



پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی منابع طبیعی - مدیریت مناطق بیابانی

# اثر توام نمک‌های سدیم و کادمیم بر گیاه دارویی آلوئه‌ورا در شرایط شور بیابانی

به کوشش  
صدیقه نگهداری

استاد راهنما  
دکتر سید فخرالدین افزلی

اسفند ماه 1391

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به نام خدا

اظہارنامہ

اینجانب صدیقہ نگہداری دانشجوی رشته‌ی مهندسی منابع طبیعی گرایش مدیریت مناطق بیابانی دانشکده‌ی کشاورزی اظہار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظہار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: صدیقہ نگہداری

تاریخ و امضا: 1392/3/13

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop followed by a smaller loop and a short horizontal stroke at the end.

به نام خدا

اثر توام نمک‌های سدیم و کادمیم بر گیاه دارویی آلوئه‌ورا در شرایط شور بیابانی

به کوشش  
صدیقه نگهداری

پایان نامه

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

در رشته‌ی:

مدیریت مناطق بیابانی

از دانشگاه شیراز


شیراز

جمهوری اسلامی ایران


ارزیابی شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه: عالی



دکتر سید فخرالدین افضلی، استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی (استاد راهنما).....



دکتر محمد جمال سحرخیز، دانشیار بخش باغبانی.....



دکتر غلامعباس قنبریان، استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی.....

اسفند ماه ۹۱

تقدیم به

محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم برای همه‌ی تلاشهای محبت‌آمیزی که در دوران مختلف زندگی‌ام انجام دادند.

به اساتید فرزانه و فرهیخته که در کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند.  
و به همه کسانی که نفس خیرشان و دعای روح پرورششان بدرقه‌ی راهم بود.

## سپاسگزاری

ستایش مخصوص خداست که خود را به ما شناسانید و از نعمت بی‌نهایت شکرش بهره‌ای به ما الهام کرد و از درهای نامنتهای علم به ربوبیتش برخی را به ما گشود و از لطفش به مقام رفیع اخلاص در توحید و یگانگی خود، ما را راهنمایی کرد و از شائبه شرک و الحاد و شک و تردید در امرش دور گردانید.

(دعای اول صحیفه کامله سجادیه، ترجمه استاد الهی قمشاهی، ص 31)

با تقدیر و تشکر شایسته از استاد محترم راهنما، جناب آقای دکتر سید فخرالدین افضلی که با یاری و راهنماییهای بی‌چشمداشت خویش بسیاری از سختیها را آسان نمودند. همچنین اساتید محترم مشاور جناب آقای دکتر محمد جمال سحرخیز و دکتر غلامعباس قنبریان که با مساعدت‌های بی‌شائبه ایشان تأمین این پایان‌نامه صورت گرفت. مراتب قدردانی خود را از کلیه کارشناسان و دوستان گروه باغبانی از جمله مهندس نیکبخت به دلیل کمک‌های بی‌دریغشان و گروه علوم خاک و جناب آقای دکتر رونقی و گروه فارماکوگنوزی دانشکده داروسازی شیراز و سرکار خانم دکتر حامدی و دوستان عزیزم که روحیه‌بخش و امید دهنده اینجانب بودند را ابراز می‌دارم.

## چکیده

### اثر توام نمک‌های سدیم و کادمیم بر گیاه دارویی آلوئه‌ورا در شرایط شور بیابانی

به کوشش

صدیقه نگهداری

آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis. Miller*) از گیاهان دارویی مهم است که علاوه بر آن در محصولات آرایشی، بهداشتی نیز استفاده می‌شود. آلوئه‌ورا مقاوم به خشکی است و کشت و رویش آن در زمین‌های شور نیز گزارش شده است. تحقیقات علمی در زمینه تحمل این گیاه به شرایط شوری و آلودگی فلزات سنگین دیده نشد. در این پژوهش از محلول غذایی هوگلند نیم و مقادیر شوری شامل سطوح شوری 0، 6، 12 و 18 dS/m NaCl و نمک  $CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$  در سطوح کادمیم 0، 4 و 6 mg/l استفاده گردید. گیاهان در دو دوره 15 و 45 روزه پس از کشت برداشت شدند. بعد از جداسازی ریشه و اندام هوایی گیاه، ارتفاع گیاه، طول برگ، ضخامت برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه و وزن ژل اندازه‌گیری شد. سپس میزان غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کادمیم، کلسیم و کلر و غلظت قندهای محلول تعیین گردید. کاربرد توأم سدیم و کادمیم کلراید در تمام فاکتورهای مورفولوژیک بجز طول ریشه و وزن تر و خشک ریشه نسبت به کاربرد سدیم کلراید و کادمیم کلراید به تنهایی در 15 و 45 روز کاهش بیشتری را نشان داد. اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید در هر دو دوره، افزایش معنی‌داری در سه قند محلول را نشان داد. اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر غلظت سدیم شاخساره، کلر، کادمیم شاخساره و ریشه روند افزایشی و بر غلظت پتاسیم و کلسیم شاخساره و ریشه در هر دو دوره روند کاهشی نشان داد. به نظر می‌رسد سازوکارهای مقاومت در گیاه آلوئه‌ورا شامل افزایش قندهای محلول و نسبت  $K/Na$  و  $Ca/Na$  در شاخساره نسبت به ریشه می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که بیشتر ویژگی‌های مورفولوژیک تا سطح شوری 6 dS/m روند افزایشی داشته و در دوره 15 روز بیشتر از 45 روز می‌باشد.

واژگان کلیدی: آلوئه‌ورا، کلراید سدیم، کادمیم، مقاومت به شوری، گیاهان دارویی، شرایط بیابانی.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه

- 1-1- کلیات ..... 2
- 2-1- آلودگی فلزات سنگین در محیط زیست ..... 3
- 3-1- کادمیم در محیط زیست ..... 5
- 4-1- اهمیت استفاده از گیاهان در آلودگی‌زدایی فلزات سنگین (گیاه‌پالایی) ..... 6
- 5-1- گیاهان تجمع‌دهنده فلزات سنگین ..... 8
- 6-1- مشخصات و اهمیت گیاه دارویی آلوئه‌ورا ..... 10
- 1-6-1- کاربردهای پزشکی آلوئه‌ورا ..... 14
- 7-1- اهمیت موضوع مورد مطالعه ..... 16
- 8-1- اهداف پژوهش حاضر ..... 17
- فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده ..... 19

### فصل سوم: مواد و روش‌ها

- 1-3- کشت گلخانه‌ای ..... 25
- 2-3- تجزیه‌های آزمایشگاهی ..... 27
- 3-3- استخراج ژل ..... 28
- 4-3- آزمایش فنل سولفوریک اسید ..... 29
- 5-3- طرح مورد استفاده و آنالیزهای آماری ..... 31



## فصل چهارم: نتایج و بحث

- 4-1-1 اثر سدیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آلوئه‌ورا..... 33
- 4-1-1-1 اثر سدیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیکی ..... 33
- 1-4-2 ..... 33
- 4-1-3 اثر سدیم کلراید بر غلظت عناصر مختلف ..... 43
- 4-2-2 اثر کادمیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ..... 47
- 4-2-1-1 اثر کادمیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیکی ..... 61
- 4-2-2-2 اثر کادمیم کلراید بر قندهای محلول ..... 61
- 4-2-3-2 اثر کادمیم کلراید بر غلظت عناصر مختلف ..... 68
- 4-3-3 اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ..... 73
- 4-3-1-1 اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیک ..... 73
- 4-3-2-2 اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر قندهای محلول ..... 83
- 4-3-3-3 اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر غلظت عناصر مختلف ..... 86
- 4-4 اثر توأم طول دوره رشد و سدیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ..... 94
- 4-4-1 اثر توأم طول دوره رشد و سدیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیکی ..... 94
- 4-4-2 اثر توأم طول دوره رشد و سدیم کلراید بر قندهای محلول ..... 98
- 4-4-3 اثر توأم طول دوره رشد و سدیم کلراید بر عناصر مختلف ..... 100
- 4-5 اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیک و بیوشیمیایی ..... 104
- 4-5-1 اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر خصوصیات مورفولوژیک ..... 104
- 4-5-2 اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر قندهای محلول ..... 108
- 4-5-3 اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر عناصر مختلف ..... 109

- 4-6- غلظت نسبت عناصر مورد بررسی اندام هوایی به ریشه ..... 111
- 4-7- اثر سدیم کلراید بر جذب کل کادمیم در شاخساره و ریشه ..... 116
- 4-8- مکانیسم‌های مقاومت به شوری ..... 117

### فصل پنجم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

- 5-1- نتیجه‌گیری ..... 120
- 5-2- پیشنهادات ..... 122

### فهرست منابع

- منابع فارسی ..... 123
- منابع انگلیسی ..... 125

### پیوست

- پیوست - 1- مقایسه میانگین خصوصیات مورفولوژیک گیاه آلوئه‌ورا، سدیم در چهار سطح (۰،۱۲،۶،۰) و کادمیم در سه سطح (۰،۴،۰) ..... 135
- پیوست - 2- مقایسه میانگین فندهای محلول گیاه آلوئه‌ورا، سدیم در چهار سطح (۰،۶،۱۲،۱۸) و کادمیم در سه سطح (۰،۴،۶) ..... 136
- پیوست - 3- مقایسه میانگین سدیم، پتاسیم، کلر، کادمیم و کلسیم شاخسار و ریشه گیاه آلوئه‌ورا، سدیم در چهار سطح (۰،۶،۱۲،۱۸) و کادمیم (۰،۶) ..... 137
- پیوست - 4- مقایسه میانگین نسبت K/Na و Ca/Na در شاخسار و ریشه گیاه آلوئه‌ورا ..... 138
- پیوست - 5- مقایسه میانگین نسبت شاخسار به ریشه سدیم، پتاسیم، کلر، کادمیم و کلسیم ..... 139

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول 1-1- فهرستی از استراتژی گیاه پالایی	10
جدول 1-3- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک	26
جدول 3-2- مقادیر لازم عناصر پرمصرف و کم مصرف برای ساخت یک لیتر محلول پایه و محلول غذایی هوگلدن	26
جدول 1-4- میانگین تجزیه واریانس خصوصیات مورفولوژیک در سطوح مختلف سدیم و کادمیم گیاه آلوئه ورا	42
جدول 4-2- میانگین تجزیه واریانس فندهای محلول در سطوح مختلف سدیم و کادمیم گیاه آلوئه ورا	46
جدول 4-3- میانگین تجزیه واریانس سدیم، پتاسیم و کلر در شاخسار و ریشه گیاه آلوئه ورا	50
جدول 4-4- میانگین تجزیه واریانس کلسیم و کادمیم شاخسار و ریشه گیاه آلوئه ورا	55
جدول 4-5- میانگین تجزیه واریانس K/Na و Ca/Na اندام هوایی و ریشه گیاه آلوئه ورا	60
جدول 4-6- میانگین تجزیه واریانس نسبت شاخساره به ریشه سدیم، پتاسیم، کلر، کادمیم و کلسیم	115
جدول 4-7- مقایسه میانگین مربعات اثر شوری سدیم کلراید بر جذب کل کادمیم شاخساره و ریشه	116

## فهرست شکل ها

صفحه

عنوان

- شکل 4-1- اثر سدیم کلراید بر ارتفاع گیاه، طول برگ و ریشه در مدت 15 و 45 روز.....35
- شکل 4-2- اثر سدیم کلراید بر ضخامت و سطح برگ در مدت 15 و 45 روز.....37
- شکل 4-3- اثر سدیم کلراید بر وزن تر شاخسار و ریشه در 15 و 45 روز.....38
- شکل 4-4- اثر سدیم کلراید بر وزن خشک شاخسار و ریشه در 15 و 45 روز.....39
- شکل 4-5- اثر سدیم کلراید بر وزن ژل در 15 و 45 روز.....40
- شکل 4-6- اثر سدیم کلراید بر میزان فندهای محلول در 15 و 45 روز.....45
- شکل 4-7- اثر سدیم کلراید بر غلظت سدیم شاخسار و ریشه 15 و 45 روز.....47
- شکل 4-8- اثر سدیم کلراید بر غلظت پتاسیم شاخسار و ریشه 15 و 45 روز.....48
- شکل 4-9- اثر سدیم کلراید بر غلظت کلر شاخسار و ریشه 15 و 45 روز.....49
- شکل 4-10- اثر سدیم کلراید بر غلظت کلسیم شاخسار و ریشه 15 و 45 روز.....51
- شکل 4-11- اثر سدیم کلراید بر غلظت کادمیم شاخساره و ریشه در 15 و 45 روز.....52
- شکل 4-12- اثر سدیم کلراید بر K/Na اندام هوایی و ریشه در 15 و 45 روز.....57
- شکل 4-13- اثر سدیم کلراید بر Ca/Na اندام هوایی و ریشه در 15 و 45 روز.....59
- شکل 4-14- اثر کادمیم کلراید بر ارتفاع گیاه و طول برگ در 15 و 45 روز.....61
- شکل 4-15- اثر کادمیم کلراید بر طول ریشه و ضخامت برگ در 15 و 45 روز.....62
- شکل 4-16- اثر کادمیم کلراید بر سطح برگ، وزن تر شاخسار و ریشه در 15 و 45 روز.....63
- شکل 4-17- اثر کادمیم کلراید بر وزن خشک شاخسار و ریشه در 15 و 45 روز.....64
- شکل 4-18- اثر کادمیم کلراید بر وزن ژل در 15 و 45 روز.....65

- شکل 4-19- اثر کادمیم کلراید بر میزان فندهای محلول در 15 و 45 روز.....67
- شکل 4-20- اثر کادمیم کلراید بر غلظت سدیم شاخسار و ریشه در 15 و 45 روز.....68
- شکل 4-21- اثر کادمیم کلراید بر غلظت پتاسیم شاخساره و ریشه 15 و 45 روز.....69
- شکل 4-22- اثر کادمیم کلراید بر غلظت کلر شاخساره و ریشه در 15 و 45 روز.....70
- شکل 4-23- اثر کادمیم کلراید بر غلظت کلسیم شاخساره و ریشه در 15 و 45 روز.....71
- شکل 4-24- اثر کادمیم کلراید بر غلظت کادمیم شاخساره و ریشه در 15 و 45 روز.....72
- شکل 4-25- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر ارتفاع گیاه و طول برگ در 15 و 45 روز.....74
- شکل 4-26- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر طول ریشه در 15 و 45 روز.....75
- شکل 4-27- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر ضخامت و سطح برگ در 15 و 45 روز.....77
- شکل 4-28- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر وزن تر شاخساره در 15 و 45 روز.....78
- شکل 4-29- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر وزن تر ریشه در 15 و 45 روز.....79
- شکل 4-30- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر وزن خشک شاخسار  
و ریشه در 15 و 45 روز.....81
- شکل 4-31- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر وزن ژل 15 و 45 روز.....82
- شکل 4-32- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر میزان گلوکز در 15 و 45 روز.....84
- شکل 4-33- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر میزان زایلوز و مانوز در 15 و 45 روز.....85
- شکل 4-34- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر غلظت سدیم شاخساره  
و ریشه در 15 و 45 روز.....87
- شکل 4-35- اثر سدیم و کادمیم کلراید بر غلظت پتاسیم شاخساره  
و ریشه در 15 و 45 روز.....89
- شکل 4-36- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر غلظت کلر شاخساره  
و ریشه در 15 و 45 روز.....90
- شکل 4-37- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر غلظت کلسیم شاخساره  
و ریشه در 15 و 45 روز.....92

- شکل 4-38- اثر سدیم و کادمیم کلراید بر غلظت کادمیم شاخساره  
 و ریشه در 15 و 45 روز..... 93
- شکل 4-39- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر ارتفاع گیاه و طول برگ ..... 94
- شکل 4-40- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر طول ریشه و ضخامت و سطح برگ. .... 95
- شکل 4-41- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر وزن تر شاخساره و ریشه. .... 96
- شکل 4-42- اثر توأم سدیم و کادمیم کلراید بر وزن خشک شاخساره و ریشه و ژل. .... 97
- شکل 4-43- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر میزان قندهای محلول. .... 99
- شکل 4-44- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر غلظت سدیم شاخساره و ریشه. .... 100
- شکل 4-45- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر غلظت پتاسیم شاخساره و ریشه. .... 101
- شکل 4-46- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر غلظت کلر شاخساره و ریشه. .... 102
- شکل 4-47- اثر طول دوره رشد و سدیم کلراید بر غلظت کلسیم  
 و کادمیم شاخساره و ریشه. .... 104
- شکل 4-48- اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر ارتفاع گیاه  
 و طول برگ و ریشه. .... 105
- شکل 4-49- اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر ضخامت  
 و سطح برگ و وزن تر شاخساره و ریشه. .... 106
- شکل 4-50- اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر وزن خشک شاخساره  
 و ریشه و وزن ژل. .... 107
- شکل 4-51- اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر قندهای محلول. .... 108
- شکل 4-52- اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر غلظت سدیم  
 و پتاسیم شاخساره و ریشه. .... 109
- شکل 4-53- اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر غلظت کلر شاخساره و ریشه. .... 110
- شکل 4-54- اثر توأم طول دوره رشد و کادمیم کلراید بر غلظت کلسیم  
 و کادمیم شاخساره و ریشه. .... 111

## فهرست تصاویر

صفحه	عنوان
11	تصویر 1-1-1 نمایی از گیاه آلوئه ورا
27	تصویر 3-1-1 برداشت گیاهان و جداسازی اندام هوایی و ریشه
28	تصویر 3-2-2 نمایی از مقایسه طول ریشه گیاهان تحت تیمارهای مختلف
29	تصویر 3-3-3 بریدن برگ‌ها و استخراج ژل
29	تصویر 3-4-4 ترکیب آنتی اکسیدان با ژل
30	تصویر 3-5-5 نمایی از ژل خشک شده
30	تصویر 3-6-6 مرحله تهیه محلول نمونه
30	تصویر 3-7-7 نمایی از انجام مرحله آزمایش فنل سولفوریک اسید

# فصل اول



## مقدمه

### 1-1- کلیات

مشکل شوری در بیشتر اراضی جهان بخصوص در اراضی کشت آبی در مناطق خشک و نیمه خشک وجود دارد. 50٪ از اراضی کشت آبی شور هستند یا در آینده شور خواهند شد. معمولاً شوری اثرات منفی بر عملکرد، رشد و بقای گیاهان و میکروارگانیسمها می‌گذارد. همچنین نوع دیگر شوری خاک، آلوده شدن محیط زیست به فلزات سنگینی است که از کاربرد کودهای شیمیایی در کشاورزی و فعالیت‌های صنعتی ناشی می‌گردد (اوجوری<sup>1</sup> و همکاران، 2009).

خاک شور حاوی نمک‌های محلولی است که به واسطه اثر متقابل عواملی نظیر پتانسیل اسمزی، سمیت و اثر آنتاگونیسم یونی رشد را متوقف ساخته و موجب عدم تعادل تغذیه‌ای می‌شود (ولکمر<sup>2</sup> و همکاران، 1998).

رشد گیاهان در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه، و تأثیر ویژه یون‌ها در فرایندهای متابولیکی کاهش می‌یابد (غلام<sup>3</sup> و همکاران، 2002). میزان کاهش رشد گیاهان مختلف در خاک‌های شور بر حسب درجه مقاومت آن‌ها به شوری متفاوت است. عوامل موثر در رشد گیاهان در شرایط شور شامل: کاهش پتانسیل آب ناشی از وجود نمک‌ها در محیط ریشه، اثر سمیت یون‌ها به ویژه یون‌های سدیم و کلر و عدم تعادل یونی بین یون‌های سدیم، کلر، پتاسیم، نترات و فسفات می‌باشد (نیدو<sup>4</sup> و همکاران، 1990).

---

<sup>1</sup> Owojori

<sup>2</sup> Volkmar

<sup>3</sup> Ghoulam

<sup>4</sup> Naidoo

در تنش شوری، خشکی فیزیولوژیکی به عنوان یک عامل مهم، جذب آب را از خاک محدود می‌سازد. از طرف دیگر افزایش جذب نمک به وسیله گیاهان فرایندهای سلولی را دچار اختلال کرده و به فرایندهای فیزیولوژیک آسیب جدی وارد می‌کند. مکانیزم‌هایی که در مقاومت به شوری گیاهان می‌تواند دخالت داشته باشد عبارتند از: 1- عدم جذب یا جذب ناچیز نمک به داخل گیاه 2- مقاومت یا تحمل بافتی 3- تجمع نمک در واکوئل‌ها بدون آن که از انجام فرایندهای فیزیولوژیک جلوگیری کند 4- مجزاسازی یون‌ها نظیر پتاسیم، کلر، سدیم و سولفات در هنگام جذب ریشه‌ای و انتقال به اندام‌های هوایی 5- فرایندهای بیوشیمیایی مختلف مانند تولید برخی آنزیم‌ها، هورمون‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و غیره (لیوپوید<sup>1</sup> و همکاران، 1984).

## 1-2- آلودگی فلزات سنگین در محیط زیست

غلظت سمی فلزات سنگین در زیست کره، با سرعت و شتاب زیادی در حال افزایش است. چرا که هجوم انقلاب صنعتی و وضعیت فلزات سنگین سمی، مشکلات بزرگی را برای محیط زیست ایجاد کرده است که شامل تخریب سطح زمین و آلوده نمودن زمینهای کشاورزی شده است. همچنین اثرات مستقیمی در ایجاد خسارت زمین‌های کشاورزی، جنگل‌ها یا مراتع داشته و اغلب از تولید نیز می‌کاهد. از دیگر اثرات مستقیم آلودگی آب و هوا و تشکیل لجن در رودخانه‌هاست، که نهایتاً به کاهش تنوع زیستی و عدم سازگاری و کاهش توانایی اقتصادی منجر می‌شود. بنابراین استقرار مجدد پوشش گیاهی در مناطق معدنی و حذف فلزات سنگین از زمین‌های کشاورزی به وسیله گیاهان بسیار مهم می‌باشد (لی یوان و همکاران، 2005).

از 200 سال گذشته تا به امروز انتشار فلزات سنگین به طور نگران کننده‌ای افزایش یافته و به طور قابل توجهی غلظت فلزات در طبیعت زیاد شده است. جذب و تجمع فلزات سنگین توسط گیاهان بهترین راهکار برای کاهش تهدید سلامت غذای انسان و حیوانات به شمار می‌رود که از جمله مهمترین این آلاینده‌ها متالویدآرسنیک<sup>2</sup>، سلینیم، کادمیم، جیوه و سرب

---

<sup>1</sup> Leopoid

<sup>2</sup> Methalloid arsenic

هستند (کلمنز<sup>1</sup> و همکاران، 2006).

فلزات سنگین مهمترین گروه از آلوده‌کننده‌های غیرآلی هستند و منطقه گسترده و قابل توجهی از زمین به وسیله آلاینده‌هایی مانند کمپوست‌های حاصل از فاضلاب‌های شهری، آفت-کشها و کودها، نشر مواد زائد شهری در کوره‌های زباله سوز، آگزوز ماشین‌ها، ته‌مانده‌های معادن فلز و کارخانه‌های ذوب فلز آلوده شده است(هلیم و همکاران، 2003 و گبسیو<sup>2</sup> و همکاران، 2003).

هر چند فلزات به طور طبیعی در غلظت‌های گوناگون در پوسته زمین وجود دارند و بیشتر آن‌ها برای گیاهان ضروری‌اند (مثل: مس، آهن، منگنز، نیکل و روی) اما همه فلزات در غلظت‌های بالا سمی هستند. بخصوص فلزاتی که آلاینده نیز محسوب می‌شوند، اگر غلظت بالایی داشته باشند باعث آسیب به انسان و محیط زیست خواهند شد (مین اینتایر<sup>3</sup>، 2003). غلظت فلزات در خاک معمولاً در گستره کمتر از یک تا به بالا مثل  $100000 \text{ mgr/kg}$  است. صرف نظر از منشا فلزات در خاک، بیشتر فلزات در غلظت‌های خیلی زیاد، می‌توانند در کیفیت دانه بندی خاک، عملکرد گیاه و کیفیت تولیدات کشاورزی اثر منفی داشته باشند (لانگ و همکاران، 2002).

این فلزها و شبه فلزها که شامل: آرسنیک، کادمیم، کروم، مس، سرب، جیوه، نیکل، سلنیم، نقره و روی هستند، بر سلامت اکوسیستم‌های طبیعی اثر منفی دارند (بلی لاک<sup>4</sup> و همکاران، 2000). با ماندگاری طولانی مدت این فلزات سنگین، خطرات آنها بر محیط زیست و سلامتی انسان‌ها و حیوانات بیشتر می‌گردد (گیسبرت<sup>5</sup> و همکاران، 2003).

به طور مثال، سرب از فلزاتی است که تخمین زده شده 150-5000 سال در خاک پایدار است و گزارش شده که در غلظت‌های بالا ماندگاری بیشتری در خاک داشته باشد. همچنین متوسط نیمه عمر بیولوژیکی کادمیم 18 سال است که می‌تواند در بدن تا 10 سال باقی بماند. یکی دیگر از دلایل سمیت فلزات سنگین این است که این فلزات ممکن است در زنجیره غذایی انسان‌ها و حیوانات وارد شوند و باعث تخریب DNA و اثرات سرطانی نیز شوند (یانگ و

---

<sup>1</sup> Clemens

<sup>2</sup> Gabisu

<sup>3</sup> MinIntyre

<sup>4</sup> BlayLock

<sup>5</sup> Gisbert

### 1-3- کادمیم در محیط زیست

مقدار متوسط کادمیم در لیتوسفر ppm 0/2 تخمین زده شده و در خاک 0/01 تا 0/70 است، که متوسط آن در خاک 0/06ppm می باشد (لیندزی<sup>1</sup> و همکاران، 1962). کادمیم فلز سنگینی است که خطرات بزرگی در محیط زیست ایجاد می کند و باعث مسمومیت در انسانها و حیوانات می شود. گیاهان می توانند غلظت های زیادی از کادمیم را بدون اثر سمیت در خود تجمع دهند، اما حیواناتی که از این گیاهان می خورند مسموم می شوند. اثر سمیت کادمیم روی انسان بیشتر از حیوانات است، چرا که در طولانی مدت کادمیم در اندام هایشان با خوردن غذاهای آلوده به آن تجمع می یابد. با پیشرفت صنعت، این فلز با مواد زائد صنعتی وارد محیط زیست می گردد مثل فرایندهای آبکاری الکتریکی، کارخانه های پلاستیک، معادن، رنگ های نقاشی، تهیه آلیاژها و باتری های که محتوی کادمیم هستند. ابزارآلات خانگی، اتومبیل و کامیون ها، ابزارآلات کشاورزی، قسمت هایی از هواپیما، ابزارهای صنعتی و ابزارهای دستی و انواع اتصالات (مثل چرخ دنده ها، زبانه ها، پیچ ها و میخ ها) همه معمولا با کادمیم پوشش دار شده اند. کادمیم همچنین در عکاسی ها، لاستیک ها، قارچ کشها و صفحات مهتابی ها استفاده می - شود. فلزات سنگین با اضافه شدن کمپوست و کودهایی که به طور کامل اکسید شده باشند نیز وارد خاک می گردند که باید این منابع را نیز کنترل نمود. زباله های خانگی نیز محتوی فلزات سنگینی هستند که از مایع های ظرفشویی و تمیزکننده ها ناشی می گردند (کایرکام<sup>2</sup>، 2006).

---

<sup>1</sup> Lindsay

<sup>2</sup> Kirkham