

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده کشاورزی

بخش بیوتکنولوژی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته بیوتکنولوژی

---

بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه آلوئه‌ورا به تنش نیترات نقره و کلرید  
کادمیوم

---

مؤلف:

مهرداد بابائی

استاد راهنما:

دکتر شهرام پورسیدی

استاد مشاور:

حمیدرضا کاوسی

بهمن ۱۳۹۳



دانشگاه شهید باهنر کرمان

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

### دانشکده کشاورزی

### دانشگاه شهید باهنر کرمان

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

دانشجو: مهرناز بابائی

استاد راهنما: دکتر شهرام پورسیدی

استاد مشاور: دکتر حمیدرضا کاوسی

دوره ۱: دکتر نازی نادرنژاد

دوره ۲: دکتر ساراالسادات راهیما

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده در جلسه دفاع: دکتر اعظم ایوبی

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: دکتر مجید رحیم پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر است.

## تقدیر و تشکر:

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. از استاد گرامی جناب آقای دکتر پورسیدی به عنوان استاد راهنما که همواره بنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند کمال تشکر را دارم.

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران تقدیم می‌نمایم به:

- محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به خاطر همه تلاش‌های محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی‌ام انجام داده‌اند و با مهربانی چگونگی زیستن را ب من آموختند.
- به همسر مهربانم که در تمام طول تحصیل همراه و همگام من بوده است.
- به استادان فرزانه و فرهیخته‌ای که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند.
- به آنان که در راه کسب دانش راهنمایم بوده‌اند.
- به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه‌ی راهم بوده است.
- بار الها به من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم و به خواسته‌ی آنان جامه‌ی عمل بپوشانم.
- پروردگارا حسن عاقبت، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر فرما.
- خدایا توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط و همراه و همسو با علم و دانش و پژوهش جهت رشد و شکوفایی ایران کهنسال عنایت فرما.

## چکیده:

همه موجودات زنده به عناصری احتیاج دارند که طی زنجیره غذایی در اختیار آنها قرار می‌گیرد. گیاهان بعضی از عناصر را به صورت زیاد استفاده می‌کند مثل K، Mg (عناصر ماکرو المنت) و بعضی دیگر را به صورت کم مثل Ni، Fe و Mn (عناصر میکرو المنت) که اگر این عناصر کم مصرف به صورت زیاد و بیش از حد به گیاه وارد شود در گیاه اثرات سمی دارد علاوه بر این فلزاتی وجود دارد که بعد از ورودشان به سلول در چرخه سلولی اختلال ایجاد می‌کند برخی از این فلزات به دلیل اینکه چگالی بیشتر از  $5 \text{ gr/cm}^3$  است اصطلاحاً فلز سنگین گفته می‌شود. ایراد اصلی این فلزات این است که در بدن موجودات زنده متابولیزه نمی‌شوند و پس از ورود به بدن موجودات دفع نشده و تجمع می‌یابند. از جمله این فلزات می‌توان به سرب، کادمیوم، جیوه، نقره و آرسنیک اشاره نمود که بیشتر در فاضلاب‌های صنعتی تولید، و محیط زیست به ویژه زمین‌های کشاورزی و آب‌ها را آلوده می‌کنند. اگرچه راه‌های مختلفی برای زدودن این آلودگی‌ها وجود دارد ولی یکی از راه‌های حذف این عناصر مضر از خاک‌ها و آب‌های آلوده استفاده از گیاهان در روش گیاه‌پالایی است. در این پژوهش، پاسخ ۴ اکتیپ آلوتیپ جمع آوری شده به مقادیر دو فلز سنگین نقره و کادمیوم به صورت جداگانه و مصرف توأم مورد بررسی قرار گرفت.

ابتدا گیاهان به منظور تکثیر و تولید پاجوش در یک دوره زمانی ۵ هفته‌ای در بستر کوکوپیت و پرلیت و ماسه کشت شدند و پس از ریشه‌دار شدن پاجوش‌های در شرایط رشدی یکسان انتخاب و به منظور اجرای آزمایش به شرح زیر استفاده شد. در مرحله اول آزمایش سطوح مختلف عناصر نقره و کادمیوم به تنهایی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار برای نقره و ۵ تیمار و ۳ تکرار برای کادمیوم مطالعه گردید سپس براساس نتایج حاصل آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل با ۶ تیمار توأم نقره و کادمیوم بر روی ۴ اکتیپ آلوتیپ انجام شد پس از پایان هر مرحله نمونه‌های گیاهی لازم به منظور اندازه‌گیری برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی جمع آوری گردید. نتایج نشان داد که اکتیپ ۱ (میلر) در مجموع صفات مورد مطالعه قابلیت معنی‌داری بیشتری در جذب و تحمل عناصر مورد مطالعه چه به صورت منفرد و چه به صورت توأم دارد همچنین موجب افزایش پروتئین و فعالیت آنزیم‌های GPX, CAT, GR, SOD, APX نسبت به گیاهان گروه شاهد شده است. بنابراین می‌توان آن را به عنوان یک گیاه کاندید برای کشت در آب‌های آلوده و بررسی پاسخ‌های گیاه استفاده نمود.

**کلمات کلیدی:** آلوتیپ، اکتیپ میلر، گیاه‌پالایی، نیترات نقره، کلرید کادمیوم، GPX, CAT,

APX, SOD, GR

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول مقدمه .....
۲	۱-۱- مقدمه .....
۴	فصل دوم مروری بر منابع .....
۵	۱-۲- معرفی گیاه مورد آزمایش .....
۷	۱-۱-۲- خصوصیات ساختمان برگ گیاه آلوتئورا .....
۸	۲-۲- تعریف واژه فلز سنگین .....
۹	۳-۲- خواص شیمیایی و فیزیکی .....
۹	۱-۳-۲- خواص شیمیایی و فیزیکی نقره .....
۱۰	۲-۳-۲- خواص شیمیایی و فیزیکی کادمیوم .....
۱۰	۴-۲- کاربرد نقره و کادمیوم .....
۱۰	۱-۴-۲- کاربرد نقره .....
۱۱	۲-۴-۲- کاربرد کادمیوم .....
۱۱	۵-۲- تاثیرات زیست محیطی .....
۱۱	۱-۵-۲- تاثیرات زیست محیطی نقره .....
۱۲	۲-۵-۲- تاثیرات زیست محیطی کادمیوم .....
۱۲	۶-۲- منابع ایجاد آلودگی نقره و کادمیوم در محیط زیست .....
۱۳	۱-۶-۲- حفاظت از خاک در برابر آلودگی ها .....
۱۵	۷-۲- انتقال سیگنال فلزات سنگین در گیاهان .....
۱۶	۸-۲- فرآیندهای خارج سلولی در جذب و فلزات سنگین .....
۱۸	۹-۲- مکانیسم های مقاومت به فلزات سنگین در گیاهان .....
۱۹	۱۰-۲- مکانیسم های سلولی مقاومت به فلزات سنگین .....

- ۲۰-۱۱-۲- سمیت فلزات سنگین پس از جذب در گیاهان.....
- ۲۰-۱۲-۲- مروری بر مطالعات گذشته.....
- ۲۲- فصل سوم مواد و روش ها.....
- ۲۳-۱-۳- گیاهان مورد استفاده.....
- ۲۳-۲-۳- تهیه بستر گیاه قبل از آزمایش.....
- ۲۴-۳-۳- تهیه غلظت‌های نترات نقره و کلرید کادمیوم.....
- ۲۴-۴-۳- آماده سازی گیاهان و انتقال آنها به محیط کشت هیدروپونیک.....
- ۲۶-۵-۳- معرفی دستگاه‌ها، وسایل و مواد مورد نیاز.....
- ۲۸-۶-۳- سنجش پارامترهای رشد.....
- ۲۸-۱-۶-۳- وزن تر ریشه و اندام هوایی.....
- ۲۸-۲-۶-۳- وزن خشک ریشه و اندام هوایی.....
- ۲۸-۳-۶-۳- درصد آب نسبی برگ.....
- ۲۹-۷-۳- سنجش پارامترهای بیوشیمیایی.....
- ۲۹-۱-۷-۳- رنگیزه‌های فتوستتزی برگ.....
- ۲۹-۸-۳- سنجش پروتئین کل در برگ.....
- ۲۹-۱-۸-۳- استخراج پروتئین از بافت گیاه.....
- ۳۰-۲-۸-۳- تعیین مقدار پروتئین کل.....
- ۳۰-۳-۸-۳- تهیه معرف بیوره.....
- ۳۰-۹-۳- اندازه گیری فعالیت آنزیم‌ها در برگ.....
- ۳۱-۱-۹-۳- تهیه عصاره آنزیمی.....
- ۳۱-۲-۹-۳- فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT).....
- ۳۱-۳-۹-۳- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX).....
- ۳۲-۴-۹-۳- فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX).....
- ۳۲-۵-۹-۳- فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD).....

- ۳-۹-۶-فعالیت آنزیم گلو تاتیون ردوکتاز (Gr)..... ۳۳
- ۳-۱۰-۱-سنجش تجمع پتاسیم، کلسیم و نقره در ریشه و برگ‌های حاصل از تنش نیترا نقره ۳۳
- ۳-۱۰-۱-۱-هضم اسیدی نمونه های گیاهی خشک..... ۳۴
- ۳-۱۰-۲-ساخت استانداردهای مخلوط جهت تزریق به دستگاه ICP..... ۳۴
- ۳۶..... فصل چهارم نتایج
- ۴-۱-۱-نتایج تیمار نیترا نقره..... ۳۷
- ۴-۱-۱-۱-بررسی سنجش پارامترهای رشد گیاهان تحت تاثیر تیمار نیترا نقره ..... ۳۸
- ۴-۱-۱-۱-۱-تغییرات وزن تر اندام هوایی و ریشه ..... ۳۸
- ۴-۱-۱-۲-تغییرات وزن خشک اندام هوایی و ریشه ..... ۳۹
- ۴-۱-۱-۳-تغییرات درصد آب نسبی (RWC%) اندام هوایی و ریشه ..... ۴۰
- ۴-۱-۲-میزان رنگیزه های فتوسنتزی..... ۴۱
- ۴-۱-۲-۱-میزان کلروفیل a ..... ۴۱
- ۴-۱-۲-۲-میزان کلروفیل b ..... ۴۱
- ۴-۱-۲-۳-میزان کلروفیل کل ..... ۴۲
- ۴-۱-۲-۴-میزان کارتنوئید ..... ۴۲
- ۴-۱-۳-نتایج حاصل از برآورد پروتئین کل گیاه ..... ۴۳
- ۴-۱-۴-نتایج حاصل از بررسی فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی برگ تحت تیمار نیترا نقره ..... ۴۳
- ۴-۱-۴-۱-میزان فعالیت آنزیم کاتالاز..... ۴۳
- ۴-۱-۴-۲-میزان فعالیت آنزیم گایاکول پر اکسیداز ..... ۴۴
- ۴-۱-۴-۳-میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پر اکسیداز ..... ۴۴
- ۴-۱-۴-۴-میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ..... ۴۵



- ۴۵.....۱-۴-۵- میزان فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز
- ۴۶.....۱-۴-۵- نتایج حاصل از سنجش تجمع عناصر به روش ICP-OEC در برگ و ریشه گیاهان تحت تیمار نترات نقره
- ۴۶.....۱-۴-۵-۱- تجمع نقره در برگ
- ۴۶.....۱-۴-۵-۲- تجمع نقره در ریشه
- ۴۷.....۱-۴-۵-۳- تجمع پتاسیم در برگ
- ۴۷.....۱-۴-۵-۴- تجمع پتاسیم در ریشه
- ۴۸.....۱-۴-۵-۵- تجمع منیزیم در برگ
- ۴۸.....۱-۴-۵-۳- تجمع منیزیم در ریشه
- ۴۹.....۲-۴- نتایج تیمار کلرید کادمیوم
- ۵۰.....۱-۲-۱- بررسی سنجش پارامترهای رشد گیاهان تحت تاثیر تیمار کلرید کادمیوم
- ۵۰.....۱-۲-۱-۱- تغییرات وزن تر اندام هوایی و ریشه
- ۵۱.....۱-۲-۲-۱- تغییرات وزن خشک اندام هوایی و ریشه
- ۵۲.....۱-۲-۳- تغییرات درصد آب نسبی (RWC%) اندام هوایی و ریشه
- ۵۳.....۲-۲-۲- میزان رنگیزه های فتوستتزی
- ۵۳.....۱-۲-۲-۱- میزان کلروفیل a
- ۵۳.....۲-۲-۲-۲- میزان کلروفیل b
- ۵۴.....۲-۲-۳- میزان کلروفیل کل
- ۵۴.....۲-۲-۴- میزان کارتنوئید
- ۵۵.....۲-۳- نتایج حاصل از برآورد پروتئین کل گیاه
- ۵۵.....۲-۴- نتایج حاصل از بررسی فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی برگ تحت تیمار کلرید کادمیوم

- ۵۵.....۱-۴-۲-۴- میزان فعالیت آنزیم کاتالاز
- ۵۶.....۲-۴-۲-۴- میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز
- ۵۶.....۳-۴-۲-۴- میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز
- ۵۷.....۳-۴-۲-۴- میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز
- ۵۷.....۳-۴-۲-۴- میزان فعالیت آنزیم گلوکاتیون ردوکتاز
- ۵۸-۳-۴- نتایج حاصل از تیمار توام نیترات نقره و کلرید کادمیوم روی ۱۴ کوטיפ مختلف گیاه
- ۵۸.....۱-۳-۴- نتایج حاصل از برآورد پروتئین کل گیاه
- ۵۸.....۲-۳-۴- نتایج حاصل از بررسی فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی برگ تحت تیمار توام نیترات نقره و کلرید کادمیوم
- ۵۹.....۱-۲-۳-۴- فعالیت آنزیم کاتالاز
- ۶۰.....۲-۲-۳-۴- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز
- ۶۱.....۳-۲-۳-۴- فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز
- ۶۱.....۴-۲-۳-۴- فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز
- ۶۲.....۵-۲-۳-۴- فعالیت آنزیم گلوکاتیون ردوکتاز
- ۶۳.....۳-۳-۴- بررسی سنجش پارامترهای رشد گیاهان رشد گیاهان تحت تیمار توام
- ۶۳.....۱-۳-۳-۴- تغییرات وزن تر اندام هوایی
- ۶۴.....۲-۳-۳-۴- تغییرات وزن خشک اندام هوایی
- ۶۴.....۳-۳-۳-۴- تغییرات درصد نسبی آب اندام هوایی
- ۶۵.....۴-۳-۳-۴- تغییرات وزن تر ریشه
- ۶۶.....۵-۳-۳-۴- تغییرات وزن خشک ریشه
- ۶۸.....۴-۳-۴- میزان رنگیزه های فتوستتزی
- ۶۸.....۱-۴-۳-۴- میزان کلروفیل a
- ۶۹.....۲-۴-۳-۴- میزان کلروفیل b

۷۱.....	میزان کلروفیل کل ۳-۴-۳-۴
۷۲.....	میزان کاروتنوئید ۴-۴-۳-۴
۷۴.....	فصل پنجم بحث و نتیجه گیری
۷۵.....	۱-۵- بحث در نتایج حاصل از تیمار نترات نقره و کلرید کادمیوم
۷۵.....	۱-۱-۵- تاثیر تنش بر وزن تر و خشک برگ و ریشه گیاهان
۷۵.....	۲-۱-۵- محتوای نسبی آب برگ و روابط آبی گیاه
۷۶.....	۳-۱-۵- تاثیر تنش بر رنگیزه های فتوسنتزی
۷۶.....	۴-۱-۵- تاثیر تنش بر آنزیم های آنتی اکسیدان
۸۰.....	۲-۵- نتیجه گیری نهایی
۸۱.....	پیشنهادات
۸۲.....	فصل ششم منابع
۸۸.....	پیوست ها

فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

آلودگی خاک به فلزات سنگین یکی از مشکلات اساسی زیست بوم است. عمده ترین منابع رهاسازی فلزات سنگین به خاک مربوط به فعالیت های صنعتی است که شامل معدن کاوی، ذوب فلزات، صنایع آبکاری، فلزکاری، ترافیک، دورریزها، مصرف سوخت و تولید انرژی، تخلیه فاضلاب و انهدام زباله، کاربرد آفت کش ها، کودها و لجن فاضلاب مصرفی در بخش کشاورزی می باشد. برخاستن آئروسول گردو غبار و دود حاصل از دودکش صنایع فراوری فلزات نظیر صنایع تولید الکتروپلیت و ورق گالوانیزه یا معادن فلزی و کارخانه های ذوب فلزات، باعث انتشار فلزات سنگین به نواحی مسکونی می شود (Huttermann and Godbold; 1999).

نفوذ فلزات سنگین در خاک و جذب آنها توسط پوشش گیاهی می تواند بسیاری از شاخص های مربوط به رشد و نمو گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد و مانع بسیاری از انجام واکنش های آنزیمی و متابولیکی در گیاهان شوند (Pandolfini et al., 1992)

رشد روزافزون جمعیت و توسعه سریع صنایع از عواملی هستند که سبب افزایش مصرف و بالطبع آن تولید فاضلاب در بخش های شهری، شده اند. به همین دلیل در اکثر نقاط کشور و محدودیت منابع آبی، روی به استفاده از پساب ها در بخش کشاورزی آورده اند.

روی آوردن به روش های پالایش طبیعی فاضلابها و حذف مواد آلاینده آنها با کاشت درختان و گیاهانی که عمل تصفیه را انجام می دهند، به میزان زیادی از مشکلات زیست محیطی موجود می توان کاست که این همان روش گیاه پالایی است. این گیاهان فلزات را از خاک جذب کرده در برگ ها، ساقه و سایر اندام های هوایی ذخیره می کنند. این گیاهان می توانند تحت فرآیندهای استحصال قرار گرفته و فلزات ارزشمند انباشت شده در آنها بازیافت گردد.

تاکنون شماری از فناوری های فیزیکی و شیمیایی همچون تثبیت خاک، خاکبرداری و خاک ریزی، دفن خاک، اسید شویی و شستشوی خاک برای پالایش این مناطق آلوده به کار می رفته اند لیکن، اجرای بیشتر این فناوریها پر هزینه، طاقت فرسا و خسارت زاست. اخیرا دانشمندان و محققان به تولید تکنولوژی های کارآمد و ارزان نظیر استفاده از میکروارگانسیم ها و گیاهان زنده جهت پاکسازی مناطق آلوده روی آورده اند. بنابراین، استفاده از روش های نوین، کم هزینه و کارا در پالایش مکان های آلوده ضروری می باشد گیاه پالایی (Phytoremediation) از روش های آلودگی زدایی نوین، درجا و مستقیم است که طی آن از گیاهان برای آلودگی زدایی خاک ها استفاده می شود. این روش در مقایسه با دیگر روش های پالایش، روشی پایدار، طبیعی، کم هزینه و قابل کاربرد در سطوح وسیع است. (Wasayet et al., 1998).

میزان دسترسی هر گیاه به فلزات سنگین متفاوت است که بستگی به میزان تقاضا برای فلزات خاص (به عنوان ریز مغذی) و توانایی گیاه برای تنظیم انتقال فعال از طریق ترشح اسیدهای آلی یا پروتون‌ها به محیط اطراف ریشه دارد (Hinsinger, 1998; Marshner, 1995). علاوه بر این خصوصیت خاک بر انتقال شیمیایی فلزات و از اینرو تنظیم آزاد سازی آنها در محلول خاک اثر می‌گذارد (Just et al, 1985).

هدف از این تحقیق مقایسه پاسخ ۴ اکوتیپ موجود جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران را نسبت به سطوح نقره و کادمیوم در قالب طرح‌های آماری تکراردار جداگانه است. براساس نتایج بدست آمده مشاهده شد آلوده که یک گیاه با برگ‌های ضخیم است و به خاطر حالت ژله ای آن مقدار قابل توجهی آب را در خود نگه داشته است می‌تواند عناصر را در خود نگه دارد و تحمل کند و به علت قابلیت رقت بالای خود آنها را رقیق کند. سپس هدف نهایی بررسی ۴ اکوتیپ به مقادیر توام عناصر فوق است تا از بین اکوتیپ‌های موجود بهترین اکوتیپ به عنوان کاندید گیاه پالایی برای آزمایشات تکمیلی به منظور کشت در آب‌ها و خاک‌های آلوده غیر متعارف معرفی نماییم.

فصل دوم

# مروری بر منابع

## ۲-۱- معرفی گیاه آلوئه ورا

آلوئه ورا (صبر زرد) گیاهی (شکل ۲-۱) است از راسته‌ی مارچوبه‌ای‌ها، خانواده‌ی مارچوبه، جنس آلوئه و گونه‌ی ورا که بومی شبه جزیره عربستان و نواحی نیمه حاره‌ی آفریقا می‌باشد (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۴). در مناطق آفریقایی این گیاه را به نام‌های زنبق صحرائی، گیاه سوختگی، گیاه جاودانگی و گیاه دارویی می‌شناسند. آلوئه ورا یک گیاه بادوام با گل‌های زرد و دارای برگ‌های سخت، مثلثی شکل، گوشتی، آبدار و نيزه‌ای است (Surjushe et al., 2008). این گیاه به طول ۶۰-۳۰ سانتی متر (متوسط پنجاه سانتی متر) رشد می‌کند و عمدتاً به خاطر برگ‌های گوشتی‌اش کشت می‌شود و از آن یک عصاره‌ی زرد رنگ که بوی بسیار تند و بین ژل و پوستر قرار دارد به عنوان درمان یبوست به کار برده می‌شود. به این صورت محصولات آن در صنایع بهداشتی درمانی و خوراکی به صورت روزافزون استفاده می‌شود. با توجه به شباهت آلوئه ورا به کاکتوس‌ها، این گیاه از پتانسیل بالایی برای کشت و رشد در مناطق گرمسیری و کویری برخوردار است. این گیاه دارای دو نوع ریشه است: ۱) ریشه اصلی که مواد غذایی را جذب می‌کند. ۲) ریزوم که تولید پاجوش می‌کند (Jin et al., 2007). استفاده‌ی آلوئه ورا از متابولیسم اسید کراسولاسه این گیاه را قادر می‌سازد تا در شرایط کم‌آبی مقاومت بسیاری را از خود نشان بدهد. آلوئه ورا در شرایط تابش مستقیم ۹-۱۰ ساعت تابش خورشید بهینه‌ی رشد را دارا است، اما سایه‌ی کم نیز برای رشد آن مناسب است. میانگین کمینه‌ی دمای هوا در محیط رشد این گیاه در حدود ۱۰ درجه سانتیگراد است این گیاه به لحاظ تحمل دماهای بالا بسیار مقاوم است (تا حدود ۸۰ درجه سانتیگراد) به طوری که مناسبترین دما برای افزایش شیرهی گیاه ۴۰ درجه سلسیوس می‌باشد محدودیت اصلی این گیاه در دماهای پایین است به گونه‌ای که با کاهش میانگین کمینه‌ی دمای هوا فعالیت و رشد گیاه کند شده و با نزدیک شدن میانگین کمینه‌ی دمای هوا به صفر درجه سلسیوس علائم مرگ در گیاه پدیدار می‌شود. البته، بطور مقطعی آلوئه ورا توانایی تحمل یخبندان تا دمای ۵- درجه سانتیگراد را برای مدت ۴۸ ساعت دارا است، اما در صورت تداوم یخبندان گیاه می‌میرد از نظر نوع خاک نیز، آلوئه ورا نیاز به خاک با زهکشی بسیار مناسب دارد و بهترین بافت خاک برای شرایط رشد بهینه آن ماسه‌ای و ماسه‌ای-لومی می‌باشد (Reynolds, 2004). همچنین PH خاک برای رشد بهینه این گیاه باید در محدوده خنثی باشد (۶/۱-۷/۸) تنش شوری نیز در این گیاه سبب کاهش آب بافت‌ها و ماده‌ی قندی و افزایش ماده-ی خشک شده و رشد گیاه را کند می‌سازد. به طور کل این گیاه چندان به شوری مقاوم نیست. تاکسونومی گیاه آلوئه ورا در جدول (۲-۱) درج شده است.



جدول ۲-۱: تاکسونومی گیاه آلوئه ورا<sup>۱</sup>

Kingdom:	گیاهان <u>Plantae</u>
Class:	<u>Angiosperms</u> نهاندانگان
Sub class:	<u>Monocots</u> تک لپه ای ها
Order:	<u>Asparagales</u> مارچوبه‌ای ها
Family:	<u>Asphodelaceae</u> مارچوبه
Genus:	<u>Aloe</u> آلوئه
Species:	<i>A. vera</i> یا <i>Aloe barbadensis</i> آلوئه ورا یا همان آلوئه باریادنیسیس

با توجه به این که جنس آلوئه هنوز از لحاظ تعداد گونه به وضعیت ثابتی نرسیده است و هر از گاهی گونه جدیدی از آن معرفی می‌گردد در بعضی منابع تعداد گونه‌های جنس آلوئه تا ۳۸۰ گونه ذکر شده اس و تقریبا ۱۵۰ واریته از گونه آلوئه‌ورا وجود دارد که همه اینها متعلق به گیاهان گوشتی-اند (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۷). مهمترین واریته‌ها شامل:

*Aloe vera miller*, *Aloe vera saponaria*, *Aloe vera chinensis*, *Aloe vera forex*  
*Aloe vera lalifora*, *Aloe vera lalifora*

است و عامه‌پسندترین و تجاری ترین واریته *Aloe baradensis miller* است. از میان گونه‌های شناخته شده آلوئه تنها ۴ گونه آن برای انسان و دام خوراکی هستند که گونه آلوئه-ورا در صدر آن قرار دارد. گرده افشانی در این خانواده توسط حشرات و پرندگان صورت می‌گیرد و پایه عدد کروموزومی آن ۷ می‌باشد. این جنس دارای سطوح پلوئیدی متعددی است که از دیپلوئید  $2n=2x=14$  تا نانوپلوئید  $2n=2x=49$  را شامل می‌گردد. با این حال اغلب گونه‌ها دیپلوئید و ۱۴ کروموزومی‌اند (میرزایی ندوشن و همکاران، ۱۳۸۴).

آلوئه‌ورا عموما از طریق پاجوش‌های خود قابل تکثیر است. که با بیرون آوردن آنها از خاک بدون اینکه آسیبی به گیاه اصلی وارد شود، کاشت آن در زمین اصلی صورت می‌گیرد. آلوئه از طریق قطعه ریزوم‌ها، به وسیله خروج ریزوم‌ها پس از برداشت محصول، و برش آن به طول ۶-۵ سانتیمتر با حداقل ۲-۳ گره در آنها قابل تکثیر است پس از آن آنها را در بستر آماده شنی یا گلدان ریشه خواهند داد. گیاه پس از ظهور اولین جوانه‌ها آماده نشا خواهند بود<sup>۲</sup> (محمدی، ۱۳۹۰).

1. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi>)

2. (<http://www.sib2.ir/tag>)



ج) گل آذین

ب) ساقه گل دهنده

الف) پاجوش



ه) مزرعه گیاه آلوئه ورا

د) ریشه

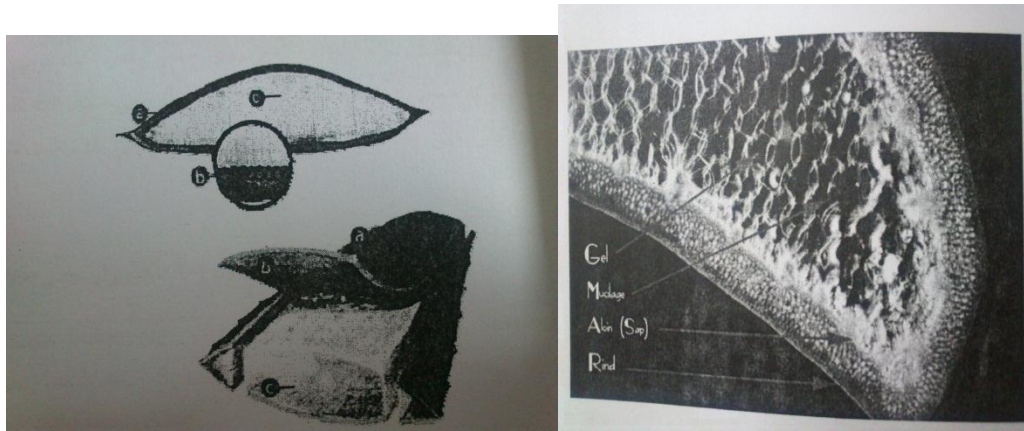
شکل ۱-۲: مورفولوژی گیاه جنس آلوئه ورا (Surjushe et al., 2008)

## ۱-۱-۲- خصوصیات ساختمان برگ گیاه آلوئه ورا

برگ گونه‌های مختلف آلوئه از نظر تشریحی، ساختمان یکسانی دارند و برش عرضی برگ، قسمت‌های زیر را نشان می‌دهد (شکل ۲-۲)

- ۱- بشره برگ دارای کوتیکول ضخیم است و در فواصل مختلف آن روزنه‌هایی دیده می‌شود.
- ۲- پارانشیم کلروفیل دار زیر بشره در ردیف، اول همانند برگ سایر گیاهان سلول‌های دراز منشوری وجود دارد. در این ناحیه و در زیر بافت مذکور سلول‌های دراز با بلورهای سوزنی شکل اکسالات کلسیم (رافید) مشاهده می‌شود. سلول‌های مترشحه آلوئین در این ناحیه مستقر هستند.
- ۳- ضخامت برگ از پارانشیم بی‌رنگ موسیلاژدار و محتوی شیره‌ی چسبنده است.
- ۴- دسته‌های چوب-آبکش که به فاصله در زیر سلول‌های کلروفیل دار قرار دارند و در مجموع حجم کمی از مقطع عرضی برگ‌ها را بافت‌های محافظ، پارانشیم و آوندها تشکیل می‌دهند. دسته‌سومی از بافت‌های لوله‌ای در این ناحیه وجود دارد که ساختار موئین داشته و محتوی شیرابه زرد رنگ گیاه می‌باشد. قسمت اعظم بافت مرکزی برگ از سلول‌های نامنظم نسبتاً بزرگ و بدون کلروفیل چند وجهی با دیواره‌های سلولی نازک، سیتوپلاسم، هسته و واکوئل بزرگ تشکیل شده است. واکوئل محتوی مایع موسیلاژی است که قسمت اعظم آن را آب تشکیل می‌دهد. این قسمت از برگ به عنوان بافت ذخیره کننده آب در گیاه محسوب می‌شود (Reynolds, 2004).

سیستم فتوسنتزی در این گیاه با به دام انداختن مولکول‌های  $CO_2$  هوا توسط مالیک اسید سازگار شده و از همین جهت، PH بخش داخلی برگ در حدود ۴ می‌باشد (زرین پنجه، ۱۳۸۹ و محمدی، ۱۳۹۰)



شکل ۲-۲: برش عرضی برگ گیاه آلوئه ورا: پوست برگ (a)، سلول‌های لوله‌ای شکل محتوی شیرابه در زیر اپیدرم برگ (b)، ژل برگ (c) (Reynolds, 2004).

## ۲-۲- تعریف واژه فلز سنگین

واژه فلز سنگین (Heavy metal) از نظر عمومی و علم شیمی به فلزاتی گفته می‌شود که دارای چگالی بیش از ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد (Weast 1984). از نقطه نظر بیولوژیکی این تعریف خیلی سودمند نیست، زیرا بسیاری از عناصر موجود در طبیعت را شامل می‌شود. البته تنها تعداد معدودی از این عناصر تحت شرایط فیزیولوژیکی محلول‌اند و بنابراین، برای سلول‌های زنده قابل دسترس هستند. از نظر علم زیست‌شناسی و کشاورزی، فلزات سنگین عناصر فلزی یا شبه فلزی هستند که اثرات سمی بر روی رشد گیاهان دارند و شامل عناصری مثل مس، روی، آهن، کبالت، منگنز، کروم، نیکل، وانادیوم و تنگستن می‌شود. بعضی از این فلزات را موجود زنده به مقدار قابل توجهی احتیاج دارد اگر از آن مقدار بیشتر شود اثر سمی دارد (عناصر میکروالمنت) بعضی عناصر در کل وجودشان برای گیاهان سمی است مانند آرسنیک، جیوه، نقره، کادمیوم، آنتیموان، سرب و اورانیوم (Gadbold and Hattermann, 1985, Breckle, 1991, Nies, 1999). قوانین کشوری، محدوده میزان مجاز فلزات سنگین در محیط را مشخص می‌سازد. فلزات سنگین ابتدا توسط فیتوپلانکتون، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانسیم‌های کوچک دیگر جذب می‌شوند. سپس به ترتیب، توسط موجودات بزرگتر خورده شده و عاقبت وارد بدن انسان می‌شوند (Wagner, 1993). فلزات سنگین زمانی که به وسیله‌ی انسان مصرف می‌شوند، اغلب اثرات قوی و زیان‌آوری را دارند. مواد سمی تجمع یافته، به طور پیوسته غلظت‌شان زیاد می‌شود و ممکن است بیشترین فراوانی را در یک بافت ویژه داشته باشند. تجمع مواد سمی در زنجیره‌ی غذایی، ممکن است باعث افزایش غلظت‌ها در جانوران سطوح

بالای زنجیره غذایی شود فلزات سنگین همچنین جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن می‌گردند. مثلاً در صورت کمبود روی در مواد غذایی کادمیوم جایگزین آن می‌گردد. به طور کلی اختلالات عصبی (پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی)، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، چاقی، سقط جنین، اختلالات تنفسی و قلبی، عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها و مغز، آلرژی و آسم، اختلالات غدد درونریز، عفونت‌های ویروسی مزمن، کاهش آستانه تحمل بدن، اختلال در عملکرد آنزیم‌ها، تغییر در سوخت و ساز، ناباروری، کم‌خونی، خستگی، تهوع و استفراغ، سردرد و سرگیجه، تحریک پذیری، تضعیف سیستم ایمنی بدن، تخریب ژن‌ها، پیری زودرس، اختلالات پوستی، کاهش حافظه، بی‌اشتهایی، التهاب مفاصل، ریزش مو، پوکی استخوان و در موارد حاد مرگ از نتایج اثرات ورود فلزات سنگین به بدن انسان می‌باشد (Gajewska et al., 2006; Hossain, 2012).

## ۲-۳- خواص شیمیایی و فیزیکی

در این قسمت بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عناصر نقره و کادمیوم را مورد بحث قرار داده‌ایم:

### ۲-۳-۱- خواص شیمیایی و فیزیکی نقره

عنصر نقره به صورت جامد با عدد اتمی ۴۷، جرم اتمی ۱۰۷٫۸۶، نقطه ذوب  $961.078^{\circ}\text{C}$ ، نقطه جوش  $2162^{\circ}\text{C}$  در گروه ۱۱ و دوره ۵ گروه تناوبی قرار دارد. اشکال دیگری که از این عنصر غیر از عنصر خالص آن مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل: نترات نقره  $\text{AgNO}_3$ ، اکسید نقره  $\text{Ag}_2\text{O}$ ، کلرید نقره  $\text{AgCl}$ ، منبع عمده این عنصر سنگ معدن آرژنتیت است.

نقره فلزی است که در جدول تناوبی با نشان  $\text{Ag}$  است سفید مایل به خاکستری و براق است. این عنصر از فلزات سنگین و از جمله فلزات نجیب و از نظر تجارتي عنصری گرانبها تلقی می‌گردد. نقره یکی از عناصری است که از گذشته‌های دور و دوران‌های باستان به عنوان یک فلز شناخته شده و مورد استفاده واقع می‌شده و از آن در کتاب‌های فراعنه مصری، که قدمت این کتابها به حدود ۳۶۰۰ سال قبل از میلاد مسیح بالغ می‌گردد، بعنوان فلزی که از نظر ارزش تقریباً دارای ارزش طلا را دارد، یاد شده است.<sup>۱</sup>

<sup>1</sup> (<http://www.pazhoheshkade.ir>) and (<http://www.ngdir.ir/mineminerale>)