همسر عزیز و صبورم

ای آسمان قلمم و ای سرچشمه‌ی الهام من

تقدیم به تو ای محبوب‌ترین قلمم

چکیده

پاسخ و تحمل گیاهان زراعی به عناصر فلزی سمی متفاوت است. به همین دلیل مقاومت گیاهان در برابر عناصر در سال‌های اخیر توجه محققان بسیاری را به خود جلب کرده است. در بین عناصر مذکور کادمیوم یکی از آلوده کننده‌های محیطی مهم است که به همراه کودهای فسفات به خاک افزوده می‌گردد. از جهتی پس مانده فاضلاب‌های صنایع حاوی مقادیر بالایی از کادمیوم می‌باشد که وجود زمین‌های کشاورزی در اطراف شهرهای صنعتی و آبیاری این محصولات با این فاضلاب‌ها باعث ورود کادمیوم به زنجیره غذایی می‌شود.

از این رو به منظور بررسی برخی خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک کنگد تحت آلودگی کادمیوم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و در محیط کشت هیدروپونیک در گلخانه آموزشی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۰ اجرا گردید. ۴ ژنوتیپ کنگد شامل ناز چند شاخه، اردستان، ورامین و اولتان و در ۴ سطح کادمیوم (۰ (شاهد)، ۲۰ (متوسط)، ۴۰ (شدید) و ۶۰ (خیلی شدید) میکرومولار به عنوان فاکتورهای آزمایشی در نظر گرفته شد.

پارامترهای سرعت فتوسنتز خالص (A)، هدایت روزنه‌ای (g_s)، غلظت دی اکسید کربن داخل روزنه (C_i)، کارایی کوانتومی فتوسنتزی، محتوای کلروفیل، محتوای پرولین و غلظت عناصر کادمیوم (cd)، کلسیم (ca) و منیزیم (mg) در ژنوتیپ‌های کنگد در هفته ۴ بعد از اعمال تیمار کادمیوم در برگ‌های جوان و توسعه یافته در هر واحد آزمایشی اندازه گیری شد.

محتوای پرولین برگ ژنوتیپ‌های کنگد با افزایش غلظت کادمیوم افزایش یافت. بیشترین افزایش در سطح ۶۰ (بحرانی) میکرومولار با میانگین ۵/۱ و سطح شاهد با میانگین ۲/۱۲ میکرومولار در گرم وزن تر برگ مشاهده شد. غلظت ۶۰ (خیلی شدید) میکرومولار کادمیوم منجر به کاهش سرعت فتوسنتز خالص (A) به میزان ۲/۸۸ میکرومول دی اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه، هدایت روزنه‌ای (g_s) ۰/۰۲۸ میکرومول بر متر مربع در ثانیه، محتوای کلروفیل کل ۰/۵۷۸ میلی گرم در گرم برگ و کارایی کوانتومی فتوسنتزی ۲۸/۷۴ درصد کاهش نسبت به شاهد شد. در سطح ۶۰ میکرومولار کادمیوم میانگین غلظت‌های کلسیم و منیزیم ژنوتیپ‌های کنگد به ترتیب ۸/۳۵ و ۰/۴۲ اندازه گیری شد. اما غلظت کادمیوم ۶ برابر افزایش نشان داد و به میزان ۲/۷ رسید.

در این مطالعه ژنوتیپ‌های ناز و اولتان در سطح ۶۰ (خیلی شدید) میکرومولار بیشترین کاهش و ژنوتیپ‌های اردستان و ورامین کم‌ترین کاهش را نسبت به سطح شاهد از خود نشان دادند. نتایج حاکی از آن است که کادمیوم بر خصوصیات فتوسنتزی گیاه کنگد تاثیر منفی می‌گذارد و تفاوت قابل ملاحظه‌ای از این نظر مشاهده شد.

کلمات کلیدی: کادمیوم، کنگد، هیدروپونیک، خصوصیات فیزیولوژیک، خصوصیات فتوسنتزی، پرولین

فهرست عناوین

۱	فصل اول:	۱
۱	مقدمه	۱
۴	فصل دوم:	۴
۴	بررسی منابع	۴
۴	۱-۲- تاریخچه و پراکنش جغرافیایی کنجد	۴
۵	۲-۲- خصوصیات گیاه شناسی	۵
۶	۳-۲- سازگاری	۶
۷	۴-۲- مراحل رشد و نمو	۷
۷	۵-۲- موارد مصرف کنجد	۷
۸	۶-۲- تنش‌های محیطی	۸
۹	۷-۲- واکنش گیاهان به تنش	۹
۱۰	۸-۲- کادمیوم	۱۰
۱۰	۱-۸-۲- خواص فیزیکی و شیمیایی کادمیوم	۱۰
۱۱	۹-۲- نحوه پراکنش کادمیوم در ایران و جهان	۱۱
۱۱	۱۰-۲- سمیت کادمیوم	۱۱
۱۲	۱۱-۲- تاثیر کادمیوم بر گیاه	۱۲
۱۲	۱۲-۲- تاثیر تنش کادمیوم بر محتوای پرولین	۱۲
۱۳	۱۳-۲- تاثیر تنش کادمیوم بر خصوصیات فتوسنتزی گیاهان	۱۳
۱۴	۱۴-۲- تاثیر تنش کادمیوم بر میزان کلروفیل	۱۴
۱۴	۱۵-۲- تاثیر تنش کادمیوم بر فلورسانس کلروفیل	۱۴
۱۶	۱۶-۲- تاثیر تنش کادمیوم بر محتوای یونی	۱۶
۱۶	۱-۱۶-۲- کلسیم:	۱۶
۱۷	۲-۱۶-۲- پتاسیم	۱۷
۱۸	۳-۱۶-۲- آهن:	۱۸
۱۸	۴-۱۶-۲- مس:	۱۸
۱۸	۵-۱۶-۲- فسفر:	۱۸
۱۹	۶-۱۶-۲- منیزیم	۱۹
۲۰	فصل سوم	۲۰
۲۰	مواد و روش‌ها	۲۰
۲۰	۱-۳- موقعیت و نحوه اجرای آزمایش	۲۰
۲۱	۲-۳- صفات مورد بررسی و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها	۲۱
۲۱	۱-۲-۳- طول ساقه	۲۱
۲۲	۲-۲-۳- تعداد برگ	۲۲
۲۳	۳-۲-۳- سطح برگ	۲۳
۲۳	۴-۲-۳- وزن خشک اندام هوایی و ریشه	۲۳
۲۳	۵-۲-۳- اندازه‌گیری تبادلات گازی برگ	۲۳

۲۳	..... ۶-۲-۳ فلورسانس کلروفیل برگ
۲۴	..... ۷-۲-۳ میزان کلروفیل برگ
۲۴	..... ۸-۲-۳ میزان پرولین برگ
۲۵	..... ۱۱-۲-۳ میزان کادمیوم ، کلسیم و منیزیم گیاه
۲۵	..... ۳-۳ محاسبات آماری
۲۶	..... فصل چهارم:
۲۶	..... نتایج و بحث
۲۶	..... ۱-۴ صفات مورفولوژیک
۲۶	..... ۱-۱-۴ ارتفاع گیاه
۲۸	..... ۲-۱-۴ تعداد برگ در گیاه
۳۰	..... ۳-۱-۴ میزان سطح برگ در گیاه
۳۲	..... ۴-۱-۴ وزن خشک اندام هوایی
۳۴	..... ۵-۱-۴ وزن خشک ریشه
۳۸	..... ۲-۴ پارامترهای تبدلات گازی برگ
۳۸	..... ۱-۲-۴ سرعت فتوسنتز خالص (A) برگ
۴۱	..... ۲-۲-۴ هدایت روزنه‌ای (gs) برگ
۴۳	..... ۳-۲-۴ غلظت داخلی دی اکسید کربن (Ci) برگ
۴۵	..... ۴-۲-۴ فلورسانس کلروفیل برگ
۵۱	..... ۳-۴ محتوای کلروفیل برگ
۵۴	..... ۴-۴ محتوای پرولین برگ
۵۹	..... ۵-۴ غلظت عناصر در گیاه کنگد
۵۹	..... ۱-۵-۴ کادمیوم
۶۱	..... ۲-۵-۴ کلسیم
۶۳	..... ۳-۵-۴ منیزیم
۶۷	..... فصل پنجم
۶۷	..... نتیجه گیری و پیشنهادات
۶۷	..... ۱-۵ نتیجه گیری
۶۸	..... ۲-۵ پیشنهادات
۶۹	..... منابع

فهرست شکل ها

- شکل ۳-۱- تعداد برگ گیاه کنجد..... ۲۲
- شکل ۴-۱- ارتفاع کنجد در سطوح مختلف کادمیوم..... ۲۷
- شکل ۴-۲- ارتفاع ژنوتیپ های کنجد ۲۸
- شکل ۴-۳-.. تعداد برگ در بوته در سطوح مختلف کادمیوم..... ۲۹
- شکل ۴-۴- تعداد برگ ژنوتیپ های مختلف کنجد..... ۲۹
- شکل ۴-۵- سطح برگ در سطوح مختلف کادمیوم..... ۳۱
- شکل ۴-۶- سطح برگ ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۳۱
- شکل ۴-۷- وزن خشک اندام هوایی بوته در سطوح مختلف کادمیوم..... ۳۳
- شکل ۴-۸- وزن خشک اندام هوایی بوته ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۳۳
- شکل ۴-۹- وزن خشک ریشه در سطوح مختلف کادمیوم..... ۳۴
- شکل ۴-۱۰- وزن خشک ریشه ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۳۵
- شکل ۴-۱۱- غلظت فتوستنر خالص در سطوح مختلف کادمیوم..... ۴۰
- شکل ۴-۱۲- غلظت فتوستنر خالص ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۴۰
- شکل ۴-۱۳- میزان هدایت روزنه‌ای در سطوح مختلف کادمیوم..... ۴۲
- شکل ۴-۱۴- میزان هدایت روزنه‌ای ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۴۲
- شکل ۴-۱۵- میزان دی اکسید کربن داخل روزنه در سطوح مختلف کادمیوم..... ۴۴
- شکل ۴-۱۶- میزان دی اکسید کربن داخل روزنه بر حسب ژنوتیپ های مختلف کنجد..... ۴۴
- شکل ۴-۱۷- میزان و مقایسه فلورسانس پایه وماکزیمم بر حسب غلظت‌های مختلف کادمیوم..... ۴۶
- شکل ۴-۱۸- میزان و مقایسه فلورسانس پایه وماکزیمم بر حسب ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۴۶
- شکل ۴-۱۹- میزان کارایی کوانتومی فتوسیستم II (f_v/f_m) غلظت‌های مختلف کادمیوم..... ۴۷
- شکل ۴-۲۰- مقایسه کلروفیل a کلروفیل b و کلروفیل کل در سطوح مختلف کادمیوم..... ۵۲
- شکل ۴-۲۱- مقایسه کلروفیل a کلروفیل b و کلروفیل کل ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۵۳
- شکل ۴-۲۲- نسبت کلروفیل a/b در سطوح مختلف کادمیوم..... ۵۳
- شکل ۴-۲۳- نسبت کلروفیل a/b ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۵۴
- شکل ۴-۲۴- غلظت پرولین در سطوح مختلف کادمیوم..... ۵۶
- شکل ۴-۲۵- میزان پرولین ژنو تیپ های مختلف کنجد..... ۵۶
- شکل ۴-۲۶- غلظت کادمیوم موجود در گیاه در سطوح مختلف کادمیوم..... ۶۰

- شکل ۴-۲۷- غلظت کادمیوم در ژنوتیپ های مختلف کنجد..... ۶۱
- شکل ۴-۲۸- غلظت کلسیم موجود در کنجد در سطوح مختلف کادمیوم..... ۶۲
- شکل ۴-۲۹- میزان کلسیم موجود در ژنوتیپ های مختلف کنجد..... ۶۲
- شکل ۴-۳۰- غلظت منیزیم موجود در کنجد در سطوح مختلف کادمیوم..... ۶۳
- شکل ۴-۳۱- غلظت منیزیم موجود در کنجد بر حسب ژنوتیپ های مختلف..... ۶۴

فهرست جداول

- جدول ۱-۲- خصوصیات فیزیکی کادمیوم..... ۱۰
- جدول ۱-۳- محلول غذایی هوگلند..... ۲۱
- جدول ۱-۴- نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه‌ی چهار ژنو تیپ کنجد آلودگی کادمیوم..... ۳۶
- جدول ۲-۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه‌ی چهار ژنو تیپ کنجد تحت آلودگی کادمیوم..... ۳۷
- جدول ۳-۴- نتایج تجزیه واریانس سرعت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، دی اکسید کربن داخل روزنه‌ای، فلورسانس پایه (F0)، فلورسانس ماکزیمم (Fm) و نسبت Fv/Fm چهار ژنو تیپ کنجد تحت آلودگی کادمیوم..... ۴۸
- جدول ۴-۴- مقایسه میانگین سرعت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، دی اکسید کربن داخل روزنه‌ای، فلورسانس پایه (F0)، فلورسانس ماکزیمم (Fm) و نسبت Fv/Fm..... ۴۹
- جدول ۵-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنو تیپ و کادمیوم بر سرعت فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و غلظت دی اکسید کربن درون روزنه چهار ژنو تیپ کنجد تحت آلودگی کادمیوم..... ۵۰
- جدول ۶-۴- نتایج تجزیه واریانس کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a/b و پرولین چهار ژنو تیپ کنجد تحت آلودگی کادمیوم..... ۵۷
- جدول ۷-۴- مقایسه میانگین مربعات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a/b و پرولین چهار ژنو تیپ کنجد تحت آلودگی کادمیوم..... ۵۸
- جدول ۸-۴- نتایج تجزیه واریانس مقدار کادمیوم، کلسیم، منیزیم چهار ژنو تیپ کنجد تحت آلودگی کادمیوم..... ۶۵
- جدول ۹-۴- مقایسه میانگین مربعات کادمیوم، کلسیم و منیزیم چهار ژنو تیپ کنجد تحت آلودگی کادمیوم... ۶۶

فصل اول:

مقدمه

پاسخ و تحمل گیاهان زراعی به عناصر فلزی سمی متفاوت است به همین دلیل مقاومت گیاهان در برابر این عناصر، در سال‌های اخیر توجه محققان بسیاری را به خود جلب کرده است. در بین عناصر مذکور عنصر کادمیوم یکی از آلوده کننده‌های محیطی مهم است که به همراه کودهای فسفات به خاک افزوده می‌گردد [۱۱].

علاوه بر موارد مذکور کادمیوم همراه با فلزات سنگین دیگر به میزان 10ppm تا 1500ppm در ماده خشک لجن فاضلاب‌ها وجود دارد و به دلیل توسعه و گسترده‌گی آلودگی‌های خاک به وسیله فاضلاب‌ها و پس آب‌های صنعتی و شیمیایی افزایش قابل توجهی داشته است.

اخیراً استفاده از لجن فاضلاب‌ها به عنوان تامین کننده مواد آلی در تولید محصولات زراعی معمول شده است و با وجودی که در این نوع خاک‌ها میزان کادمیوم بسیار ناچیز است مع‌ذکک برای بسیاری از گیاهان از جمله کنجد بسیار مضر است. البته حساسیت واریته‌های مختلف کنجد به کادمیوم ممکن است متفاوت باشد [۵].

پس مانده‌ها و فاضلاب صنایع حاوی مقادیر بالایی از روی، کادمیوم، مس، نیکل و سرب می‌باشند که این فلزات به مدت بسیار طولانی در خاک باقی می‌ماند. طبق نتایجی که Heckmann و همکارانش در سال ۱۹۸۷ بر روی گیاه سویا بدست آوردند آثار باقیمانده مسمومیت کادمیوم در سویا حتی تا ۹ سال پس از اولین بکارگیری لجن فاضلاب‌ها نیز وجود داشت. این محققین با پایین آوردن pH نیز نتوانسته بودند اثرات سمی کادمیوم را خنثی نمایند. البته جذب این عنصر به ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بستگی دارد.

بعضی از عناصر در خاک در مواضع تبدلی ریشه نگهداری می‌شود. عناصری چون کلسیم، روی، منگنز، پتاسیم و منیزیم می‌توانند جایگزین کادمیوم شوند و از آنجایی که کلسیم کاتیون غالب خاک به شمار می‌آید ممکن است جذب کادمیوم را تحت تاثیر قرار دهد [۶].

کارشناسان تغذیه در صددند راه‌هایی را در جهت تقلیل جذب کادمیوم توسط ریشه گیاهان زراعی بیابند زیرا عناصر سنگین فلزی به طور مستقیم یا غیر مستقیم وارد زنجیره غذایی انسان می‌شود. و یا از طریق استنشاق غبار یا دود آن وارد سیستم تنفس می‌شوند.

گیاهان دانه روغنی از نظر تامین انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند و از جمله با ارزش‌ترین محصولات بخش کشاورزی به شمار می‌روند. با این وجود سابقه تولید دانه‌های روغنی در ایران چندان زیاد نیست [۱۳]. با توجه به نیاز روز افزون کشور به روغن و با توجه به اینکه بیش از ۹۰ درصد روغن مورد نیاز کشور از خارج تامین می‌شود، کنجد می‌تواند به عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح باشد [۲۶]. کنجد یکی از گیاهان دانه روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی نواحی گرم بشمار می‌رود و ظاهراً قدیمی‌ترین گیاه دانه روغنی در جهان می‌باشد. آفریقا و شبه قاره هند به عنوان دو منشاء اصلی این گیاه در منابع معرفی شده‌اند [۲۳]. دانه کنجد و روغن آن به طور گسترده به عنوان غذا، دارو و تولید عطر در صنعت مصرف می‌شود [۲۹]. وجود بیش از ۵۰ درصد روغن در دانه کنجد که درصد بالایی از آن را اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک و لینولئیک تشکیل می‌دهند باعث کیفیت عالی روغن کنجد برای تغذیه انسان شده است. روغن کنجد دارای سسامین و سسامول می‌باشد که دارای نقش مهمی

در پایداری اکسیداتیو و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشد [۱۷]. روغن کنجد همچنین باعث افزایش فعالیت ویتامین E و قابلیت دسترسی بیشتر به آلفا توکوفرول و همچنین کاهش اسید فعال تیوباربتوریک (TBARS) که ماده‌ای مخرب در پراکسیداسیون لیپیدی غشاهاست می‌شود [۲۳].

با توجه به اینکه مطالعات صورت گرفته بر روی کنجد به ویژه در ارتباط با مقاومت آن به تنش‌های محیطی در دنیا و بالاخص ایران اندک بوده، و تنش کادمیوم در بسیاری از گیاهان زراعی سبب کاهش جدی عملکرد می‌شود، مطالعه حاضر به منظور بررسی برخی از خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ژنوتیپ‌های کنجد تحت شرایط تنش کادمیوم صورت پذیرفت تا با توجه به نتایج به دست آمده متحمل‌ترین و حساس‌ترین ارقام نسبت به کادمیوم در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه معرفی و تعیین گردند.

فصل دوم:

بررسی منابع

۱-۲- تاریخچه و پراکنش جغرافیایی کنجد

کنجد که از آن به عنوان ملکه گیاهان روغنی یاد می‌شود، از جمله مهم‌ترین دانه‌های روغنی و خوراکی در کشاورزی سنتی نواحی گرم به شمار می‌رود که سابقه کشت و کار آن به بیش از ۵۰۰۰ سال می‌رسد. این گیاه در نواحی با خشکی و گرمای شدید که امکان کشت گیاهان دیگر وجود ندارد، قابل کشت و کار می‌باشد [۱۳]. منشاء دقیقی برای کنجد در منابع ذکر نشده است، اما با توجه به سابقه کشت و کار و پراکندگی گونه‌های مختلف کنجد در آفریقا به احتمال زیاد کنجد زراعی از *Sesamum Capense* در نواحی مرکزی آفریقا و ظاهراً در اتیوپی منشاء یافته است. واویلف هند را منشاء کنجد دانسته است [۱۳]. هر چند موطن اصلی این گیاه دانه روغنی آفریقا بوده است اما دامنه کشت و کار آن به سرعت در کشورهای هندوستان، چین و ژاپن نیز گسترش یافته، به طوری که این کشورها به عنوان مراکز ثانویه انتشار کنجد شناخته می‌شوند. [۱۳]. کنجد امروزه به عنوان یک گیاه اقتصادی مهم به طور گسترده در بسیاری از نقاط دنیا از جمله هند، چین، تایلند، مکزیک، گواتمالا، السالوادور، افغانستان، پاکستان، بنگلادش، اندونزی، عربستان سعودی و ترکیه کشت می‌شود [۱۳]. کشور ایران در بین ۷۶ کشور تولید کننده کنجد رتبه ۲۱ را به خود اختصاص داده است. زراعت کنجد در ۱۶ استان کشور انجام می‌شود که عمده کشت آن در استان‌های خوزستان، فارس، کرمان و بوشهر صورت می‌گیرد [۲۶].

طبق آمار منتشره توسط سازمان خواربار جهانی (FAO) سطح زیر کشت کنجد در ایران در سال ۲۰۰۸ میلادی ۴۰ هزار هکتار و میزان تولید آن ۲۸ هزار تن گزارش شده است. از نقطه نظر جهانی بزرگ‌ترین تولید کنندگان کنجد در سال ۲۰۰۸ کشورهای هند، میانمار و چین بوده‌اند [۱۳].

۲-۲- خصوصیات گیاه شناسی

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum L.* گیاهی است یک ساله و دیپلوئید ($2n=26$) که در رده‌بندی گیاهی در راسته توبی فلوره^۱، خانواده پدالیاسه^۲، جنس سزامی و گونه ایندیکوم قرار دارد [۱۳]. کنجد گیاهی خود گشن می‌باشد، میزان دگرگشتی در آن به فعالیت حشرات بستگی دارد و به ندرت از ۱۰ درصد تجاوز می‌کند، هر چند در برخی ارقام و شرایط تا ۵۰ درصد نیز گزارش شده است. از نظر تیپ رشدی، کنجد گیاهی است که به صورت بوته‌ای استوار رشد می‌کند. گونه‌هایی از کنجد نیز وجود دارند که دارای تیپ رشدی چند ساله و دارای ساقه‌های منشعب می‌باشند. طول دوره رشد کنجد از ۳ تا ۶ ماه متغیر بوده و غالباً ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز می‌باشد. کنجد دارای سیستم ریشه‌ای مستقیم، قوی و گسترده می‌باشد که در خاک‌های نفوذ پذیر قادر است تا عمق بیش از ۲ متری خاک نفوذ کند. ساقه کنجد مستقیم، دارای شیارهای طولی و در برش‌های قطری چهارگوش است. سطح ساقه از صاف تا بسیار کرک‌دار متغیر می‌باشد. ساقه کنجد دارای مواد لزج و آبدار است. رنگ ساقه از سبز روشن تا ارغوانی متغیر بوده و غالباً سبز تیره می‌باشد. ارتفاع ساقه معمولاً از ۶۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد و گاه به بیش از ۳ متر نیز می‌رسد. بوته کنجد ممکن است تک ساقه و یا دارای انشعابات جانبی باشد. ساقه‌دهی ممکن است از ناحیه پائینی و یا بالائی ساقه اصلی باشد. بیشتر ارقام زراعی کنجد از نوع تک ساقه می‌باشند [۱۳]. برگ‌ها از نظر شکل و اندازه روی یک بوته متفاوتند. به طوری که برگ‌های پائینی بوته عریض و اغلب مضرس و دارای بریدگی می‌باشند. در قسمت‌های فوقانی ساقه از میزان بریدگی برگ کاسته می‌شود و برگ‌ها باریک‌تر و کشیده‌تر می‌شوند. گل‌های کنجد به صورت زنگوله‌ای شکل در زاویه داخلی برگ‌ها به ظهور می‌رسند. تشکیل گل‌ها حدود ۲ ماه بعد از سبز شدن از ناحیه پائینی بوته آغاز شده و به طرف بالا ادامه می‌یابد. بالاترین گره‌های ساقه به گل تبدیل نمی‌گردند و بدین لحاظ گیاه رشد نامحدود می‌باشد اما برخورد اواخر دوران

¹ - Tubiflorae

² - Pedaliaceae

رشد گیاه به هوای خنک سبب توقف رشد طولی ساقه و توقف تشکیل گل می‌گردد [۱۳]. میوه کنجد به صورت کپسولی است چهارگوش با راس کوتاه مثلثی، کرک دار و با شیارهای عمیق طولی، طول کپسول از ۲/۵ تا ۸ سانتی‌متر و قطر آن از ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر متغیر است. در هر کپسول معمولاً ۲ یا ۴ و گاه تا ۱۲ برچه مشاهده می‌شود کپسول شکوفا بوده و در طول خط جوش برچه از بالا به پائین شکافته می‌شود. هر کپسول هنگامی کاملاً رسیده است که به رنگ قهوه‌ای یا ارغوانی درآمده باشد. دانه کوچک کنجد (عرض ۱/۵ و طول ۲/۵ میلی‌متر) تخم مرغی شکل، کمی پهن و در محل اتصال به تخمدان باریک‌تر است. وزن هزار دانه آن ۲/۹۲ گرم است [۱۵]. پوسته دانه ممکن است صاف و یا ناهموار باشد. دانه به رنگ‌های سفید، زرد، قرمز مایل به قهوه‌ای، خاکستری و یا سیاه دیده می‌شود [۱۳].

۲-۳- سازگاری

کنجد محصول نواحی گرم است و در فاصله عرض جغرافیایی ۳۵ درجه جنوبی تا ۴۰ درجه شمالی و غالباً تا ارتفاع ۱۷۰۰ متر از سطح دریا کاشته می‌شود [۱۳]. دمای ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد در اوایل دوره رشد و دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد در دوران دانه‌بندی برای کنجد مناسب است. دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد موجب تسریع سبز شدن، رشد اولیه و گلدهی می‌گردد. دمای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد سبب نقصان سرعت سبز شدن و رشد و دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد موجب توقف جوانه‌زنی و رشد گردیده و باعث عقیمی گیاه می‌شود. به طور کلی دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد (میانگین شبانه‌روز) برای رشد کنجد مناسب و دماهای بیشتر از ۳۴ و کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد برای رشد کنجد نامناسب می‌باشد [۱۳]. تکمیل سیکل حیاتی ارقام زودرس کنجد مستلزم تجمع حدود ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ واحد حرارتی استاندارد می‌باشد. کنجد در اصل گیاهی روز کوتاه می‌باشد، اما اکثر ارقام زراعی آن نسبت به طول روز بی‌تفاوتند [۱۳]. گیاه کنجد ریشه توسعه یافته‌ای دارد که آن را تا حدی به خشکی مقاوم می‌سازد. البته خشکی بیش از اندازه نیز سبب کاهش محصول می‌گردد. گل‌دهی و دانه‌بندی حساس‌ترین مراحل رشدی کنجد نسبت به کم آبی می‌باشد. گیاه کنجد به آب ایستادگی بسیار حساس است و آب ایستادگی بالاخص در مرحله گیاهچه‌ای می‌تواند رشد و عملکرد گیاه را به شدت تحت تاثیر قرار دهد. توسعه بیماری‌ها نیز در شرایط آب ایستادگی زیاد بوده و باعث خسارت به کنجد می‌شود. بنابراین زه‌کشی آب در شرایط بالائی سفره آب زیرزمینی و یا احتمال وقوع آب ایستادگی ضرورت دارد.

خاک‌های دارای بافت متوسط شامل لوم، لوم شنی ریز و لوم سیلتی با ساختمان خوب و باروری متوسط برای کنگد ایده‌آل بشمار می‌روند. اما گیاه در طیف وسیعی از خاک‌ها رشد می‌کند و خاک‌های نیمه سنگین و فقیر را تحمل می‌کند [۱۳]. کنگد در خاک‌های اسیدی و کم قلیایی رشد می‌کند، اما pH حدود خنثی را ترجیح می‌دهد، با این حال دامنه pH بین ۵/۵ تا ۸ را تحمل می‌کند. همچنین کنگد از جمله گیاهان حساس به شوری محسوب می‌شود. کنگد به باد نیز به شدت حساس می‌باشد چرا که باد نه تنها موجب خوابیدگی محصول می‌شود، بلکه سبب ریزش دانه نیز می‌گردد و عملیات خشک کردن محصول را در شرایط سنتی بسیار مشکل می‌سازد [۱۳].

۲-۴- مراحل رشد و نمو

از نظر تصمیم‌گیری‌های زراعی، می‌توان مراحل نمو کنگد را شامل سبز شدن، تشکیل برگ‌ها، شروع تشکیل جوانه گل، شروع گل‌دهی، شروع نیام‌بندی، گل‌دهی کامل، شروع رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی فیزیولوژیک کامل دانست. مرحله شروع گل‌دهی اولین روزی است که در آن اولین گل باز شده در روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها مشاهده شود. مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کامل هنگامی است که ۷۵ درصد نیام‌های واقع در روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها به رنگ قهوه‌ای در آمده باشند [۱۳].

۲-۵- موارد مصرف کنگد

شصت و پنج درصد از دانه کنگد تولید شده در سطح جهان به منظور استخراج روغن و ۳۵ درصد آن در صنعت و تهیه غذا به کار گرفته می‌شود [۲۶]. مهم‌ترین کاربرد دانه کنگد استخراج روغن از آن است. میزان روغن دانه کنگد از ۴۵ تا بیش از ۶۰ درصد متغیر می‌باشد. روغن کنگد از روغن‌های مایع، نیمه خشک و با مرغوبیت و پایداری زیاد است. وجود اسید چربی به نام سسامولین^۱ در روغن کنگد که در اثر تجزیه به یک ماده ضد اکسیداسیون به نام سسامول^۲ تبدیل می‌گردد، موجب افزایش ثبات و پایداری روغن کنگد شده است [۱۳]. روغن کنگد دارای اسیدهای چرب اولئیک^۳ (۵۳/۹ تا ۳۲/۷٪)، لینولئیک^۴ (۳۹/۳ تا ۵۹٪)، پالمیتیک^۵ (۱۹ تا ۸/۳٪)،

^۱ - Sesamolin

^۲ - Sesamol

^۳ - Oleic acid

^۴ - Linoleic acid

^۵ - Palmitic acid