





پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (زراعت)

## عنوان

تأثیر گلیسین بتائین بر مراحل جوانه زنی و رشد رویشی  
گیاهان آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) و سویا  
(*Glycine max L.*) تحت شرایط تنش های شوری،  
خشکی و سرما

پژوهشگر:

محمد امیدوار

اساتید راهنما:

دکتر محمد علی بهدانی

دکتر سید وحید اسلامی

استاد مشاور:

دکتر محمد حسن سیاری زهان

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به پدر عزیزم

که تکیه گاه و پناهگاهم از تمام دردهای زمانه است و هر چه دارم در سایه تلاش های بی منت اوست،  
کسی که سید موی کشت تا من سید روی گردم.

تقدیم به مادر مهربانم

که کوهر بی همتا در دیای فداکارهاست و وجودش برایم همه عشق است،  
کسی که دامن پر مهرش پناهگاه دوران کودکیم و قلب پاکش منبع دعای خیر در زندگی است.

تقدیم به همسر فداکارم

آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلم همچنان پیر جاست و هرگز غروب نخواهد کرد  
و مهربانه مسیر موفقیت مراد زندگی هموار نمود.

در برابر وجود کرامتشان زانوی ادب به زمین می نم و بادی مالالال از عشق و محبت بردستانشان بوسه می زنم. آرزو مندم  
انوار روح افزای پر مهرشان، همواره بر وجودم تابد و اندیشه های والایشان روشنگر ادامه مسیر زندگی باشد.

و تقدیم به

برادران و خواهرانم که وجودشان گرامش زندگی است.

## شکر و قدردانی

خداوند متعال را شکر کنم که الطاف بی‌دینش را همیشه شامل حال من نموده و دیده‌مردن مسیرو شوار زندگی عزیزانی را در سر راهم قرار داد تا طی مسیر برآیم آسان شود. اکنون که بیماری این دو پاک‌نخارش رساله به پایان رسیده است، جا دارد از زحمات اساتید و عزیزان بزرگواری که در طول تحصیل خوشه‌چین علم، معرفت و محبت آنها بوده‌ام، صمیمانه شکر و قدردانی نمایم.

در ابتدا از پدر عزیزم که همواره مشوق من در راه تحصیل بوده و هست، از مادر مهربانم که دعایش همیشه بدرقه‌ی راهم می‌باشد و از همسر فداکارم که در همه حال هم‌راه و هم‌سفرم بوده شکر می‌نمایم. ویژه می‌نمایم.

از الطاف و عنایات بی‌شائبه جناب آقای دکتر محمد علی بهدانی و جناب آقای دکتر سید وحید اسلامی، اساتید راهنمای دلسوز و مهربانم که بزرگواری‌های تازه‌امی از علم و دانش و تلاش و پویایی را به رویم گشودند و در تمام مراحل این پایان‌نامه همیشه همراه و پشتیبان اینجانب بودند و از سپنج راهنمایی و کوششی دین‌گرددند کمال شکر و قدردانی را نمایم.

از جناب آقای دکتر محمد حسن سیدی زهن، استاد مشاور که در تمام مراحل علم، دوستی و صمیمیت را به من آموختند و در طی این دوره همواره مرا از لطف، بزرگواری و راهنمایی‌های سازنده و ارزنده خود برخوردار نمودند و با دقتی قابل‌تقدیر تمامی فصول پایان‌نامه را مطالعه نمودند و موجب غنای بیشتر آن شدند، صمیمانه سپاسگزارم.

از اساتید گرامی داور، جناب آقای دکتر سهراب محمودی و جناب آقای دکتر سهیل پارسا که زحمت بازخوانی این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و نجات ارزشندی را از ایشان آموختم، سپاسگزارم.

از سایر اساتید که تقدیر؛ جناب آقای دکتر محمد جامی الاحمدی، دکتر غلام‌شاه زمانی و دکتر محمد قادی که در دوران تحصیل خود را هم‌مومن زحمات و عنایات این بزرگواران، هم‌سفرم، شکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از مسئولین محترم آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی؛ جناب آقای مهندس خزانی، آزمایشگاه تحقیقات؛ جناب آقای مهندس ناصری و آزمایشگاه بذر؛ جناب آقای مهندس صفایی کمال شکر را دارم.

از دوستان بسیار عزیزم؛ جناب آقای مهندس سید جلال الدین جزایری، مهندس اسماعیل روانگرد، مهندس برهان منصوری و مهندس روح‌اله دستور که روزی‌به‌یادماندن را در کنار هم سپری کردیم، کمال شکر را دارم.

از تمامی هم‌خواجگانی‌ها و هم‌دوره‌ای‌هایم؛ بخصوص آقایان مهندس مصطفی شافع، مهندس ناصر شفقتی، مهندس رستم رستمی، مهندس حسن بلوچ قرانی، مهندس رضا جلالی مقدم، مهندس حسین عرب محمدی، مهندس بنزاد اسمعیلیان، مهندس علی‌طوری و خانم مهندس فاطمه فتحی که در این راه یاری‌گرم بودند شکر می‌کنم.

همچنین از دوست ارجمند جناب آقای مهندس حسین شریعت‌مداری که همواره مرا از لطف، بزرگواری و راهنمایی‌های ارزنده خود برخوردار نمودند، صمیمانه سپاسگزارم. در انتهای از خواهران، برادران و همه کسانی که طول زندگی ام مرا یاری نموده و همراهیم کردند و بسیار از آنان آموختم شکر و قدردانی نموده و از خداوند برای تمامی ایشان توفیقی افزون را خواستارم.

## چکیده

به منظور بررسی تأثیر گلايسين‌بتائين بر مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی آفتابگردان و سویا در شرایط تنش‌های شوری، خشکی و سرما سه آزمایش مجزا در سال ۱۳۸۹ در دانشکده کشاورزی بیرجند، انجام گرفت. آزمایش اول به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار، با هدف تأثیر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين در ۵ سطح (صفر، ۲، ۴، ۸ و ۱۶ میلی‌مولار) بر تخفیف تنش شوری (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) و تنش خشکی (صفر، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۶ - مگاپاسکال) در مرحله جوانه‌زنی انجام شد. نتایج نشان داد که تنش‌های شوری و خشکی موجب کاهش معنی‌داری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در کلیه غلظت‌های گلايسين‌بتائين شد. بذور آفتابگردان و سویا واکنش مثبتی به تیمار با گلايسين‌بتائين نشان دادند، به طوری که غلظت‌های ۴ و ۸ میلی‌مولار گلايسين‌بتائين در گیاه آفتابگردان و غلظت‌های ۸ و ۱۶ میلی‌مولار گلايسين‌بتائين در گیاه سویا به طور معنی‌داری موجب تخفیف شرایط تنش‌های شوری و خشکی شد. آزمایش دوم، اثر استعمال برگی گلايسين‌بتائين در غلظت‌های (صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) در مرحله رشد رویشی بر کاهش اثرات تنش شوری (صفر، ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که شوری موجب کاهش معنی‌دار تمام پارامترهای مورد ارزیابی در تمام سطوح گلايسين‌بتائين شد. با این حال پاشش برگی گلايسين‌بتائين در غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار در گیاه آفتابگردان و غلظت‌های ۱۰ و ۲۵ میلی‌مولار در گیاه سویا موجب بهبود شرایط تنش شد، هر چند اعمال غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار گلايسين‌بتائين موجب تشدید اثرات مضر تنش در هر دو گیاه گردید. آزمایش سوم، تأثیر پاشش برگی گلايسين‌بتائين (صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) بر افزایش تحمل به سرما (۴°C) در گیاه سویا به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که گیاهان پاشش شده با گلايسين‌بتائين به لحاظ چشمی در وضعیت بهتری قرار داشتند و صدمات سرمائی را بیشتر تحمل کردند. به علاوه شاخص SPAD و وزن خشک ریشه و اندام هوایی به طور معنی‌داری بالاتر از گیاهان بدون پاشش گلايسين‌بتائين بود. گرچه میزان نشت الکترولیت گیاهان در سطوح ۱۰ تا ۵۰ میلی‌مولار کاهش یافت اما، با بالا رفتن غلظت گلايسين‌بتائين میزان نشت افزایش یافت. در کل استعمال برگی گلايسين‌بتائين موجب ثبات کلروفیل، حفظ پایداری غشاهای سلولی و بهبود تحمل به سرما در سویا شد.

**کلمات کلیدی:** گلايسين‌بتائين، تنش، جوانه‌زنی، رشد رویشی، آفتابگردان، سویا

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

چکیده

### فصل اول : مقدمه

مقدمه ..... ۱

### فصل دوم : بررسی منابع

۱-۲ آفتابگردان ..... ۱۱

۱-۱-۲ مقدمه ..... ۱۱

۲-۱-۲ خصوصیات گیاهشناسی ..... ۱۱

۳-۱-۲ سازگاری ..... ۱۱

۴-۱-۲ مراحل نمو آفتابگردان ..... ۱۲

۵-۱-۲ جوانه زنی ..... ۱۳

۶-۱-۲ رشد برگ ..... ۱۴

۷-۱-۲ رشد ریشه ..... ۱۵

۲-۲ سویا ..... ۱۵

۱-۲-۲ مقدمه ..... ۱۵

۲-۲-۲ خصوصیات گیاهشناسی ..... ۱۶

۳-۲-۲ سازگاری ..... ۱۶

۴-۲-۲ مراحل نمو سویا ..... ۱۷

۵-۲-۲ جوانه زنی ..... ۱۹

۶-۲-۲ رشد برگ ..... ۱۹

۷-۲-۲ رشد ریشه ..... ۲۰

۳-۲ تنش شوری ..... ۲۲

۱-۳-۲ تنش شوری در مراحل جوانه زنی ..... ۲۲

۲-۳-۲ تنش شوری در مرحله رشد رویشی ..... ۲۴

۴-۲ تنش خشکی ..... ۲۷

- ۲-۴-۱ تنش خشکی در مراحل جوانه‌زنی..... ۲۷
- ۲-۴-۲ تنش خشکی در مرحله رشد رویشی ..... ۲۹
- ۲-۵ تنش سرما ..... ۳۱
- ۲-۶ مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌ها ..... ۳۳
- ۲-۶-۱ مکانیسم‌های مقاومت به تنش سرما ..... ۳۳
- ۲-۶-۱-۱ تحمل به سرما ..... ۳۳
- ۲-۶-۲ مکانیسم‌های مقاومت به خشکی ..... ۳۴
- ۲-۶-۲-۱ مکانیسم‌های تحمل به خشکی ..... ۳۵
- ۲-۶-۲-۲ ژنتیک مقاومت به خشکی ..... ۳۵
- ۲-۶-۳ مکانیسم‌های مقاومت به شوری ..... ۳۶
- ۲-۶-۳-۱ کنار زنی نمک ..... ۳۶
- ۲-۶-۳-۲ برون ریزی نمک ..... ۳۶
- ۲-۶-۳-۳ گوشتی شدن ..... ۳۷
- ۲-۶-۳-۴ تعدیل اسمزی ..... ۳۷
- ۲-۷-۷ تنظیم اسمزی ..... ۳۸
- ۲-۷-۱-۱ تنظیم اسمزی با محلول غیر آلی ..... ۳۹
- ۲-۷-۲-۱ تنظیم اسمزی با محلول‌های آلی ..... ۴۰
- ۲-۷-۲-۱-۱ اسیدهای آلی، قندها و پلی‌اول‌ها ..... ۴۱
- ۲-۷-۲-۲ پرولین ..... ۴۲
- ۲-۷-۲-۳ گلیسین‌بتائین ..... ۴۵
- ۲-۷-۲-۳-۱ تولید طبیعی ..... ۴۵
- ۲-۷-۲-۳-۲ تجمع گلیسین‌بتائین در گیاهان..... ۴۷
- ۲-۸-۸ استعمال خارجی گلیسین‌بتائین ..... ۴۸
- ۲-۸-۱-۱ استعمال خارجی گلیسین‌بتائین در مرحله جوانه‌زنی ( تیمار بذر ) ..... ۴۹
- ۲-۸-۲ استعمال برگ‌گی گلیسین‌بتائین ..... ۵۲
- ۲-۸-۲-۱ استعمال برگ‌گی گلیسین‌بتائین تحت تنش سرما ..... ۵۲
- ۲-۸-۲-۲ استعمال برگ‌گی گلیسین‌بتائین تحت تنش خشکی ..... ۵۳
- ۲-۸-۲-۳ استعمال برگ‌گی گلیسین‌بتائین تحت تنش شوری ..... ۵۵

۹-۲- غلظت‌های مؤثر استعمال خارجی گلايسين بتائين ..... ۵۷.

### فصل سوم : مواد و روش‌ها

- ۳-۱ زمان و مکان اجرای آزمایش ..... ۶۰.
- ۳-۲ بخش آزمایشگاهی ..... ۶۰.
- ۳-۲-۱ تیمار بذور با گلايسين بتائين تحت تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی ..... ۶۰.
- ۳-۲-۲ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين تحت تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی ..... ۶۱.
- ۳-۳ بخش گلخانه‌ای ..... ۶۳.
- ۳-۳-۱ استعمال برگی گلايسين بتائين تحت شرایط آبیاری با آب شور در مرحله رشد رویشی ..... ۶۳.
- ۳-۳-۲ استعمال برگی گلايسين بتائين تحت تنش سرما در مرحله رشد رویشی ..... ۶۴.
- ۳-۴ تجزیه و تحلیل آماری ..... ۶۶.

### فصل چهارم : نتایج و بحث

- ۴-۱ بخش آزمایشگاهی ..... ۶۸.
- ۴-۱-۱ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر خصوصیات جوانه زنی بذور آفتابگردان و سویا تحت تنش شوری ..... ۶۸.
- ۴-۱-۱-۱ درصد جوانه‌زنی ..... ۶۸.
- ۴-۱-۱-۱-۱ درصد جوانه‌زنی آفتابگردان ..... ۶۸.
- ۴-۱-۱-۱-۲ درصد جوانه زنی سویا ..... ۷۰.
- ۴-۱-۱-۲ سرعت جوانه زنی ..... ۷۲.
- ۴-۱-۱-۲-۱ سرعت جوانه زنی آفتابگردان ..... ۷۲.
- ۴-۱-۱-۲-۲ سرعت جوانه‌زنی سویا ..... ۷۵.
- ۴-۱-۱-۳ طول ریشه چه ..... ۷۶.
- ۴-۱-۱-۳-۱ طول ریشه چه آفتابگردان ..... ۷۶.
- ۴-۱-۱-۳-۲ طول ریشه چه سویا ..... ۷۹.
- ۴-۱-۱-۴ طول ساقه چه ..... ۸۱.
- ۴-۱-۱-۴-۱ طول ساقه چه آفتابگردان ..... ۸۱.
- ۴-۱-۱-۴-۲ طول ساقه چه سویا ..... ۸۳.
- ۴-۱-۱-۵ وزن خشک ریشه چه ..... ۸۵.



- ۸۵..... ۱-۱-۱-۵-۱ وزن خشک ریشه‌چه آفتابگردان
- ۸۷..... ۱-۱-۱-۵-۲ وزن خشک ریشه‌چه سویا
- ۸۹..... ۱-۱-۱-۶-۱ وزن خشک ساقه‌چه
- ۸۹..... ۱-۱-۱-۶-۱ وزن خشک ساقه‌چه آفتابگردان
- ۹۱..... ۱-۱-۱-۶-۲ وزن خشک ساقه‌چه سویا
- ۹۳..... ۱-۱-۲-۱-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر خصوصيات جوانه زنی بذور آفتابگردان و سویا تحت تنش خشکی
- ۹۳..... ۱-۱-۲-۱-۴ درصد جوانه‌زنی
- ۹۳..... ۱-۱-۲-۱-۴ درصد جوانه‌زنی آفتابگردان
- ۹۶..... ۱-۱-۲-۱-۴ درصد جوانه‌زنی سویا
- ۹۸..... ۱-۱-۲-۲-۱-۴ سرعت جوانه زنی
- ۹۸..... ۱-۱-۲-۲-۱-۴ سرعت جوانه زنی آفتابگردان
- ۱۰۱..... ۱-۱-۲-۲-۲-۱-۴ سرعت جوانه زنی سویا
- ۱۰۳..... ۱-۱-۲-۳-۱-۴ طول ریشه‌چه
- ۱۰۳..... ۱-۱-۲-۳-۱-۴ طول ریشه‌چه آفتابگردان
- ۱۰۶..... ۱-۱-۲-۳-۲-۱-۴ طول ریشه‌چه سویا
- ۱۰۸..... ۱-۱-۲-۴-۱-۴ طول ساقه‌چه
- ۱۰۸..... ۱-۱-۲-۴-۱-۴ طول ساقه‌چه آفتابگردان
- ۱۱۰..... ۱-۱-۲-۴-۲-۱-۴ طول ساقه‌چه سویا
- ۱۱۳..... ۱-۱-۲-۵-۱-۴ وزن خشک ریشه‌چه
- ۱۱۳..... ۱-۱-۲-۵-۱-۴ وزن خشک ریشه‌چه آفتابگردان
- ۱۱۵..... ۱-۱-۲-۵-۲-۱-۴ وزن خشک ریشه‌چه سویا
- ۱۱۷..... ۱-۱-۲-۶-۱-۴ وزن خشک ساقه‌چه
- ۱۱۷..... ۱-۱-۲-۶-۱-۴ وزن خشک ساقه‌چه آفتابگردان
- ۱۲۰..... ۱-۱-۲-۶-۲-۱-۴ وزن خشک ساقه‌چه سویا
- ۱۲۲..... ۱-۱-۲-۷-۲-۱-۴ بخش گلخانه‌ای
- ۱۲۲..... ۱-۱-۲-۷-۲-۱-۴ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر رشد گیاهان آفتابگردان و سویا تحت شرایط آبیاری با آب شور در مرحله‌ی رشد رویشی
- ۱۲۲..... ۱-۱-۲-۷-۲-۱-۴ خصوصیات مرفولوژیکی

۱۲۲	..... ارتفاع گیاه..... ۱-۱-۲-۴
۱۲۲	..... ارتفاع گیاه آفتابگردان..... ۱-۱-۱-۲-۴
۱۲۵	..... ارتفاع گیاه سویا..... ۲-۱-۱-۲-۴
۱۲۸	..... تعداد برگ گیاه..... ۲-۱-۲-۴
۱۲۸	..... تعداد برگ گیاه آفتابگردان..... ۱-۲-۱-۲-۴
۱۳۰	..... تعداد برگ گیاه سویا..... ۲-۲-۱-۲-۴
۱۳۱	..... وزن خشک اندام هوایی..... ۳-۱-۲-۴
۱۳۱	..... وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان..... ۱-۳-۱-۲-۴
۱۳۴	..... وزن خشک اندام هوایی سویا..... ۲-۳-۱-۲-۴
۱۳۷	..... وزن خشک ریشه..... ۴-۱-۲-۴
۱۳۷	..... وزن خشک ریشه آفتابگردان..... ۱-۴-۱-۲-۴
۱۴۰	..... وزن خشک ریشه سویا..... ۲-۴-۱-۲-۴
۱۴۳	..... خصوصیات فیزیولوژیکی..... ۲-۲-۴
۱۴۳	..... شاخص SPAD..... ۱-۲-۲-۴
۱۴۳	..... شاخص SPAD آفتابگردان..... ۱-۱-۲-۲-۴
۱۴۶	..... شاخص SPAD سویا..... ۲-۱-۲-۲-۴
۱۴۹	..... هدایت روزنه‌ای..... ۲-۲-۲-۴
۱۴۹	..... هدایت روزنه‌ای آفتابگردان..... ۱-۲-۲-۲-۴
۱۵۲	..... هدایت روزنه‌ای سویا..... ۲-۲-۲-۲-۴
۱۵۵	..... شاخص سطح برگ..... ۳-۲-۲-۴
۱۵۵	..... شاخص سطح برگ آفتابگردان..... ۱-۳-۲-۲-۴
۱۵۸	..... شاخص سطح برگ سویا..... ۱-۳-۲-۲-۴
۱۶۰	..... محتوای نسبی آب برگ..... ۴-۲-۲-۴
۱۶۰	..... محتوای نسبی آب برگ آفتابگردان..... ۱-۴-۲-۲-۴
۱۶۲	..... محتوای نسبی آب برگ سویا..... ۲-۴-۲-۲-۴
۱۶۴	..... استعمال برگی گلايسين‌بتائين بر گیاهان سویا تحت تنش سرما..... ۳-۲-۴
۱۶۴	..... رتبه‌بندی چشمی..... ۱-۳-۲-۴
۱۶۶	..... شاخص SPAD..... ۲-۳-۲-۴

۱۶۸	.....نشست الکترولیت.....۳-۳-۲-۴
۱۷۰	.....وزن خشک ریشه.....۴-۳-۲-۴
۱۷۱	.....وزن خشک اندام هوایی.....۴-۳-۲-۴
۱۷۲	.....نتیجه گیری کلی.....
۱۷۴	.....پیشنهادات.....

### فصل پنجم : منابع و مأخذ

۱۷۵	.....منابع و مأخذ.....
۲۱۷	.....پیوست.....
۲۲۹	.....چکیده انگلیسی.....

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ خلاصه‌ی مراحل نمو گیاه سویا .....	۱۸
جدول ۱-۳ رتبه‌بندی چشمی گیاهان بر اساس درصد خسارت سرمائی با استفاده از جدول نمره‌دهی EWRS .....	۶۵
جدول ۱-۴ رتبه‌بندی چشمی گیاهان سویا بر اساس درصد خسارت سرمائی با استفاده از جدول نمره-دهی EWRS .....	۱۶۶
جدول پیوست ۱- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاهان آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش شوری .....	۲۱۸
جدول پیوست ۲- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ی گیاهان آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش شوری .....	۲۱۹
جدول پیوست ۳- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ی گیاهان آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش شوری .....	۲۲۰
جدول پیوست ۴- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاهان آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش خشکی .....	۲۲۱
جدول پیوست ۵- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ی گیاهان آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش خشکی .....	۲۲۲
جدول پیوست ۶- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ی گیاهان آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش خشکی .....	۲۲۳
جدول پیوست ۷- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات ارتفاع گیاه و تعداد کل برگ گیاهان آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش شوری .....	۲۲۴
جدول پیوست ۸- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات وزن خشک ساقه و ریشه‌ی آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش شوری .....	۲۲۵
جدول پیوست ۹- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات شاخص SPAD و هدایت روزنه‌ی آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش شوری .....	۲۲۶
جدول پیوست ۱۰- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات صفات شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ آفتابگردان و سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين و تنش شوری .....	۲۲۷
جدول پیوست ۱۱- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات پارامترهای اندازه‌گیری شده تحت تأثیر پاشش برگی گلايسين‌بتائين بر گیاه سویا تحت تنش سرما .....	۲۲۸

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴۷	شکل ۱-۲ مسیر بیوسنتز گلايسين بتائين در گياهان عالی.....
۶۹	شکل ۱-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر درصد جوانه زنی آفتابگردان تحت تنش شوری.....
۷۰	شکل ۲-۴ برآزش مدل لجستیک سه پارامتری بر داده های مربوط به درصد جوانه زنی آفتابگردان تحت تأثیر اثر متقابل شوری و گلايسين بتائين.....
۷۱	شکل ۳-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر درصد جوانه زنی سویا تحت تنش شوری.....
۷۲	شکل ۴-۴ برآزش مدل لجستیک سه پارامتری بر داده های مربوط به درصد جوانه زنی سویا تحت تأثیر اثر متقابل شوری و گلايسين بتائين.....
۷۳	شکل ۵-۴ سرعت جوانه زنی آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری.....
۷۴	شکل ۶-۴ سرعت جوانه زنی آفتابگردان تحت تأثیر سطوح گلايسين بتائين.....
۷۶	شکل ۷-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر سرعت جوانه زنی سویا تحت تنش شوری.....
۷۷	شکل ۸-۴ طول ریشه چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری.....
۷۷	شکل ۹-۴ طول ریشه چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين بتائين.....
۷۸	شکل ۱۰-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر طول ریشه چه آفتابگردان تحت تنش شوری.....
۷۹	شکل ۱۱-۴ طول ریشه چه سویا تحت تأثیر تنش شوری.....
۸۰	شکل ۱۲-۴ طول ریشه چه سویا تحت تأثیر سطوح گلايسين بتائين.....
۸۰	شکل ۱۳-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر طول ریشه چه سویا تحت تنش شوری.....
۸۱	شکل ۱۴-۴ طول ساقه چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری.....
۸۲	شکل ۱۵-۴ طول ساقه چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين بتائين.....
۸۳	شکل ۱۶-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر طول ساقه چه آفتابگردان تحت تنش شوری.....
۸۳	شکل ۱۷-۴ طول ساقه چه سویا تحت تأثیر تنش شوری.....
۸۴	شکل ۱۸-۴ طول ساقه چه سویا تحت تأثیر سطوح گلايسين بتائين.....
۸۵	شکل ۱۹-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر طول ساقه چه سویا تحت تنش شوری.....
۸۶	شکل ۲۰-۴ وزن خشک ریشه چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری.....
۸۶	شکل ۲۱-۴ وزن خشک ریشه چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين بتائين.....
۸۷	شکل ۲۲-۴ اثر تیمار بذور با گلايسين بتائين بر وزن خشک ریشه چه آفتابگردان تحت تنش شوری.....

- شکل ۴-۲۳ وزن خشک ریشه‌چه سویا تحت تأثیر تنش شوری..... ۸۸
- شکل ۴-۲۴ وزن خشک ریشه‌چه سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۸۸
- شکل ۴-۲۵ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر وزن خشک ریشه‌چه‌ی سویا تحت تنش شوری..... ۸۹
- شکل ۴-۲۶ وزن خشک ساقه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری..... ۹۰
- شکل ۴-۲۷ وزن خشک ساقه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۹۰
- شکل ۴-۲۸ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر وزن خشک ساقه‌چه‌ی آفتابگردان تحت تنش شوری.. ۹۱
- شکل ۴-۲۹ وزن خشک ساقه‌چه سویا تحت تأثیر تنش شوری..... ۹۲
- شکل ۴-۳۰ وزن خشک ساقه‌چه سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۹۲
- شکل ۴-۳۱ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر وزن خشک ساقه‌چه‌ی سویا تحت تنش شوری..... ۹۳
- شکل ۴-۳۲ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر درصد جوانه‌زنی آفتابگردان تحت تنش خشکی..... ۹۴
- شکل ۴-۳۳ برازش مدل لجستیک سه پارامتری بر داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی آفتابگردان تحت تأثیر اثر متقابل خشکی و گلايسين‌بتائين..... ۹۵
- شکل ۴-۳۴ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر درصد جوانه‌زنی سویا تحت تنش خشکی..... ۹۷
- شکل ۴-۳۵ برازش مدل لجستیک سه پارامتری بر داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی سویا تحت تأثیر اثر متقابل خشکی و گلايسين‌بتائين..... ۹۸
- شکل ۴-۳۶ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر سرعت جوانه‌زنی آفتابگردان تحت تنش خشکی..... ۹۹
- شکل ۴-۳۷ برازش مدل لجستیک سه پارامتری بر داده‌های مربوط به سرعت جوانه‌زنی آفتابگردان تحت تأثیر اثر متقابل خشکی و گلايسين‌بتائين..... ۱۰۰
- شکل ۴-۳۸ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر سرعت جوانه‌زنی سویا تحت تنش خشکی..... ۱۰۲
- شکل ۴-۳۹ برازش مدل لجستیک سه پارامتری بر داده‌های مربوط به سرعت جوانه‌زنی سویا تحت تأثیر اثر متقابل خشکی و گلايسين‌بتائين..... ۱۰۳
- شکل ۴-۴۰ طول ریشه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۰۴
- شکل ۴-۴۱ طول ریشه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۰۴
- شکل ۴-۴۲ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر طول ریشه‌چه آفتابگردان تحت تنش خشکی..... ۱۰۵
- شکل ۴-۴۳ طول ریشه‌چه سویا تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۰۶
- شکل ۴-۴۴ طول ریشه‌چه سویا تحت تأثیر سطوح گلايسين‌بتائين..... ۱۰۷
- شکل ۴-۴۵ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر طول ریشه‌چه سویا تحت تنش خشکی..... ۱۰۸
- شکل ۴-۴۶ طول ساقه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۰۹
- شکل ۴-۴۷ طول ساقه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۰۹
- شکل ۴-۴۸ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر طول ساقه‌چه آفتابگردان تحت تنش خشکی..... ۱۱۰

- شکل ۴-۴۹ طول ساقه‌چه سویا تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۱۱
- شکل ۴-۵۰ طول ساقه‌چه سویا تحت تأثیر سطوح گلايسين‌بتائين..... ۱۱۲
- شکل ۴-۵۱ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر طول ساقه‌چه سویا تحت تنش خشکی..... ۱۱۲
- شکل ۴-۵۲ وزن خشک ریشه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۱۳
- شکل ۴-۵۳ وزن خشک ریشه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۱۴
- شکل ۴-۵۴ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر وزن خشک ریشه‌چه آفتابگردان تحت تنش خشکی.. ۱۱۵
- شکل ۴-۵۵ وزن خشک ریشه‌چه سویا تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۱۶
- شکل ۴-۵۶ وزن خشک ریشه‌چه سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۱۶
- شکل ۴-۵۷ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر وزن خشک ریشه‌چه سویا تحت تنش خشکی..... ۱۱۷
- شکل ۴-۵۸ وزن خشک ساقه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۱۸
- شکل ۴-۵۹ وزن خشک ساقه‌چه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۱۸
- شکل ۴-۶۰ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر وزن خشک ساقه‌چه آفتابگردان تحت تنش خشکی... ۱۲۰
- شکل ۴-۶۱ وزن خشک ساقه‌چه سویا تحت تأثیر تنش خشکی..... ۱۲۰
- شکل ۴-۶۲ وزن خشک ساقه‌چه سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۲۱
- شکل ۴-۶۳ اثر تیمار بذور با گلايسين‌بتائين بر وزن خشک ساقه‌چه سویا تحت تنش خشکی..... ۱۲۲
- شکل ۴-۶۴ ارتفاع گیاه آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۲۳
- شکل ۴-۶۵ ارتفاع گیاه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۲۴
- شکل ۴-۶۶ اثر استعمال برگی گلايسين‌بتائين بر ارتفاع گیاه آفتابگردان تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۲۵
- شکل ۴-۶۷ ارتفاع گیاه سویا تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۲۶
- شکل ۴-۶۸ ارتفاع گیاه سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۲۷
- شکل ۴-۶۹ اثر استعمال برگی گلايسين‌بتائين بر ارتفاع گیاه سویا تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۲۸
- شکل ۴-۷۰ تعداد برگ گیاه آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۲۹
- شکل ۴-۷۱ تعداد برگ گیاه آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۳۰
- شکل ۴-۷۲ تعداد برگ گیاه سویا تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۳۰
- شکل ۴-۷۳ تعداد برگ گیاه سویا تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۳۱
- شکل ۴-۷۴ وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۳۲
- شکل ۴-۷۵ وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين‌بتائين..... ۱۳۳

- شکل ۴-۷۶ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۳۴
- شکل ۴-۷۷ وزن خشک اندام هوایی سویا تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۳۵
- شکل ۴-۷۸ وزن خشک اندام هوایی سویا تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۳۵
- شکل ۴-۷۹ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر وزن خشک اندام هوایی سویا تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۳۶
- شکل ۴-۸۰ وزن خشک ریشه‌ی آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۳۸
- شکل ۴-۸۱ وزن خشک ریشه‌ی آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۳۸
- شکل ۴-۸۲ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر وزن خشک ریشه آفتابگردان تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۴۰
- شکل ۴-۸۳ وزن خشک ریشه‌ی سویا تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۴۱
- شکل ۴-۸۴ وزن خشک ریشه‌ی سویا تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۴۲
- شکل ۴-۸۵ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر وزن خشک ریشه سویا تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۴۳
- شکل ۴-۸۶ شاخص SPAD آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۴۴
- شکل ۴-۸۷ شاخص SPAD آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۴۵
- شکل ۴-۸۸ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر شاخص SPAD آفتابگردان تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۴۶
- شکل ۴-۸۹ شاخص SPAD گیاه سویا تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۴۷
- شکل ۴-۹۰ شاخص SPAD سویا تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۴۸
- شکل ۴-۹۱ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر شاخص SPAD سویا تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۴۹
- شکل ۴-۹۲ هدایت روزنه‌ای آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۵۰
- شکل ۴-۹۳ هدایت روزنه‌ای آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۵۱
- شکل ۴-۹۴ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر هدایت روزنه‌ای آفتابگردان تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۵۲
- شکل ۴-۵۶ هدایت روزنه‌ای سویا تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۵۳
- شکل ۴-۹۶ هدایت روزنه‌ای سویا تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۵۴
- شکل ۴-۹۷ اثر استعمال برگی گلايسين بتائين بر هدایت روزنه‌ای سویا تحت شرایط شوری آب آبیاری..... ۱۵۵
- شکل ۴-۹۸ شاخص سطح برگ آفتابگردان تحت تأثیر تنش شوری آب آبیاری..... ۱۵۶



- شکل ۹۹-۴ شاخص سطح برگ آفتابگردان تحت تأثیر گلايسين بتائين..... ۱۵۷
- شکل ۱۰۰-۴ اثر استعمال برگي گلايسين بتائين بر شاخص سطح برگ آفتابگردان تحت شرايط شوري آب آبياري..... ۱۵۸
- شکل ۱۰۱-۴ شاخص سطح برگ سويا تحت تأثير تنش شوري آب آبياري..... ۱۵۹
- شکل ۱۰۲-۴ شاخص سطح برگ سويا تحت تأثير گلايسين بتائين..... ۱۶۰
- شکل ۱۰۳-۴ محتوای نسبي آب برگ آفتابگردان تحت تأثير تنش شوري آب آبياري..... ۱۶۱
- شکل ۱۰۴-۴ محتوای نسبي آب برگ آفتابگردان تحت تأثير گلايسين بتائين..... ۱۶۱
- شکل ۱۰۵-۴ اثر استعمال برگي گلايسين بتائين بر محتوای نسبي آب برگ آفتابگردان تحت شرايط شوري آب آبياري..... ۱۶۲
- شکل ۱۰۶-۴ محتوای نسبي آب برگ سويا تحت تأثير تنش شوري آب آبياري..... ۱۶۳
- شکل ۱۰۷-۴ محتوای نسبي آب برگ سويا تحت تأثير گلايسين بتائين..... ۱۶۴
- شکل ۱۰۸-۴ اثر استعمال برگي گلايسين بتائين بر رتبه بندي چشمي گياهان سويا (ميانه سه تکرار) تحت تنش سرما..... ۱۶۵
- شکل ۱۰۹-۴ اثر استعمال برگي گلايسين بتائين بر شاخص SPAD گياهان سويا تحت تنش سرما..... ۱۶۷
- شکل ۱۱۰-۴ اثر استعمال برگي گلايسين بتائين بر نشت الکتروليت گياهان سويا تحت تنش سرما.... ۱۶۸
- شکل ۱۱۱-۴ اثر استعمال برگي گلايسين بتائين بر وزن خشک ريشه گياهان سويا تحت تنش سرما. ۱۷۰
- شکل ۱۱۲-۴ اثر استعمال برگي گلايسين بتائين بر وزن خشک اندام هوایی گياهان سويا تحت تنش سرما..... ۱۷۱

# فصل اول

مقدمه

## مقدمه

گیاهان دارای پتانسیل تولید بالایی هستند ولی تنش‌های محیطی، مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان به شمار می‌روند. در محیط فاقد تنش‌های محیطی، عملکردهای واقعی باید برابر با عملکردهای پتانسیل گیاهان می‌بود، در حالی که در بسیاری از گیاهان زراعی متوسط عملکرد واقعی گیاهان کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد پتانسیل عملکرد آنها است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

تنش باعث تغییراتی در عملکرد طبیعی و فیزیولوژیکی تمامی گیاهان، از جمله گیاهانی که از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت هستند مانند نباتات صنعتی، می‌شود. تمامی این تنش‌ها باعث کاهش ظرفیت بیوسنتزی گیاهان شده و در نهایت منجر به آسیب‌هایی می‌شوند که به تخریب گیاه و محصول حاصل از آن می‌انجامد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۸).

هر عاملی که مراحل متابولیسم طبیعی یک گیاه را متوقف و یا محدود کند تنش محسوب می‌شود. تنش‌های محیطی به دو دسته عمده زیستی و فیزیکی شیمیایی یا غیر زیستی تقسیم می‌شوند (پورداد و بگ، ۲۰۰۳). تنش‌های زیستی یا زنده شامل قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و حشرات می‌باشند و تنش‌های فیزیکی شیمیایی یا غیر زنده نیز خود به پنج دسته تقسیم می‌شوند که از بین آنها خشکی، شوری و دما به علت بر خورداری از گستردگی جهانی بیشتر مطالعه شده‌اند (سرمدنی، ۱۳۷۲).

تنش‌های غیر زنده عامل مهم کاهش ۷۱ درصدی عملکرد محصولات زراعی در سطح جهان بوده که برای تنش خشکی ۱۷ درصد، شوری ۲۰ درصد، دمای بالا ۴۰ درصد، دمای پائین ۱۵ درصد و سایر عوامل ۸ درصد تخمین زده می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). خسارت تنش‌های شوری، کمبود آب و دما بر گیاهان زراعی در سطح جهان در مقایسه با سایر تنش‌ها بیشتر مورد توجه هستند (دودال، ۱۹۷۶).

شوری خاک یکی از عمده ترین مشکلات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه خشک دنیا است (سادات نوری و نیلی، ۲۰۰۰). و یکی از مهمترین مشکلات کشاورزی ایران نیز محسوب می‌شود. ۲۰ درصد کل اراضی ایران (۳۴ میلیون هکتار) تحت تأثیر شوری قرار دارند (فائو، ۲۰۰۰). براساس مطالعات انجام شده سطح کل اراضی فاریاب ایران حدود ۸/۱ میلیون هکتار است که تقریباً نیمی از آن یعنی ۴/۰۵ میلیون هکتار به درجات مختلف، مبتلا به تنش شوری می‌باشند (ای سی آی دی، ۲۰۰۲). با قرار گرفتن ایران در کمربند مناطق خشک و نیمه خشک و همچنین افزایش روزافزون جمعیت و متعاقب آن، فزونی گرفتن نیاز غذایی بویژه پروتئین، لزوم بهره‌برداری از گیاهان با درجه سازگاری بالا و استفاده از آب‌های شور در این گونه اقلیم‌ها بیش از پیش احساس می‌شود (ناخدا و همکاران، ۱۳۷۹).

تعاریف مختلفی برای پدیده شوری پیشنهاد شده است. تانجی (۱۹۹۵) شوری را حضور میزان بالای املاح معدنی در آب و خاک تعریف کرده است. کلرورها و سولفات‌ها به علت حلالیت زیاد مهم‌ترین عامل بروز عوارض ناشی از شوری می‌باشند (بلوم و همکاران ۱۹۸۴). اکثر تنش‌های حاصله از املاح در طبیعت به نمک-های سدیم مربوط می‌شود (فولر، ۱۹۹۱). تجمع کلرید سدیم در خاک، حاصلخیزی آن را کاهش داده و برای جبران حاصلخیزی از دست رفته مقدار زیادی آب، انرژی و مدیریت دقیق نیاز می‌باشد. غلظت‌های بالای نمک در خاک بدلیل تخریب ساختمان خاک، تولید محصول گیاهان زراعی را کاهش داده و باعث فرسایش خاک می‌شود (کانز و کارول، ۱۹۹۹). به دلیل افزایش روز افزون نیاز به آب در بخش کشاورزی فاریاب و رقابت بین مصارف انسانی، صنعتی و کشاورزی، استفاده از آب شور برای آبیاری بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (کاتریج و همکاران، ۲۰۰۰). تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است و به طور جدی بقا و بازدهی محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تغییرات مهم در هموستازی یون و آب ناشی از غلظت بالای نمک منجر به آسیب‌های مولکولی، توقف رشد و حتی مرگ می‌شود (دمیرال و ترکان، ۲۰۰۶).

از دیدگاه کشاورزی، خشکی عبارت است از ناکافی بودن مقدار و توزیع آب قابل استفاده در طی دوره رشد گیاه که این امر موجب کاهش بروز توان کامل ژنتیکی گیاه می‌گردد. خشکی عامل اصلی محدود کننده تولیدات کشاورزی می‌باشد که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول‌دهی باز می‌دارد (میترا، ۲۰۰۱).