



11572



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زیست‌شناسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی علوم گیاهی

گرایش فیزیولوژی گیاهی

بررسی اثر تنش شوری (NaCl) روی رشد رویشی و میزان پرولین گیاه زردچوبه  
(*Curcuma longa* L.) در شرایط کنترل شده

استاد راهنما:

دکتر اکبر مستاجران

استاد مشاور:

دکتر علی اکبر احسانپور

پژوهشگر:

عالیه غلامی نژاد

اطلاعات درک ملی  
تسبیح درک

۳۸۸ / ۴ / ۶

خرداد ماه ۱۳۸۷

۱۱۴۸۸۴

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این  
پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زیست شناسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی علوم گیاهی گرایش فیزیولوژی

گیاهی خانم عالیه غلامی نژاد تحت عنوان

بررسی اثر تنش شوری (NaCl) روی رشد رویشی و میزان پرولین گیاه زردچوبه  
(*Curcuma longa* L.) در شرایط کنترل شده

در تاریخ ۸۷/۳/۲۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر اکبر مستاجران با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

۲- استاد مشاور پایان نامه دکتر علی اکبر احسانپور با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

۳- استاد داور داخل گروه دکتر منصور شریعتی با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر غلامرضا اصغری با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

امضای مدیر گروه

## به نام هستی بخش جهان آرای

سپاس خدای را عز و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. خدای بی نیازی که شکر گذاری را وسیله ای قرار داد برای تعالی روح بشر و اگر در ذیل از بندگان او تقدیر می شود به فرمایش مولای اوست که فرمود: هر کس مرا کلامی بیاموزد بعد از خدای عمری بنده اویم.

در این راستا بر خود واجب می دانم که از استاد ارجمند جناب آقای دکتر اکبر مستاجران که با نهایت لطف راهنمایی این پایان نامه را به عهده گرفتند و در طول مراحل اجرایی و نگارش این رساله صمیمانه با بنده همکاری و همراهی نمودند و از هیچ کمکی دریغ نفرمودند مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر علی اکبر احسانپور که در سمت مشاور این رساله مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی می نمایم. به علاوه از جناب آقای دکتر اصغری عضو هیئت علمی دانشکده داروسازی که در انجام هرچه پر بارتر بخش هایی از این پایان نامه از هیچ یاری کوتاهی ننمودند و داوری این رساله را نیز پذیرفتند سپاسگزارم. در این راستا بر خود لازم می دانم که از جناب آقای دکتر شریعتی که داوری این پایان نامه را متقبل شدند تشکر نمایم.

از جمیع اساتید گروه زیست شناسی به خصوص بخش گیاهی که در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد از محضر گرامی شان کسب فیض نمودم قدردانی می کنم و مراتب سپاسگزاری خود را از کادر اجرایی گروه آقای دکتر قادریان مدیریت گروه و آقای دکتر متولی زاده معاونت گروه اعلام می نمایم.

از همراهی کلیه دوستان دانشجوی به خصوص از همکار گرامی آقای شبلی که در مراحل اجرایی این پروژه مرا یاری کردند و حسن همراهی آقای رحیمی و دوستان عزیزم خانم ها: دهقانی، صفوی و شجاعی قدردانی نموده و از خداوند متعال موفقیت روز افزون آن ها را خواستارم.

تقدیم به آنانی که دوستشان دارم:

پدر گرامی ام	که علم اندوزی را در نظرم بزرگ جلوه داد.
مادر مهربانم	که زبانم از شکر زحماتش عاجز است.
خواهران خوبم	که شادیشان در موفقیت‌هایم مشوق من در ادامه این مسیر بود.
و همسر عزیزم	که با ورودش به زندگی‌ام پایانی دل‌انگیز را بر این کوشش رقم زد.

و تقدیم به همه ره‌پویان طریق حقیقت:

که علم را وسیله‌ای می‌دانند برای فهم بیشتر کائنات و درک والاتر  
عظمت پروردگار و اینانند که با شناخت راه‌های بهره‌مندی  
زیباتر از مواهبش او را به احسن وجه شکر گزارند.

## چکیده:

زردچوبه (*Curcuma longa* L.) یک گیاه ریزوم دار چند ساله از خانواده Zingiberacea است که بومی جنوب آسیاست و در سطح وسیعی در مناطق گرمسیری دنیا مانند هند، چین، پاکستان، ژاپن، تایلند، سریلانکا و برزیل کشت می‌شود. زردچوبه به صورت سنتی به عنوان ادویه، دارو، مواد آرایشی، رنگ دهنده و طعم دهنده در صنایع غذایی استفاده می‌شود. شوری خاک و یا آب یکی از عمده‌ترین تنش‌ها به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که می‌تواند به شدت تولید محصول را کاهش دهد. به علت عدم کشت زردچوبه در ایران و در نتیجه عدم وجود اطلاعاتی پیرامون این گیاه از یک طرف و وسعت اراضی شور در ایران از طرف دیگر، کشت این گیاه در سطوح مختلف شوری مورد توجه قرار گرفت. در این پژوهش اثر استرس شوری روی رشد رویشی، میزان کلروفیل، سدیم، پتاسیم، پرولین، کربوهیدرات‌ها، کورکومین و روغن‌های فرار گیاه زردچوبه و در نتیجه میزان مقاومت گیاه به شوری مورد ارزیابی قرار گرفت.

ریزوم‌های زردچوبه از کشور هند تهیه گردیده و در بستری از کوکویت و پرلیت در شرایط کنترل شده (دمای  $30 \pm 5$  و رطوبت نسبی  $60 \pm 10\%$  و شدت نور  $1200-1400$  لوکس) کشت شدند. اعمال تیمار شوری روی گیاهان پس از گذشت یک ماه از جوانه زدن آغاز شد. به این ترتیب که سطوح شوری با غلظت ۰، ۲۰، ۶۰ و ۱۰۰ میلی مولار NaCl در ۶ تکرار از طریق آب آبیاری به همراه محلول هوگلند در یک طرح کاملاً تصادفی اعمال گردید. نمونه‌های گیاهی در دو مرحله، مرحله اول پس از گذشت ۱ ماه و مرحله دوم پس از گذشت ۲ ماه بعد از شروع تیمار شوری برداشت شدند. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی نسبت به تفکیک اجزاء گیاه اقدام گردید. سپس وزن تر، وزن خشک، محتوای آبی میزان کلروفیل، سدیم، پتاسیم، پرولین، کربوهیدرات‌ها، کورکومین و روغن‌های فرار گیاه زردچوبه اندازه‌گیری شد. طبق نتایج به دست آمده در این پژوهش با افزایش سطوح شوری در هر دو برداشت در همه اجزاء گیاه میزان سدیم افزایش یافته و میزان پتاسیم کاهش می‌یابد. متعاقب آن میزان وزن تر، وزن خشک، محتوای آبی و میزان کلروفیل گیاه زردچوبه کاهش پیدا می‌کند. در این راستا میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول و احیا کننده در برداشت اول افزایش پیدا کرده و در برداشت دوم پس از گذشت میزان سدیم تجمعی از حد خاصی کاهش نشان می‌دهند. میزان کورکومین و روغن‌های فرار در شوری‌های پایین افزایش یافته و در شوری‌های بالاتر کاهش می‌یابد. بنابراین از نتایج این تحقیق می‌توان عنوان نمود که احتمالاً واکنش گیاه زردچوبه در برابر تنش شوری از نوع تحمل است که در شوری‌های کم و تجمع محدود سدیم در گیاه اتفاق می‌افتد ولی با افزایش تجمع سدیم در گیاه در اثر افزایش شوری محیط و یا جذب طی دوره رشد احتمالاً گیاه دچار مسمومیت عمومی گشته و مکانیسم‌های مقاومتی از کار می‌افتند و در نهایت، استمرار این شرایط باعث مرگ گیاه خواهد شد.

## واژگان کلیدی:

زردچوبه، پرولین، تنش شوری، وزن خشک، کورکومین

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>فصل اول: مقدمه و بررسی منابع</b>	
مقدمه.....	۱
۱-۱ معرفی گیاه زردچوبه.....	۲
۱-۱-۱ گیاه‌شناسی زردچوبه.....	۲
۱-۱-۲ توزیع جغرافیایی زردچوبه.....	۴
۱-۱-۳ مواد موثره زردچوبه.....	۵
۱-۱-۴ اهمیت خوراکی، دارویی و صنعتی زردچوبه.....	۸
۱-۱-۵ شرایط و نحوه کشت زردچوبه.....	۸
۱-۱-۵-۱ شرایط آب و هوایی.....	۸
۱-۱-۵-۲ شرایط خاک.....	۸
۱-۱-۵-۳ نحوه کشت.....	۹
۱-۱-۵-۴ کوددهی.....	۱۲
۱-۱-۵-۶ آفات و بیماری‌ها.....	۱۲
۱-۱-۶ مدل آب و هوایی مناسب محصول دهی زردچوبه.....	۱۳
۱-۱-۷ عوامل مؤثر بر میزان کورکومین و روغن‌های فرار در گیاه زردچوبه.....	۱۴
۱-۱-۷-۱ اثر مرحله رشد و شرایط آب و هوایی و جغرافیایی گیاه.....	۱۴
۱-۱-۷-۲ اثر نوع کولتیوار و ریزوم.....	۱۵
۱-۱-۷-۳ اثر نوع کوددهی.....	۱۵
۲-۱ استرس شوری در گیاهان.....	۱۶
۱-۲-۱ شوری خاک.....	۱۶
۲-۲-۱ اثر استرس شوری در گیاهان.....	۱۶
۱-۲-۲-۱ اثرات اسمزی.....	۱۷
۲-۲-۲-۱ اثرات یونی (اثر سمیت $Na^+$ ).....	۱۷
۳-۲-۱ واکنش گیاهان نسبت به شوری.....	۱۸
۱-۳-۲-۱ هالوفیت‌ها.....	۱۸
۲-۳-۲-۱ گلکوفیت‌ها.....	۲۰



۴-۲-۱ مقاومت به شوری و مکانیسم‌های آن.....	۲۱
۱-۴-۲-۱ دفع نمک.....	۲۲
۲-۴-۲-۱ رقیق کردن.....	۲۲
۳-۴-۲-۱ جلوگیری از ورود یون‌ها.....	۲۲
۴-۴-۲-۱ تنظیم اسمزی.....	۲۳
۵-۲-۱ نقش تنظیم کنندگان اسمزی در مقاومت به تنش شوری در گیاهان.....	۲۴
۱-۵-۲-۱ نقش پرولین در مقاومت به تنش شوری گیاهان.....	۲۴
۲-۵-۲-۱ نقش کربوهیدرات‌ها در مقاومت به تنش شوری گیاهان.....	۲۷
۶-۲-۱ مکانیسم‌های مولکولی مقاومت به شوری.....	۲۸
۳-۱ اهداف.....	۲۹

## فصل دوم: مواد و روش‌ها

۱-۲ کاشت گیاه و اعمال تیمار شوری.....	۳۰
۲-۲ اندازه‌گیری میزان کلروفیل.....	۳۳
۳-۲ اندازه‌گیری میزان پرولین.....	۳۳
۱-۳-۲ رسم منحنی استاندارد پرولین.....	۳۴
۲-۳-۲ اندازه‌گیری مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد.....	۳۵
۴-۲ اندازه‌گیری میزان یون‌های سدیم و پتاسیم.....	۳۵
۵-۲ اندازه‌گیری قندهای محلول.....	۳۷
۱-۵-۲ طرز تهیه فنل ۸۰٪ حجمی.....	۳۷
۲-۵-۲ رسم منحنی استاندارد کربوهیدرات‌های محلول.....	۳۷
۲-۶-۲ اندازه‌گیری مقدار کربوهیدرات‌های محلول با استفاده از منحنی استاندارد.....	۳۸
۷-۲ اندازه‌گیری قندهای احیا کننده.....	۳۸
۱-۷-۲ رسم منحنی استاندارد کربوهیدرات‌های احیا کننده.....	۳۹
۲-۷-۲ اندازه‌گیری مقدار کربوهیدرات‌های احیا کننده با استفاده از منحنی استاندارد.....	۳۹
۸-۲ اندازه‌گیری میزان کورکومین در ریزوم.....	۴۰
۹-۲ استخراج، بررسی و شناسایی اسانس گیاه.....	۴۰

- ۲-۹-۱ استخراج اسانس گیاه..... ۴۰
- ۲-۹-۲ بررسی و شناسایی مواد متشکله اسانس گیاه..... ۴۲
- ۲-۱۰ آنالیزهای آماری..... ۴۲

## فصل سوم: نتایج

- ۳-۱ تغییرات میزان وزن خشک در گیاه زردچوبه..... ۴۳
- ۳-۲ تغییرات میزان محتوی آبی در گیاه زردچوبه..... ۴۷
- ۳-۳ تغییرات میزان کلروفیل در گیاه زردچوبه..... ۵۱
- ۳-۴ تغییرات میزان سدیم در گیاه زردچوبه..... ۵۵
- ۳-۵ تغییرات میزان پتاسیم در گیاه زردچوبه..... ۶۰
- ۳-۶ تغییرات میزان پرولین در گیاه زردچوبه..... ۶۴
- ۳-۷ تغییرات میزان کربوهیدرات محلول در گیاه زردچوبه..... ۶۹
- ۳-۸ تغییرات میزان کربوهیدرات احیا کننده در گیاه زردچوبه..... ۷۴
- ۳-۹ تغییرات میزان کورکومین در ریزوم گیاه زردچوبه..... ۷۹
- ۳-۱۰ نتایج حاصل از آنالیز اسانس گیاه زردچوبه توسط دستگاه GC/MS..... ۸۲
- ۳-۱۰-۱ شناسایی اسانس گیاه..... ۸۲
- ۳-۱۰-۲ تغییرات میزان روغن‌های فرار گیاه تحت تیمارهای مختلف شوری..... ۸۳

## فصل چهارم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۴-۱ اثر تنش شوری روی برخی از فاکتورهای رشد گیاه زردچوبه..... ۸۵
- ۴-۲ اثر تنش شوری بر محتوای کلروفیل در گیاه زردچوبه..... ۸۷
- ۴-۳ اثر تنش شوری بر میزان سدیم و پتاسیم در گیاه زردچوبه..... ۸۸
- ۴-۴ اثر تنش شوری بر میزان پرولین در گیاه زردچوبه..... ۹۰
- ۴-۵ اثر تنش شوری بر میزان کربوهیدرات‌های محلول و احیا کننده..... ۹۲
- ۴-۶ اثر تنش شوری بر میزان کورکومین و روغن‌های فرار گیاه زردچوبه..... ۹۳
- ۴-۷ جمع بندی و نتیجه‌گیری..... ۹۵
- ۴-۸ پیشنهادات..... ۹۶
- پیوست ها..... ۹۷

- منابع و ماخذ..... ۱۰۲

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ شکل ظاهری گیاه زردچوبه.....	۳
شکل ۲-۱ ساختار شیمیایی کورکومینوئیدها و سسکوئی ترپن های موجود در زردچوبه.....	۶
شکل ۳-۱ مسیرهای اصلی و فرعی بیوسنتز پرولین در گیاهان.....	۲۶
شکل ۱-۲ ریزوم های زردچوبه وارداتی از هند.....	۳۱
شکل ۲-۲ کشت ریزوم ها در عمق ۵ سانتی متری بستر مصنوعی در گلدان های کوچک.....	۳۱
شکل ۳-۲ مراحل رشد گیاه.....	۳۱
شکل ۴-۲ گیاهان یک ماهه قبل از اعمال تیمار شوری.....	۳۱
شکل ۵-۲ گیاهان پس از یک ماه اعمال تیمار شوری.....	۳۱
شکل ۶-۲ دستگاه اسانس گیری B.P.....	۴۵
شکل ۱-۳ اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری روی وزن خشک اجزاء گیاه زردچوبه در برداشت های.....	۴۶
شکل ۲-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی محتوای آبی اجزاء گیاه زردچوبه در برداشت های مختلف.....	۵۰
شکل ۳-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی میزان کلروفیل گیاه زردچوبه در برداشت های مختلف.....	۵۴
شکل ۴-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی میزان سدیم در اجزاء گیاه زردچوبه در برداشت های مختلف.....	۵۸
شکل ۵-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی میزان پتاسیم در اجزاء گیاه زردچوبه در برداشت های مختلف.....	۶۳
شکل ۶-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی میزان پرولین در اجزاء گیاه زردچوبه در برداشت های مختلف.....	۶۷
شکل ۸-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی میزان کربوهیدرات محلول در اجزاء گیاه در.....	۷۲
شکل ۸-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی میزان کربوهیدرات احیا کننده در اجزاء گیاه در.....	۷۷
شکل ۹-۳ اثر سطوح مختلف شوری روی میزان کورکومین در ریزوم گیاه زردچوبه در برداشت های.....	۸۱
شکل ۱۰-۳ کروماتوگرام GC روغن فرار گیاه زردچوبه ۲ ماهه.....	۸۲

## فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ ترکیبات فعال اصلی زردچوبه.....	۵
جدول ۱-۲ محلول غذایی هوگلند.....	۳۲
جدول ۱-۳ میانگین مقادیر وزن خشک اجزاء گیاه در سطوح مختلف شوری و زمان برداشت متفاوت.....	۴۴
جدول ۲-۳ آنالیز واریانس مقادیر وزن خشک اجزاء گیاه در سطوح مختلف شوری و ...	۴۴
جدول ۳-۳ میانگین مقادیر محتوای آبی اجزاء گیاه در سطوح مختلف شوری و زمان برداشت.....	۴۷
جدول ۴-۳ آنالیز واریانس مقادیر محتوای آبی اجزاء گیاه در سطوح مختلف شوری و زمان برداشت.....	۴۸
جدول ۵-۳ میانگین مقادیر کلروفیل a, b و کل گیاه در سطوح مختلف شوری و زمان برداشت.....	۵۱
جدول ۶-۳ آنالیز واریانس مقادیر کلروفیل a, b و کل در گیاه در سطوح مختلف شوری و ...	۵۲
جدول ۷-۳ میانگین مقادیر سدیم موجود در اجزاء گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و ...	۵۵
جدول ۸-۳ آنالیز واریانس مقادیر سدیم موجود در اجزاء گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و ...	۵۶
جدول ۹-۳ میانگین مقادیر پتاسیم موجود در اجزاء گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و ...	۶۰
جدول ۱۰-۳ آنالیز واریانس مقادیر پتاسیم موجود در اجزاء گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و ...	۶۱
جدول ۱۱-۳ میانگین مقادیر پرولین موجود در اجزاء گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و ...	۶۴
جدول ۱۲-۳ آنالیز واریانس مقادیر پرولین موجود در اجزاء گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری و ...	۶۵
جدول ۱۳-۳ میانگین مقادیر کربوهیدرات محلول موجود در اجزاء گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف.....	۶۹
جدول ۱۴-۳ آنالیز واریانس مقادیر کربوهیدرات محلول موجود در اجزاء گیاه در سطوح مختلف.....	۷۰
جدول ۱۵-۳ میانگین مقادیر کربوهیدرات احیا کننده موجود در اجزاء گیاه در سطوح مختلف.....	۷۴
جدول ۱۶-۳ آنالیز واریانس مقادیر کربوهیدرات احیا کننده موجود در اجزاء گیاه در سطوح مختلف.....	۷۵
جدول ۱۷-۳ میانگین مقادیر کورکومین موجود در ریزوم گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف.....	۷۹
جدول ۱۸-۳ آنالیز واریانس مقادیر کورکومین در ریزوم گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف.....	۸۰
جدول ۱۹-۳ مقادیر روغن های فرار موجود در گیاه زردچوبه تحت تاثیر سطوح مختلف.....	۸۳

## فصل اول

### مقدمه و بررسی منابع

#### مقدمه

زردچوبه (*Curcuma longa* L.) یک گیاه ریزوم دار چند ساله از خانواده Zingiberacea است. این گیاه بومی جنوب آسیاست و به طور وسیع در مناطق گرمسیری دنیا کشت می‌شود. زردچوبه به صورت سنتی به عنوان ادویه، دارو، مواد آرایشی، رنگ دهنده و طعم دهنده در صنایع غذایی استفاده می‌شود. با توجه به این که زردچوبه در ایران جزو گیاهان زراعی به حساب نیامده و کشت نمی‌شود لذا به نظر می‌رسد که تحقیق پیرامون استقرار آن در ایران می‌تواند مفید باشد. از طرف دیگر شوری خاک و یا آب یکی از عمده‌ترین تنش‌ها به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که می‌تواند به شدت تولید محصول را کاهش دهد. کشور ایران نیز در شرایط خشک و نیمه خشک واقع شده است و یک سوم وسعت آن را مناطق شور تشکیل می‌دهد. بنابراین به علت عدم کشت زردچوبه در ایران و در نتیجه عدم وجود اطلاعاتی پیرامون این گیاه از یک طرف و وسعت اراضی شور در ایران از طرف دیگر، در این پژوهش کشت این گیاه در سطوح مختلف شوری مورد توجه قرار گرفت.

## ۱-۱ معرفی گیاه زردچوبه

### ۱-۱-۱ گیاه‌شناسی زردچوبه

جنس *Curcuma* گیاهانی علفی، پایا و چند ساله با ارتفاع ۱ تا ۱/۵ متر متعلق به خانواده Zingiberaceae

می‌باشند که شامل بیش از ۷۰ گونه می‌شود. جایگاه این جنس در طبقه بندی گیاهی به صورت زیر است:

Class: Liliopsida

Sub class: Zingiberidae

Order: Zingiberales

Family: Zingiberaceae

Genus: *Curcuma*

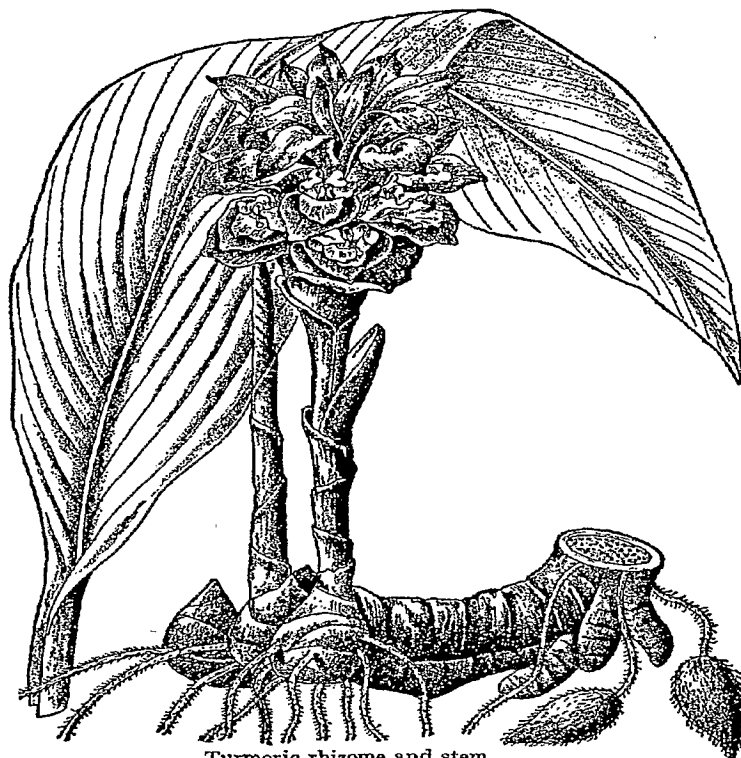
زردچوبه مصرفی ریزوم خشک شده گونه (*Curcuma domestica* Valetan.) *Curcuma longa* L.

می‌باشد. این گونه گیاهی دارای ریزوم‌های بسیار منشعب نارنجی یا زرد روشن و معطر است که از آن ساقه هوایی خارج می‌شود (زرگری، ۱۳۶۹). ریزوم به دو نوع مادری (اولیه یا اصلی) و دختری (ثانویه، فرعی و یا انگشتی) تقسیم می‌شود. ریزوم‌های مادری، غده‌های متورم تخم مرغی، درشت و ضخیم اولیه با طول ۲/۵ تا ۴ سانتی‌متر و عرض ۱/۵ تا ۲/۵ سانتی‌متر هستند و ریزوم‌های دختری، ریزوم‌های ثانویه منشعب انگشتی شکل و استوانه‌ای به طول ۴ تا ۷ سانتی‌متر و عرض ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر می‌باشند. ریشه‌ها در نوک متورم می‌باشند (Huang, 2000).

از مشخصات این گیاه وجود برگ‌های بدون دم‌برگ با غلاف مشخص در قاعده ساقه گیاه است ولی در قسمت فوقانی آن برگ‌های کامل ظاهر می‌شود که ساقه گل‌دار گیاه از بین این برگ‌ها خارج می‌گردد. گل‌های آن مجتمع به صورت سنبله و محصور در ۲ براهته به رنگ سبز مایل به زرد است. درون جام گل یک پرچم زایا و پنج پرچم تحلیل یافته در اطراف مادگی با تخمدان ۳ خانه‌ای قرار دارد. میوه آن پوشینه است و تخم آن خیلی ریز و سیاه رنگ می‌باشد (زرگری، ۱۳۶۹).

از کناره برگ‌های غلاف‌دار قاعده ساقه (از ریزوم مادری) شاخه‌های کوچک و استوانه‌ای شکل ضخیمی خارج می‌شود که به صورت مورب در زمین فرو رفته و هر یک ایجاد ریشه و برجستگی‌هایی می‌نماید و از آن ساقه هوایی خارج می‌شود و به این ترتیب پایه‌های جدید به طور پیوسته به وجود می‌آید (صمصام شریعت، ۱۳۶۸).

در طی زمستان ریزومها غیر فعال هستند و در بهار رشد جدید خود را آغاز می کنند و در ماههای گرم، رشد آنها سریع تر می گردد. در تابستان از میانه برگها گل آذین ظاهر می شود (Anandaraji *et al.*, 2005).  
(شکل ۱-۱).



Turmeric rhizome and stem.

شکل ۱-۱ شکل ظاهری گیاه زردچوبه

(Anandaraji *et al.*, 2005)

وارته‌های زردچوبه متناسب با دوره کشت به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

- وارته‌های با دوره کشت طولانی (۹ ماه) مانند CLL 327, CLL326, Duggirala , Armoor ,

- وارته‌های با دوره کشت متوسط (۸ ماه) مانند Kesari , CLL 317

- وارته‌های با دوره کشت کوتاه (۷ ماه) مانند (PCT -13) Suguna, (PCT -14) Sudarsana,

Kasturi, CA69

انتخاب وارته‌ها بیشتر بر مبنای رنگ و بوی ریزوم، میزان محصول دهی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها

صورت می‌گیرد (Panhwar, 2005).

قسمت مورد استفاده گیاه زردچوبه، ریزوم آن است که پس از خارج نمودن از زمین، ریشه‌هایش را جدا نموده و با آب می‌شویند، سپس در آب جوش قرار داده و پس از خارج کردن از آب جوش در گرمای خورشید به مدت چند روز خشک می‌کنند. ریزوم را می‌توان در شرایط مصنوعی در ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک نمود. ریزوم‌های خشک شده را بر حسب ابعاد جدا نموده و به دو صورت زیر در معرض استفاده قرار می‌دهند:

۱- نوع گرد<sup>۱</sup> که از غده‌های درشت اولیه گیاه به دست می‌آید.

۲- نوع دراز<sup>۲</sup> که شکل آن تقریباً استوانه‌ای به طول ۳ تا ۷ و به قطر ۱ تا ۲ سانتی‌متر است.

نوع گرد آن معمولاً از نظر مصرف بر نوع دراز ترجیح داده می‌شود. رنگ سطح خارجی قطعات زردچوبه زرد یا خاکستری مایل به قهوه‌ای است. بوی ریزوم معطر و مخصوص و طعم آن‌ها تلخ است (زرگری، ۱۳۶۹).

### ۱-۱-۲ توزیع جغرافیایی زردچوبه

زردچوبه یک گیاه بومی جنوب آسیاست و به طور وسیع در مناطق گرمسیری و مرطوب دنیا نظیر هند، چین، هندوچین، سریلانکا، پاکستان، بنگلادش، میانمار، تایلند، تایوان، اندونزی، جامائیکا، هائیتی، کاستاریکا، پرو و برزیل کشت می‌شود (Anonymous, 1950, Nayak, 2006).

هند یک مونوپولی را در تولید و صادرات زردچوبه تشکیل می‌دهد به طوری که میزان صادرات آن به ۱۴۰

میلیون روبیه در سال می‌رسد. به عبارت دیگر حدود ۹۴٪ زردچوبه جهان در هندوستان تولید می‌شود (Nayak, 2006).



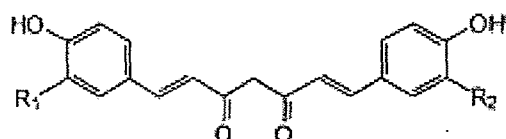
۳-۱-۱ مواد موثره زردچوبه

اجزاء اصلی فعال زردچوبه کورکومینوئیدها و روغن‌های فرار می‌باشند که در برگ‌ها سنتز شده و به ریزوم انتقال یافته و ذخیره می‌شود (Dixit and Srivastava, 2000). کورکومینوئیدها که رنگ زرد زردچوبه را ایجاد می‌کنند (۵-۳٪ گیاه خام) مشتقات فنلی دی آریل هپتان می‌باشند (جدول ۱-۱) (شکل ۲-۱). روغن‌های فرار زردچوبه که حدود ۷-۲٪ از گیاه خام را تشکیل می‌دهند ترکیبات سسکویی ترپنوئیدی متعددی هستند (جدول ۱-۱ و شکل ۲-۱). لذا آنالیز کورکومینوئیدها و روغن‌های فرار در زردچوبه برای تعیین کیفیت مواد گیاهی یا محصولات آن‌ها مهم و قابل توجه می‌باشد (He et al., 1998).

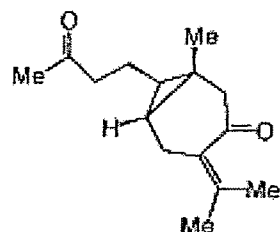
کورکومین به فرمول  $C_{12}H_{20}O_6$  و به وزن مولکولی ۳۶۸/۳۷ به صورت پودر متبلور به رنگ نارنجی-زرد قابل ملاحظه است. در گرمای ۱۸۳ درجه ذوب می‌شود. در آب و اتر غیرمحلول ولی در الکل، اسیداستیک گلاسیال و حلال‌های قلیایی حل می‌گردد. با حلال‌های قلیایی رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز و با اسیدها رنگ زرد روشن تولید می‌کند (صمصام شریعت، ۱۳۶۸). علاوه بر این مواد زردچوبه دارای آرابینوز، فروکتوز، گلوکز و نشاسته می‌باشد (Trease and Evans, 1996).

جدول ۱-۱ ترکیبات فعال اصلی زردچوبه (He et al., 1998)

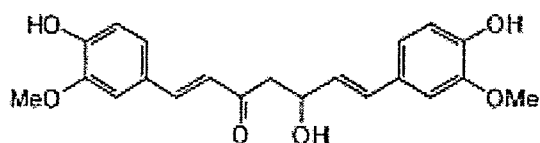
کورکومینوئیدها	روغن‌های فرار
Curcumin	ar-turmerone
Methoxy curcumin	α-turmerone
Bisdemethoxy Curcumin	β-turmerone
	turmerone
	curlone
	bisacumol
	zingiberene
	curcumenone
	curcumenol,
	procurcumenol
	dehydrocurdione
	germacrone-13-al



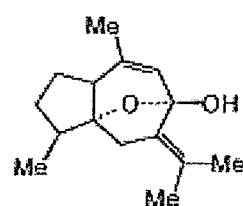
Curcumin (1):  $R_1=R_2=OMe$ ,  $M_r=368$   
 Demethoxycurcumin (2):  $R_1=OMe$ ,  $R_2=H$ ,  $M_r=338$   
 Bisdemethoxycurcumin (3):  $R_1=R_2=H$ ,  $M_r=308$



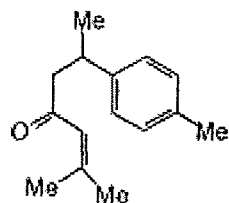
Curcumenone (11):  $M_r=234$



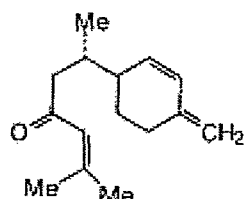
Dihydrocurcumin (4):  $M_r=370$



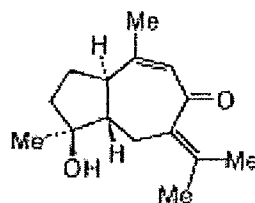
Curcumenol (12):  $M_r=234$



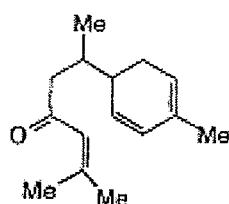
$\alpha$ -Turmerone (5):  $M_r=216$



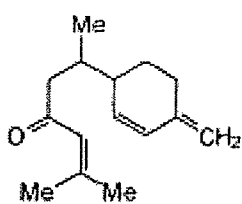
Curlone (6):  $M_r=218$



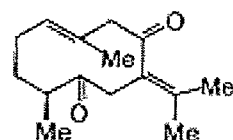
Procucumenol (13)  $M_r=234$



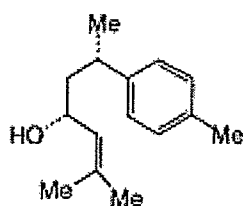
$\alpha$ -Turmerone (7):  $M_r=218$



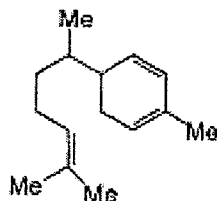
$\beta$ -Turmerone (8):  $M_r=218$



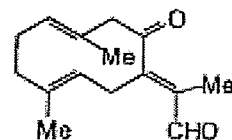
Dehydrocurdione (14):  $M_r=234$



Bisacumol (9):  $M_r=218$



Zingiberene (10):  $M_r=220$



Germacrone-13-al (15):  $M_r=232$

شکل ۲-۱ ساختار شیمیایی کورکومینوئیدها و سسکوئیترین‌های موجود در زردچوبه (He *et al.*, 1998)

### ۴-۱-۱ اهمیت خوراکی، دارویی و صنعتی زردچوبه

استفاده از زردچوبه به ۴۰۰۰ سال پیش در Vedic culture در هند بر می‌گردد که در آن زمان زردچوبه ادویه اصلی مورد استفاده بوده و ارزش و مشخصه مذهبی داشته است. همچنین زردچوبه در اطلاعات یک هریال آشوری در حدود ۶۰۰ سال قبل از میلاد مسیح لیست شده است (Hermann and Martin, 1991). در کشور هند زردچوبه به نام (Hindi) Haldi مشهور است و تا کنون مطالعات زیادی روی این گیاه در مالزی، اندونزی و هند به خاطر اهمیت اقتصادی آن انجام گرفته است (Eigner and Scholz, 1999). در چین ریزوم و ریشه غده‌ای زردچوبه به عنوان دو داروی چینی به ترتیب به نام‌های Yujin, Jianghuary مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pharmacopeia Commission of PRC, 2005).

زردچوبه به صورت سنتی به عنوان ادویه، دارو، مواد آرایشی، رنگ دهنده و طعم دهنده در صنایع غذایی استفاده می‌شود (قاسمی دهکردی، ۱۳۸۱). همچنین این گیاه قرن‌هاست که به عنوان یک اشتها آور، داروی تقویتی، هضم کننده و پاک کننده خون و به صورت استعمال خارجی در جلوگیری و تیمار بیماری‌های پوستی مورد استفاده قرار می‌گیرد (The wealth of India, 2001). زردچوبه به عنوان صفرا آور، ضد نفخ و در تسکین دردهای روماتیسمی مصرف می‌گردد. در طب گذشته از زردچوبه به صورت خوراکی برای درمان یرقان و به صورت موضعی در درمان پسوریازیس استفاده می‌کرده‌اند (قاسمی دهکردی، ۱۳۸۱). همچنین این گیاه برای درمان سوءهاضمه، زخم‌های گوارشی، درد و التهاب ناشی از آرتريت روماتوئید، اسهال، صرع، اختلالات قاعدگی، بیماری‌های پوستی و سنگ‌های صفرای و به عنوان ترمیم دهنده، محرک اعمال هضم و مقوی اعمال روده‌ای به کار می‌رود (World health organization, 1999).

مطالعات اخیر نه فقط روی بسیاری از کاربردهای قدیمی زردچوبه تأکید می‌کند بلکه چندین خصوصیت جدید نظیر ضد سرطان و ضد ویروس بودن و برداشت رادیکال‌های آزاد نیز به عنوان اثرات درمانی زردچوبه مشخص شده است (He et al, 1998). به طور کلی اثرات درمانی ناشی از کورکومینوئیدها و روغن‌های فرار موجود در زردچوبه عبارتند از: ضد التهاب، ضد سم، ضد تومور، ضد قارچ، ضد خوشه شدن پلاکت، فعالیت‌های ایمنی، درمان آلزایمر، ممانعت کننده از کاهش ایمنی ویروس HIV-1، قابض، درمان بی نظمی‌های تنفسی، بیماری‌های ادراری و درمان دیابت (Javaprakasha et al, 2005).

علاوه بر مصرف دارویی زردچوبه، از کورکومین به عنوان نوعی کاغذ جهت سنجش pH محلول‌ها استفاده به عمل می‌آورند (صمصام شریعت، ۱۳۶۸). همچنین برگ‌ها و ساقه‌های زردچوبه به عنوان کود زیستی قابل

استفاده است (Nayak and Naik, 2006). این گیاه به صورت سستی در رنگ آمیزی پنبه، پشم و ابریشم به کار می‌رود (Anonymous, 1950) و به عنوان رنگ طبیعی در صنایع لبنیات، شیرینی پزی و نانوائی، در ترشی‌ها و ویف‌های سبب زمینی استفاده می‌گردد. به طور کلی زردچوبه به عنوان یک گیاه سالم و بدون عارضه جانبی تلقی می‌شود (Panhwar, 2005).

### ۱-۱-۵ شرایط و نحوه کشت زردچوبه

#### ۱-۱-۵-۱ شرایط آب و هوایی

زردچوبه می‌تواند در شرایط گرمسیری، در ارتفاعات متفاوتی از سطح دریا تا ۱۵۰۰ متر بالای سطح دریا رشد کند. این گیاه به دامنه دمایی ۳۰ - ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بارندگی ۱۵۰۰ میلی‌متر یا بیشتر در سال و یا شرایط آبیاری نیازمند است. زردچوبه به آب و هوای مرطوب نیاز دارد ولی می‌تواند در شرایط آفتابی تا قسمتی سایه و سایه روشن رشد کند. در شرایط آبیاری، آبدهی منظم و به مقدار متوسط توصیه می‌شود (Akamine et al, 1995, Aoe et al, 1988).

Hossain و همکارانش (2004<sup>a</sup>) با بررسی دامنه دمایی ۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد روی ظهور، رشد و محصولدهی زردچوبه به این نتیجه رسیدند که دمای ۲۵ الی ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای سبز شدن جوانه‌های ریزوم بهینه است و جوانه زنی در زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد رخ نمی‌دهد. طول شدن نشاءها در دامنه دمایی بین ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد ولی گیاه در دمای بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد زنده نمی‌ماند.

#### ۱-۱-۵-۲ شرایط خاک

زردچوبه در خاک‌هایی با بافت متفاوت نظیر خاک شنی، لومی قرمز و لومی -رسی می‌تواند رشد کند. این گیاه نسبت به کمبود آب و قلیایی شدن خاک حساس است. خاک‌های لومی غنی از مواد غذایی با زهکشی مناسب و سهولت آبیاری برای این گیاه ایده‌آل است (Panhwar, 2005).