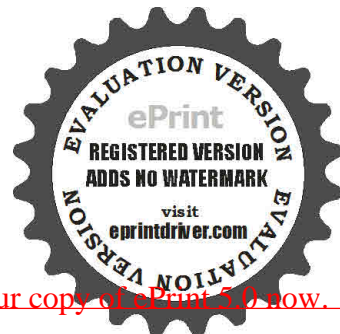


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ
وَالَّذِي يُضَوِّبُ الْمَوْتِ
وَالَّذِي يُضَوِّبُ الْمَوْتِ





دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی
گروه زیست شناسی دریا

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ی زیست شناسی دریا گرایش آلودگی دریا

تجمع فلزات سنگین (مس، سرب، نیکل ، کادمیوم و روی) در رسوب و گیاه
مانگرو در منطقه بندر امام خمینی و دیر

اساتید راهنما:

دکتر علیرضا صفاهیه

دکتر علی دادالهی سهراب

اساتید مشاور:

دکتر کمال غانمی

دکتر عبدالمجید دورقی

پژوهشگر:

میترا چراغی

مهرماه ۹۰



نام: میترا	نام خانوادگی: چراغی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته و گرایش: بیولوژی دریا-آلودگی دریا
اساتید راهنما: دکتر علیرضا صفاهیه, دکتر علی دادالهی سهراب	
اساتید مشاور: دکتر کمال غانمی, دکتر عبدالمجید دورقی	تاریخ دفاع: ۹۰/۷/۱۹
کلید واژه ها: فلزات سنگین، مانگرو، رسوبات، بندر امام خمینی	
<p>چکیده:</p> <p>فلزات سنگین جزو آلاینده‌های پایدار می‌باشند که قابلیت تجزیه بیولوژیکی ندارند و غلظت‌های بالای آن‌ها در اکوسیستم به موجودات زنده آسیب می‌رساند. از این‌رو پاکسازی اکوسیستم از این آلاینده‌ها امری ضروری می‌باشد. مطالعات پیشین انجام شده بر جنگل‌های مانگرو نشان داده‌اند که این اکوسیستم‌ها نقش مهمی در کاهش تحرک فلزات سنگین در محیط داشته‌اند. این مطالعه به منظور ارزیابی قابلیت رویشگاه‌های مانگرو در جذب فلزات سنگین (مس، سرب، نیکل، کادمیوم و روی) از محیط انجام گردید. بدین منظور نمونه برداری از برگ و ریشه‌ی درخت حرا و رسوبات سه رویشگاه دست کاشت در منطقه‌ی بندر امام خمینی در دو فصل تابستان و زمستان صورت گرفت. جهت مقایسه نتایج با یک اکوسیستم طبیعی، از جنگل حرای بردستان در دو فصل مذکور نیز نمونه برداری انجام شد. از هر رویشگاه مجموعاً ۹ نمونه‌ی رسوب، ۹ نمونه‌ی ریشه (هر نمونه حاوی تقریباً ۶ قطعه ریشه) و ۹ نمونه‌ی برگ (هر نمونه حاوی حدوداً ۲۵ برگ) برداشت گردید. پس از هضم نمونه‌ها در آزمایشگاه، غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت مس، سرب، نیکل، کادمیوم و روی در رسوبات به ترتیب در محدوده‌ی ۵۲/۵۵-۱۰/۳۰، ۴۱/۸۸-۱/۸۷، ۱۲۲/۲۶-۱۳۶/۳۶، ۶۶/۲۵-۰/۶ و ۴۱/۴-۱۱۶/۸۹ میکرو گرم بر گرم بود. غلظت همه‌ی فلزات سنگین پایین‌تر از مقادیر پیشنهادی استانداردهای کیفیت رسوب قرار داشت. غلظت مس، سرب، نیکل، کادمیوم و روی در ریشه به ترتیب در محدوده‌ی ۱۵-۶/۱۷، ۴/۰۸-۸/۹۷، ۰/۳۷-۶/۵ و ۲۶/۵-۵۷/۴۷ و غلظت این عناصر در برگ به ترتیب ۳/۷۶-۷/۸۷، ۱۰/۵۴-۰/۸۹، ۰/۹۷-۵/۲۶، ۰/۰۹-۲/۷۶ و ۱۵/۳۷-۳۰/۱۳ بدست آمد. به طور کلی روند تجمع فلزات مورد بررسی در رسوب و بافت‌های درخت حرا به صورت: رسوب < ریشه < برگ بود که مبین این نکته است که جذب فلزات توسط گیاه حرا با غلظت کمتری نسبت به رسوب صورت می‌گیرد. همچنین میزان تجمع فلزات سنگین در ریشه‌ی حرا نسبت به برگ آن بی‌شتر می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون همبستگی بین غلظت همه‌ی فلزات مورد مطالعه در رسوبات و بافت‌های گیاه، مستقیم و معنی‌دار بود ($p < 0.05$) که مبین آن است که این گیاه به ویژه ریشه‌ی آن پایشگر مناسبی برای فلزات سنگین مس، سرب، نیکل، کادمیوم و روی می‌باشد. به نظر می‌رسد گیاه مانگرو توانایی بالایی برای جذب و ذخیره‌ی فلزات سنگین مطالعه شده در خود نداشته باشد، هر چند تولید مواد آلی بسیار زیاد در منطقه‌ی مانگرو می‌تواند فلزات سنگین را به دام انداخته و مانع جابجایی آن‌ها شوند.</p>	



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه و کلیات
۱-۱-۱	مقدمه..... ۱
۱-۱-۲	فلز مس..... ۲
۱-۱-۳	فلز سرب..... ۳
۱-۱-۴	فلز نیکل..... ۳
۱-۱-۵	فلز کادمیوم..... ۴
۱-۱-۶	فلز روی..... ۴
۲-۱	راه‌های مقابله با آلودگی فلزات سنگین..... ۵
۳-۱	گیاه پالایی..... ۵
۱-۳-۱	استخراج گیاهی..... ۶
۲-۳-۱	تشبیت گیاهی..... ۷
۳-۳-۱	تجزیه‌ی ریشه‌ای..... ۷
۴-۳-۱	تجزیه‌ی گیاهی..... ۸
۵-۳-۱	تبخیر گیاهی..... ۸
۴-۱	جنگل‌های مانگرو..... ۹
۵-۱	اهمیت مانگروها..... ۱۱
۶-۱	توزیع مانگروها در جهان..... ۱۲
۷-۱	جنگل‌های مانگرو در ایران..... ۱۲
۸-۱	رویشگاه‌های حرا در منطقه‌ی بندر امام خمینی..... ۱۴
۹-۱	گیاه شناسی درخت حرا..... ۱۶
۱۰-۱	فرضیه‌های تحقیق..... ۱۷
۱۱-۱	اهداف تحقیق..... ۱۷
۱۲-۱	پیشینه موضوع..... ۱۸

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۱-۲	منطقه‌ی مورد مطالعه..... ۲۱
۲-۲	نمونه برداری..... ۲۵
۳-۲	آماده سازی نمونه‌ها..... ۲۶
۴-۲	هضم نمونه‌ها..... ۲۸
۵-۲	سنجش غلظت فلزات..... ۲۹
۳۰	تعیین غلظت فلزات سنگین..... ۳۰
۳۰	پردازش داده‌ها..... ۳۰



فصل سوم: نتایج

- ۳۱-۱-۳- فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب..... ۳۱
- ۳۱-۱-۱- اکسیژن محلول..... ۳۱
- ۳۲-۱-۲- pH..... ۳۲
- ۳۳-۲-۳- غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب..... ۳۳
- ۳۳-۱-۲- مس..... ۳۳
- ۳۴-۲-۲- سرب..... ۳۴
- ۳۵-۳-۲- نیکل..... ۳۵
- ۳۵-۴-۲- کادمیوم..... ۳۵
- ۳۶-۵-۲- روی..... ۳۶
- ۳۷-۳-۳- غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های ریشه..... ۳۷
- ۳۷-۱-۳- مس..... ۳۷
- ۳۸-۲-۳- سرب..... ۳۸
- ۳۸-۳-۳- نیکل..... ۳۸
- ۳۹-۴-۳- کادمیوم..... ۳۹
- ۴۰-۵-۳- روی..... ۴۰
- ۴۰-۴-۳- غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های برگ..... ۴۰
- ۴۰-۱-۴- مس..... ۴۰
- ۴۱-۲-۴- سرب..... ۴۱
- ۴۲-۳-۴- نیکل..... ۴۲
- ۴۳-۴-۴- کادمیوم..... ۴۳
- ۴۳-۵-۴- روی..... ۴۳
- ۴۴-۵-۳- بررسی همبستگی بین غلظت فلزات در رسوب و ریشه‌ی گیاه..... ۴۴
- ۴۴-۱-۵- فلز مس..... ۴۴
- ۴۵-۲-۵- فلز سرب..... ۴۵
- ۴۵-۳-۵- فلز نیکل..... ۴۵
- ۴۶-۴-۵- فلز کادمیوم..... ۴۶
- ۴۶-۵-۵- فلز روی..... ۴۶
- ۴۷-۶-۳- بررسی همبستگی بین غلظت فلزات در رسوب و برگ گیاه..... ۴۷
- ۴۷-۱-۶- فلز مس..... ۴۷
- ۴۷-۲-۶- فلز سرب..... ۴۷
- ۴۸-۳-۶- فلز نیکل..... ۴۸
- ۴۸-۴-۶- فلز کادمیوم..... ۴۸
- ۴۹-۵-۶- فلز روی..... ۴۹
- ۴۹-۶-۶- بررسی همبستگی بین غلظت فلزات در ریشه و برگ..... ۴۹



۴۹.....	۳-۷-۱- فلز مس.....
۵۰.....	۳-۷-۲- فلز سرب.....
۵۰.....	۳-۷-۳- فلز نیکل.....
۵۱.....	۳-۷-۴- فلز کادمیوم.....
۵۱.....	۳-۷-۵- فلز روی.....

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

۵۲.....	۴-۱- غلظت فلزات سنگین در رسوبات.....
۵۸.....	۴-۱-۱- مقایسه‌ی میزان فلزات سنگین رسوبات با استانداردهای جهانی.....
۵۹.....	۴-۲- غلظت فلزات سنگین در بافت‌های گیاه.....
۶۹.....	۴-۳- همبستگی بین غلظت فلزات در رسوب و ریشه‌ی گیاه.....
۶۹.....	۴-۴- همبستگی بین غلظت فلزات در رسوب و برگ گیاه.....
۶۹.....	۴-۵- همبستگی بین غلظت فلزات در ریشه و برگ گیاه.....
۷۱.....	۴-۶- نتیجه گیری نهایی.....
۷۳.....	پیشنهادات.....
۷۴.....	منابع.....



فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	
شکل ۱-۱- مکانیسم‌های گیاه پالایی.....	۹
شکل ۱-۲- تصویر جنگل حرا.....	۱۴
فصل دوم: مواد و روش‌ها	
شکل ۱-۲- نقشه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه.....	۲۲
شکل ۲-۲- تصویر رویشگاه ۱.....	۲۳
شکل ۳-۲- تصویر رویشگاه ۲.....	۲۳
شکل ۴-۲- تصویر رویشگاه ۳.....	۲۴
شکل ۵-۲- تصویر رویشگاه ۴.....	۲۴
شکل ۶-۲- عملیات نمونه برداری.....	۲۵
شکل ۷-۲- آماده‌سازی نمونه‌های رسوب قبل از قرار دادن در آون.....	۲۶
شکل ۸-۲- آماده‌سازی نمونه‌های ریشه قبل از قرار دادن در آون.....	۲۷
شکل ۹-۲- آماده‌سازی نمونه‌های برگ قبل از قرار دادن در آون.....	۲۷
شکل ۱۰-۲- فیلتراسیون نمونه‌ها توسط کاغذ صافی.....	۲۸
شکل ۱۱-۲- دستگاه جذب اتمی.....	۲۹
فصل سوم: نتایج	
شکل ۱-۳- اکسیژن محلول در آب رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل‌های زمستان و تابستان.....	۳۲
شکل ۲-۳- pH آب در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل‌های زمستان و تابستان.....	۳۳
شکل ۳-۳- مقایسه غلظت مس در رسوب رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل‌های زمستان و تابستان.....	۳۴
شکل ۴-۳- مقایسه غلظت سرب در رسوب رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل‌های زمستان و تابستان.....	۳۴
شکل ۵-۳- مقایسه غلظت نیکل در رسوب رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل‌های زمستان و تابستان.....	۳۵
شکل ۶-۳- مقایسه غلظت کادمیوم در رسوب رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل‌های زمستان و تابستان.....	۳۶
شکل ۷-۳- مقایسه غلظت روی در رسوب رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل‌های زمستان و تابستان.....	۳۷
شکل ۸-۳- مقایسه غلظت مس در ریشه گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل- زمستان و تابستان.....	۳۷



- شکل ۳-۹- مقایسه غلظت سرب در ریشه گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل-
 های زمستان و تابستان..... ۳۸.
- شکل ۳-۱۰- مقایسه غلظت نیکل در ریشه گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل-
 های زمستان و تابستان..... ۳۹.
- شکل ۳-۱۱- مقایسه غلظت کادمیوم در ریشه گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در
 فصل‌های زمستان و تابستان ۳۹.
- شکل ۳-۱۲- مقایسه غلظت روی در ریشه گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل-
 های زمستان و تابستان..... ۴۰.
- شکل ۳-۱۳- مقایسه غلظت مس در برگ گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل-
 های زمستان و تابستان..... ۴۱.
- شکل ۳-۱۴- مقایسه غلظت سرب در برگ گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل-
 های زمستان و تابستان..... ۴۲.
- شکل ۳-۱۵- مقایسه غلظت نیکل در برگ گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل-
 های زمستان و تابستان..... ۴۲.
- شکل ۳-۱۶- مقایسه غلظت کادمیوم در برگ گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در
 فصل‌های زمستان و تابستان ۴۳
- شکل ۳-۱۷- مقایسه غلظت روی در برگ گیاه در رویشگاه‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) در فصل-
 های زمستان و تابستان..... ۴۴.
- شکل ۳-۱۸- همبستگی غلظت مس در رسوب و ریشه..... ۴۴.
- شکل ۳-۱۹- همبستگی غلظت سرب در رسوب و ریشه..... ۴۵.
- شکل ۳-۲۰- همبستگی غلظت نیکل در رسوب و ریشه..... ۴۵.
- شکل ۳-۲۱- همبستگی غلظت کادمیوم در رسوب و ریشه..... ۴۶.
- شکل ۳-۲۲- همبستگی غلظت روی در رسوب و ریشه..... ۴۶.
- شکل ۳-۲۳- همبستگی غلظت مس در رسوب و برگ..... ۴۷.
- شکل ۳-۲۴- همبستگی غلظت سرب در رسوب و برگ..... ۴۷.
- شکل ۳-۲۵- همبستگی غلظت نیکل در رسوب و برگ..... ۴۸.
- شکل ۳-۲۶- همبستگی غلظت کادمیوم در رسوب و برگ..... ۴۸.
- شکل ۳-۲۷- همبستگی غلظت روی در رسوب و برگ..... ۴۹.
- شکل ۳-۲۸- همبستگی غلظت مس در بافت ریشه و برگ..... ۴۹.
- شکل ۳-۲۹- همبستگی غلظت سرب در بافت ریشه و برگ..... ۵۰.
- شکل ۳-۳۰- همبستگی غلظت نیکل در بافت ریشه و برگ..... ۵۰.
- شکل ۳-۳۱- همبستگی غلظت کادمیوم در بافت ریشه و برگ..... ۵۱.
- شکل ۳-۳۲- همبستگی غلظت روی در بافت ریشه و برگ..... ۵۱.



فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	
جدول ۱-۱ - رده‌بندی درخت حرا.....	۱۶
فصل دوم: مواد و روش‌ها	
جدول ۱-۲ - موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری.....	۲۲
فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری	
جدول ۱-۴ - مقایسه مقدار فلزات سنگین (میکرو گرم بر گرم وزن خشک) رسوبات رویشگاه‌های مورد مطالعه با سایر مطالعات صورت گرفته.....	۵۷
جدول ۲-۴ - مقایسه غلظت فلزات سنگین (میکرو گرم بر گرم) در رسوبات منطقه‌ی مورد مطالعه با استانداردهای بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) NOAA.....	۵۸
جدول ۳-۴ - مقایسه‌ی الگوی توزیع فلزات در بافت‌های بندر امام (۱، ۲ و ۳) و بردستان (۴) گیاه و رسوب با سایر مطالعات.....	۶۵
جدول ۴-۴ - مقادیر ضریب غنی‌شدگی برگ و ریشه و فاکتور انتقال فلزات سنگین در گیاه حرا.....	۶۷
جدول ۵-۴ - مقایسه‌ی مقادیر ضریب غنی‌شدگی برگ و ریشه و فاکتور انتقال فلزات سنگین در <i>Avicennia marina</i> و <i>Typha latifolia</i>	۶۸



فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱ - مقدمه

توسعه‌ی روزافزون صنعت اگر چه مزایای بی‌شماری را به همراه دارد ولی متأسفانه مشکلات خاصی همچون آلودگی محیط زیست را نیز به دنبال دارد. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین مباحثی است که در سال‌های اخیر به آن توجه ویژه‌ای شده است و مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته است (El-Moselhy and Gabal, 2004; Idris *et al.*, 2007; Kar *et al.*, 2008) زیرا این اکوسیستم‌ها به طور طبیعی دریافت‌کننده‌ی نهایی فلزات سنگین هستند (Peng *et al.*, 2009).

فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم محیط‌های طبیعی می‌باشند، زیرا به دلیل سمیت، پایداری و عدم تجزیه‌ی بیولوژیکی، این عناصر تمایل زیادی به تجمع در موجودات آبی دارند و در بافت‌های نرم‌تنان، دوکفه‌ای‌ها و ماهیان تجمع می‌یابند (Ikem and Egiebor, 2005). با تغذیه‌ی دیگر موجودات از این آبزیان، گسترش آلاینده‌ی به سطوح بالاتر و بالاخره به انسان که در رأس زنجیره‌های غذایی قرار دارد، می‌رسد و در بسیاری موارد سلامتی را تهدید می‌نماید (Mojtahid *et al.*, 2008).



فعالیت‌های مختلف انسانی باعث ورود این آلاینده‌ها به اکوسیستم می‌شوند. این عناصر از راه تخلیه‌ی مستقیم و یا به طور غیر مستقیم توسط رواناب‌های ناشی از باران و همچنین از طریق اتمسفر وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند (de Mora *et al.*, 2004; Szalinska *et al.*, 2006). از جمله منابع عمده‌ی ورود مستقیم فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی، پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی، شهری، رواناب‌های کشاورزی، فعالیت‌های قایقرانی و معدن‌کاوی است (Tam and Wong, 2000; Cox and Preda, 2005; Gonzalez-Mendoza *et al.*, 2007).

خوریات ماهشهر نیز از جمله اکوسیستم‌هایی هستند که تحت تأثیر این آلاینده‌ها قرار دارند. علاوه بر تردد شناورهای محلی، کشتی‌های تجاری و نفتکش‌ها، توسعه‌ی صنایع پتروشیمی و شهرنشینی نیز در مجاورت این مناطق، موجب ورود انواع آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین (مس، سرب، نیکل، کادمیوم و روی) به این نواحی می‌گردد (فقیری، ۱۳۸۸؛ عبدالله پور منیخ، ۱۳۸۹؛ فرهاد، ۱۳۸۹).

۱-۱-۱- فلز مس:

پالایش نفت یکی از راه‌های ورود مس به محیط آبی است (Patnalk, 2002). علاوه بر این، استفاده از این عنصر در مواد ضد زنگ در بدنه‌ی کشتی‌ها، فاضلاب‌های شهری، صنعتی و پساب‌های کشاورزی نیز باعث ورود این فلز به محیط می‌شوند (مریدی و همکاران، ۱۳۸۶). مقادیر کم این عنصر برای گیاهان، جانوران و انسان ضروری می‌باشد و در تنفس، فتوسنتز و سنتز پروتئین در گیاهان، در ساختار هموسیانین جانوران و رشد و نمو جنین انسان، نقش اساسی دارد (Shorrocks and Alloway, 1988). اگرچه مس از عناصر ضروری محسوب می‌شود، اما غلظت بیش از حد آن، باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان شده و فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی مانند فتوسنتز و رشد را به طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mattioni *et al.*, 1997). از سوی دیگر مقادیر بالای این عنصر در انسان سبب بروز بیماری‌های مختلفی از جمله کم‌خونی (Nittis and Gitlin, 2002)، سیروز کبد (Klomp *et al.*, 2003)، آلزایمر (Maurer *et al.*, 2000; Bush, 2000; Maurer *et al.*, 2000; Brown, 2002; Bayer *et al.*, 2003)، پارکینسون (Bayer *et al.*, 2003) و سرطان (Erlar *et al.*, 2006) می‌شود.



۱-۱-۲- فلز سرب:

لوله‌های انتقال نفت و گاز، مکان تعمیر شناورها و تخلیه‌ی پساب‌های صنعتی از جمله منابع ورود سرب به محیط دریا می‌باشند (Patnalk, 2002). احتراق سوخت‌های فسیلی و ریزش‌های جوّی نیز از راه‌های انتقال این عنصر به اکوسیستم‌های آبی می‌باشند (Pacyna and Pacyna, 2001). سرب فلزی غیر ضروری برای بدن است، به طوری که وجود هر مقدار از آن در بدن نشانگر آلودگی به این عنصر می‌باشد (Conor, 2002). از آثار سرب در گیاه می‌توان به زردی برگ‌های جوان، کاهش جذب برخی عناصر ضروری مانند آهن، کاهش میزان فتوسنتز (Prasad and Strzalka, 1999) و کاهش فعالیت‌های درون سلولی (Larbi *et al.*, 2003) اشاره کرد. بالابودن میزان سرب در خون بچه‌ها بر رشد آن‌ها تأثیر منفی می‌گذارد و بر سیستم عصبی آن‌ها نیز اثرات حاد دارد. از دیگر اثرات منفی این فلز، می‌توان به تأثیر آن بر سلول‌های کبدی اشاره کرد (Ahamed *et al.*, 2007). سرب باعث ناهنجاری ژنتیکی، آسیب به کروموزم و سرطان نیز می‌شود (Garcia-Leston *et al.*, 2010).

۱-۱-۳- فلز نیکل:

نیکل به طور وسیعی در تولید استیل‌های ضدزنگ و آلیاژهای مقاوم به خوردگی مثل لوله‌های ساخته شده از آلیاژهای نیکل و مس، کاربرد دارد. از ورقه‌های نیکل به عنوان روکش محافظتی برای فلزات دیگر استفاده می‌شود. همچنین نیکل به عنوان کاتالیزور در کارخانجات نفت و روغن به کار می‌رود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۴). این فلز، عنصری ضروری بوده و مقادیر کم آن در متابولیسم نیتروژن در گیاه نقش مؤثری دارد (Baycu *et al.*, 2006). همچنین میزان اندکی از این عنصر برای تولید سلول‌های قرمز خون در بدن انسان نیاز می‌باشد (گلستانه، ۱۳۸۹). بر اساس مطالعات انجام شده، میزان نیکل مورد نیاز انسان کمتر از ۱۰۰ میکرو گرم در هر روز است (Goyer, 1991). مشخص شده است که افزایش غلظت نیکل در گیاه سبب نکروزه شدن برگ‌ها و کاهش قطر ریشه و انشعابات آن می‌شود (Molas and Baran, 2004). مقادیر کم نیکل (۱۳ تا ۰۲ میلی گرم نیکل بر مترمکعب)، باعث بروز ناهنجاری و سقط جنین در انسان و حیوانات می‌گردد (Goyer, 1991). نیکل همچنین باعث سرطان حنجره و بینی، شش و ناهنجاری‌هایی مثل پوکی استخوان، تأثیر بر سیستم عصبی، تأثیر بر عضلات دستگاه تنفسی و قلب، ایجاد سردرد، تشنج و نیز سرطان سینوس‌ها می‌شود (Wright and Welbourn, 2002).



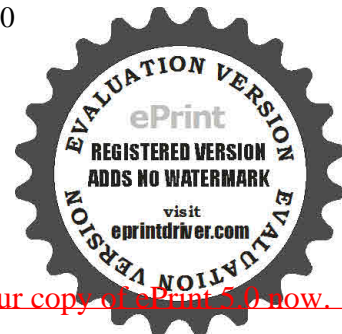
۱-۱-۴- فلز کادمیوم:

منابع عمده‌ی فلز کادمیوم شامل احتراق سوخت‌های فسیلی و خاکسترسازی زباله‌ها است (مرادی، ۱۳۸۹). همچنین این عنصر در فاضلاب‌های صنعتی، پلاستیک‌ها، کودهای شیمیایی، فضولات و لجن فعال نیز وجود دارد (Wright and Welbourn, 2002). این عنصر، فلزی غیر ضروری برای موجودات زنده می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که کادمیوم در غلظت‌های کم در حد میلی مولار و در زمان‌های طولانی، اثرات سمی متنوعی در گیاهان از خود نشان می‌دهد که می‌توان ممانعت از سنتز DNA، RNA، پروتئین و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌ها را نام برد (Pistocchi *et al.*, 2000; Romero-Puetas *et al.*, 2002). از سوی دیگر این فلز در بروز بیماری ایتای-ایتای^۱ در انسان نقش دارد. از اثرات این بیماری، آسیب به کلیه (شامل تأثیر بر عملکرد گلوومرول)، تضعیف سیستم ایمنی، پوکی استخوان، کمردرد و بدشکلی اسکلت می‌باشد (Inaba *et al.*, 2005). کادمیوم همچنین به اندام‌هایی چون کبد و شش‌ها (Kasuya *et al.*, 2000) آسیب شدید می‌رساند. از سوی دیگر این فلز باعث بروز انواع سرطان‌ها چون سرطان ریه، کلیه و پروستات (Waalkes, 2003)، معده و پانکراس (Nakamura *et al.*, 2002) نیز می‌شود.

۱-۱-۵- فلز روی:

به طور کلی شناورها، نفتکش‌ها، اسکله‌های نفتی و پساب‌های صنایع همجوار با دریا و نیز رودخانه‌های منتهی به دریا از منابع ورود فلز روی به اکوسیستم آبی می‌باشند (Pourang *et al.*, 2005). عنصر روی در ترکیب رنگ‌های مورد استفاده در بدنه‌ی کشتی‌ها نیز وجود دارد (مریدی و همکاران، ۱۳۸۶). این عنصر، یکی از فلزات ضروری برای رشد و نمو گیاهان بوده و در عملکرد بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاه تأثیر بسزایی دارد (Rion and Alloway, 2004). روی، همچنین در ساختار آنزیم‌ها نقش اساسی دارد. علی‌رغم نقش بسیار مهم روی در راه اندازی اغلب فرآیندهای متابولیکی گیاه، تمرکز بالای این فلز در گیاهان در رشد طبیعی آن‌ها اختلال ایجاد کرده و مانع رشد و نمو گیاهان می‌گردد (Rout and Das, 2003). در مورد بیماری‌های ناشی از این عنصر در انسان اطلاعات چندانی در دست نیست زیرا نسبت به سایر میکرو نوترینت‌های ضروری، نقش مهم‌تری در بدن دارد و در غلظت‌های بسیار بالا آثار سمیت آن ظاهر می‌شود. با توجه به مطالعه‌ی انجام شده بر کارگران شاغل در معادن روی، غلظت بالای این فلز باعث بروز مشکلات کلیوی و ادراری می‌گردد (Hutzinger, 1980).

1- Itai-Itai



۱-۲- راه‌های مقابله با آلودگی فلزات سنگین

با توجه به مطالب بیان شده، حذف فلزات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روش‌های اصلی حذف فلزات سنگین از محیط آبی شامل فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشد. روش‌های فیزیکی عمدتاً شامل تصفیه، جذب سطحی، اسمز معکوس (جداسازی غشایی) و تبخیر (بیشتر برای تصفیه‌ی آب) می‌باشد. از سوی دیگر فرآیندهای شیمیایی متعددی برای حذف فلزات سنگین ارائه شده است که می‌توان به رسوب دهی شیمیایی، اکسایش و کاهش و تبادل یونی اشاره کرد (Guo and Lau, 2002). از آن-جایی که روش‌های رایج فیزیکی و شیمیایی ذکر شده، در غلظت‌های پایین فلزات سنگین کارایی ندارند و بسیار گران و پرهزینه هستند و نیز با توجه به این که صنعت به دنبال روش‌های ارزان و مناسب برای جذب و حذف فلزات است، بنابراین در چند سال اخیر به روش‌های زیستی متوسل شده‌اند. اجرای روش‌های نوین زیستی در پالایش مکان‌های آلوده کم هزینه بوده و کارایی بالایی دارد (Terry and Banuelos, 2000).

یکی از روش‌های زیست پالایی خاک‌ها و رسوبات که به دلیل هزینه‌ی نسبتاً کم و سهولت در اجرا، در سال‌های اخیر به آن توجه زیادی شده است، گیاه‌پالایی می‌باشد (Mattina *et al.*, 2003; Pilon-Smits, 2005; Ginneken *et al.*, 2007). این فرآیند به ویژه برای تصفیه‌ی سیستم‌های آلوده‌ای که غلظت آلاینده‌های آن‌ها کم است، بیشتر کاربرد دارد (UNEP, 2002; McCutcheon and Schnoor, 2003).

۱-۳- گیاه‌پالایی^۱

گیاه‌پالایی استفاده از گیاهان و میکروبی‌های وابسته به آن‌ها برای پاکسازی محیط است. در این روش از گیاهان بومی و مقاوم جهت پالایش خاک‌ها و رسوبات آلوده به ترکیبات آلی و معدنی استفاده می‌گردد (Lasat, 2000). این تکنولوژی یک فرآیند طبیعی است که در ناحیه ریزوسفری گیاه رخ می‌دهد و طی آن آلاینده‌های آلی و معدنی تجزیه شده و کاهش می‌یابند (Pilon-Smits, 2005). گیاهان مورد استفاده در این روش بایستی از ویژگی‌های خاصی برخوردار باشند تا بتوانند نقش خود را به عنوان یک پالایشگر طبیعی به خوبی ایفا نمایند. از مهم‌ترین این ویژگی‌ها می‌توان به قابلیت تحمل غلظت بالای فلزات، امکان ذخیره‌ی فلز در بافت‌های گیاه، دارا بودن بیومس بالا و در نهایت داشتن سیستم ریشه‌ای قوی اشاره کرد (Alkorta and Garbisu, 2001).

1- Phytoremediation



هدف نهایی از کاشت گیاهان در زمین‌های آلوده، جذب، تجمع، تجزیه و حذف آلاینده‌ها است. در چند سال گذشته نیز گزارش‌هایی مبنی بر اصلاح و بهبود خاک‌های آلوده در حضور گیاهان ارائه شده است (Binet *et al.*, 2003; Joner, 2003; Mattina, *et al.*, 2003).

در فرآیند گیاه پالایی چندین مکانیسم وجود دارد که می‌توانند باعث تصفیه‌ی آلاینده‌ها از محیط شوند که در گونه‌های مختلف گیاهی، متفاوت است. این مکانیسم‌ها شامل استخراج گیاهی^۱، تثبیت گیاهی^۲، تجزیه‌ی ریشه-ای^۳، تجزیه‌ی گیاهی^۴ و تبخیر گیاهی^۵ می‌باشد.

۱-۳-۱ - استخراج گیاهی

استخراج گیاهی، جذب مواد آلاینده توسط ریشه‌ها و سپس تجمع این مواد در اندام هوایی گیاه می‌باشد که عموماً به صورت بیومس گیاهی برداشت و از بین برده می‌شود (شکل ۱-۱). استخراج گیاهی برای فلزات (کادمیوم، کبالت، کروم، منگنز، جیوه، مس، سرب، روی، نیکل و مولیبدن) (Horne, 2000; Bennett *et al.*, 2003)، شبه فلزات (سلنیوم و آرسنیک) (Banuelos, 2000) و مواد رادیواکتیو (اورانیوم ۲۳۴، اورانیوم ۲۳۸، سزیم ۱۳۷ و استرانسیم ۹۰) (Dushenkov and Kapulnik, 2000; Dushenkov, 2003) به کار می‌رود. این آلاینده‌ها درون گیاه تجزیه نمی‌شوند و یا تغییر شکل نمی‌یابند (Pivetz, 2001) بلکه گیاه تنها به عنوان یک تجمع دهنده عمل می‌کند. استخراج گیاهی برای جذب مواد آلی یا آلاینده‌های غذایی به وسیله‌ی گیاه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، چون این مواد می‌توانند متابولیز شده، تغییر شکل یافته و یا توسط گیاه تبخیر شوند، به طوری که از تجمع این آلاینده‌ها در گیاه جلوگیری به عمل می‌آید.

محیط هدف در فرآیند استخراج گیاهی، خاک می‌باشد ولی این فرآیند می‌تواند مواد آلاینده‌ی موجود در رسوبات و لجن‌ها را نیز پاکسازی نماید. فرآیند مذکور معمولاً در ناحیه‌ی ریشه‌ی گیاهان انجام می‌شود. ریشه‌ی گیاه ممکن است در نقاط کم عمقی گسترش داشته باشد. این وضعیت می‌تواند برای استخراج گیاهی محدود کننده باشد (INEEL, 2000). گیاه بنفشه‌ی زرد (*Viola calaminaria*) از مهمترین گیاهانی است که در خاک‌های غنی از فلزات رشد می‌کند. این گیاه به عنوان گیاهی فلز دوست به شمار می‌رود و معمولاً در نقاط غنی از سرب و روی تشکیل کلنی می‌دهد (Tonin *et al.*, 2001).

-
- 1- Phytoextraction
 - 2- Phytostabilization
 - 3- Rhizodegradation
 - 4- Phytodegradation
 - 5- Phytovolatilization



۱-۳-۲ - تثبیت گیاهی

تثبیت گیاهی، استفاده از رویش گیاهی برای پاکسازی مواد آلاینده‌ی موجود در خاک از طریق اصلاح شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌باشد (شکل ۱-۱). این فرآیند سبب کاهش حرکت مواد آلاینده می‌شود. کاهش تحرک ماده‌ی آلاینده در خاک، رسوبات یا لجن‌ها می‌تواند از طریق جذب و انباشت توسط ریشه‌ها و یا ترکیب شدن با مواد آلی موجود در خاک منطقه‌ی ریشه، صورت گیرد. علاوه بر آن رویش گیاهی می‌تواند سبب کاهش فرسایش خاک شود و از پراکنش مواد آلاینده توسط رواناب جلوگیری کند. مطالعه در زمینه‌ی تثبیت گیاهی عموماً روی فلزات آلوده کننده‌ای نظیر سرب، کروم و جیوه و در گیاهانی با پتانسیل تثبیت بالا تمرکز یافته است (EPA, 2000).

فلز در ناحیه‌ی ریشه می‌تواند به وسیله‌ی تغییر حالت از شکل محلول به فرم نامحلول تثبیت شود. به عنوان مثال، ریشه‌ها می‌توانند سرب موجود در رسوب را به صورت فسفات سرب نامحلول تغییر دهند (Doty et al., 2000). گیاهان تثبیت کننده باید قادر به رشد در خاک‌های آلوده باشند. ریشه‌های رشد یافته در ناحیه‌ی آلوده، باید قابلیت تغییر شرایط بیولوژیک، شیمیایی یا فیزیکی خاک را داشته باشند. مطالعه‌ی انجام شده بر درختان تبریزی (سپیدار) و تجزیه‌ی شیمیایی برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های آن‌ها نشان داد که مقادیر بالایی از آرسنیک و کادمیوم توسط گیاه جذب شده است (Meagher, 2000). نتایج حاصل از مطالعات انجام شده بر گونه‌های گیاهی *Festuca arundinaceae* و *Andropogon gerardivit* نشان داد که این گیاهان برای فرآیند تثبیت ریشه‌ای مناسب هستند (Ryan et al., 2000; Siciliano and Greer, 2000).

۱-۳-۳ - تجزیه‌ی ریشه‌ای

تجزیه‌ی ریشه‌ای، افزایش تجزیه‌ی زیستی طبیعی در خاک از طریق تأثیر ریشه‌های گیاه می‌باشد و منجر به تخریب یا سمیت زدایی مواد آلاینده‌ی آلی می‌شود (شکل ۱-۱). مواد آلاینده‌ی آلی در خاک اغلب می‌توانند به مواد کاملاً معدنی تبدیل شده و یا توسط باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتینومیسست‌ها^۱ به تولیدات غیر معدنی از قبیل دی اکسید کربن و آب تجزیه شود.

وجود ریشه‌ی گیاه اغلب حجم و تنوع جمعیت میکروبی خاک اطراف ریشه و همچنین میکوریزا^۲ را افزایش خواهد داد. علت این تحریک جمعیت و افزایش آن، ترشحات و ترکیبات تولید شده توسط گیاهان می‌باشد.

1- Actinomycetes
2- Mycorrhiza



ترشحات گیاهی آزاد شده شامل قندها، اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، اسیدهای چرب، استرولها، نوکلئوتیدها، فلاونها، آنزیمها و دیگر ترکیبات می‌باشد. افزایش فعالیت و جمعیت میکروبی در محیط ریشه می‌تواند موجب افزایش تجزیه‌ی زیستی مواد آلاینده‌ی خاک شود. تحریک میکروب‌های خاک می‌تواند در نتیجه‌ی تغییر شرایط ژئوشیمیایی از قبیل pH نیز باشد (Hinchman, 2002). گیاه *Spartina alterniflora* قادر است به طور بالقوه تجزیه‌ی زیستی هوازی توسط اکسیژن انتقالی به ریشه‌ها را افزایش دهد (Pivetz, 2001).

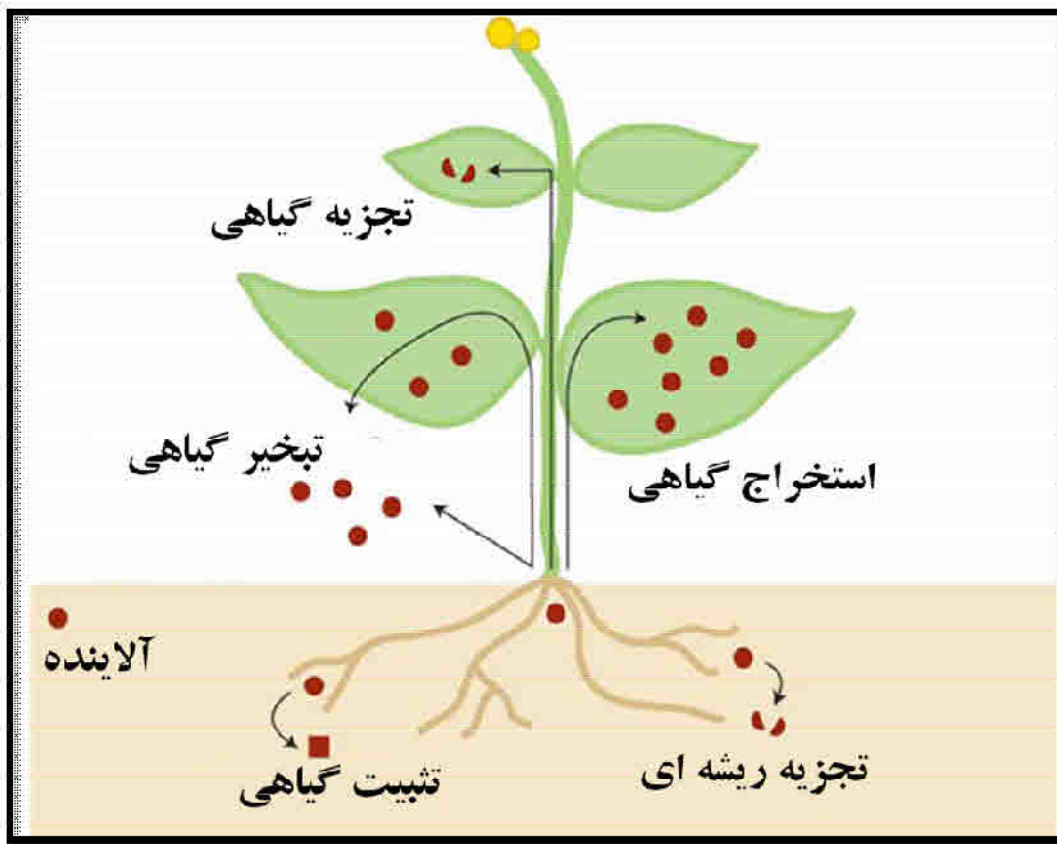
۱-۳-۴- تجزیه‌ی گیاهی

تجزیه‌ی گیاهی شامل جذب، متابولیز و تجزیه‌ی آلاینده‌های موجود در خاک، رسوبات، لجن‌ها، آب‌های زیرزمینی و یا سطحی توسط آنزیم‌های تولیدی و آزاد شده از گیاه صورت می‌گیرد (شکل ۱-۱). تجزیه‌ی گیاهی به میکروارگانیزم‌های همیار در ریزوسفر وابسته نمی‌باشد. گیاه به منظور انجام یک تجزیه‌ی گیاهی باید قابلیت جذب این ترکیبات را داشته باشد. گیاهان قادرند با استفاده از این فرآیند ترکیبات آلی از قبیل حلال‌های کلره مانند تری کلرو اتیلن، حلال‌های نیتروژن‌داری چون تری‌نیترو اتیلن، علف‌کش‌هایی نظیر آترازین و حشره-کش‌ها را متابولیزه نمایند (Ryan et al., 2000). تجزیه‌ی بنتازون (یک نوع علف‌کش) توسط درخت بید سیاه (*Salix nigra*) مشاهده شده است (Meagher et al., 2000).

۱-۳-۵- تبخیر گیاهی

تبخیر گیاهی می‌تواند به منظور پاکسازی مواد آلوده کننده‌ی غیر آلی محلول در آب‌های زیرزمینی، خاک، رسوبات یا لجن‌ها استفاده شود. این فرآیند شامل جذب آلودگی توسط گیاه و سپس آزاد کردن مواد آلاینده به صورت بخار می‌باشد. تولیدات حاصل از تجزیه یا ترکیبات تغییر یافته بصورت بخار، باید نسبت به مواد آلوده کننده‌ی اولیه از سمیت کمتری برخوردار باشند تا این فرآیند مؤثر واقع گردد. تبخیر گیاهی یک تکنیک رفع آلودگی می‌باشد که از طریق انتقال ماده‌ی آلوده کننده از محیط اصلی (آب‌های زیرزمینی و خاک) به اتمسفر صورت می‌گیرد (شکل ۱-۱). گیاه باید طی فرآیندهای متابولیکی، ماهیت ماده‌ی آلاینده را تغییر دهد و در بعضی موارد آن را به موادی با سمیت کمتر تبدیل کند. کاهش سمیت جیوه یا تغییر شکل سلیوم سمی به گاز دی‌متیل سلناید که دارای سمیت کمتری است، مثال‌هایی از این موارد می‌باشد (Alder, 1996). در یک مطالعه نشان داده شد که گیاهچه‌های اصلاح شده‌ی درخت تبریزی زرد (*Populus nigra*) نسبت به جیوه‌ی یونی مقاوم بوده و در غلظت سمی جیوه‌ی یونی به خوبی رشد می‌کنند. این گیاهچه جیوه‌ی عنصری را به صورت بخار زاد می‌کند (Ryan et al., 2000).





شکل ۱-۱- مکانیسم‌های گیاه پالایی (Pilon- Smits, 2005)

۱-۴- جنگل‌های مانگرو

جنگل‌های مانگرو، تالاب‌های بین جزر و مدی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری بوده و از زیستگاه‌های مهم اکولوژیکی پر تولید در مناطق ساحلی به شمار می‌روند. این جنگل‌ها تحت عنوان درختزارهای ساحلی، جنگل-های جزر و مدی و جنگل‌های مانگرو توصیف شده‌اند. جنگل‌های مانگرو یا مانگال اصطلاحی است که برای توصیف انواع معینی از اجتماعات ساحلی مناطق حاره به کار می‌رود. اصطلاح مانگرو به گیاهان منفرد این رویشگاه اطلاق می‌شود، در حالی که جنگل مانگرو، مرداب مانگرو یا جنگل جزر و مدی یا مانگال معرف تمام اجتماعاتی است که به وسیله این گیاهان شکل گرفته‌اند (دانه‌کار، ۱۳۷۴).



به طور کلی گیاهان مانگرو را می توان در سه دسته ی بزرگ طبقه بندی نمود. دسته ی اول گیاهان مانگرو حقیقی یا اصلی^۱ می باشد. این گیاهان شکل کلاسیک گیاهان مانگرو به حساب می آیند و رشد آنها محدود به مناطق بین جزر و مدی دریا می باشد. گیاهان مانگرو حقیقی متعلق به ۲۰ خانواده ی مختلف هستند. تاکنون تقریباً حدود ۸۰ گونه مانگرو حقیقی که به شکل درختی یا بوته ای می باشند، شناسایی شده است که ازین آنها ۵۰ تا ۶۰ گونه، گونه های غالب جنگل های مانگرو را تشکیل می دهند که از آن جمله می توان *Avicennia marina*، *Rhizophora mangle* و *Bruguiera cylindrica* را نام برد. دسته ی دوم، گیاهان مانگرو مینور^۲ هستند که این گیاهان توانایی تشکیل همه اجزای اصلی مورد نیاز برای یک زندگی گیاهی را ندارند و بندرت جوامع خاصی را ایجاد می کنند. از گیاهان مانگرو مینور می توان به گونه های *Acrostichum aureum*، *Caesalpinia bonducella* و *Carapa moluccensis* اشاره کرد. در نهایت دسته ی سوم عبارتند از گیاهان وابسته به درختان مانگرو^۳. این گیاهان گونه هایی هستند که تحمل شوری را دارند و علاوه بر آن که در اکوسیستم مانگرو یافت می شوند در سایر شرایط آب و هوایی و خاکی نیز امکان دارد یافت شوند. این گیاهان در اکوسیستم مانگرو معمولاً در ناحیه ی بینابینی یعنی در حد فاصل بین پوشش دریازی و خشکی زی گیاهان مانگرو دیده شده اند. البته به طور کلی این گیاهان با گیاهان مانگرو حقیقی عملکرد متقابل قابل ملاحظه ای دارند. از این دسته می توان گونه های *Arundo donax*، *Alstonia macrophylla* و *Aglaia odorata* را نام برد. بدین ترتیب مشاهده می شود که ممکن است انواع گیاهان در یک اکوسیستم مانگرو وجود داشته باشند و تنوع گیاهی در بعضی از اکوسیستم ها بسیار وسیع و زیاد باشد (صفیاری، ۱۳۸۲).

گیاهان مانگرو در شرایطی چون شوری بالا، جزر و مدهای مکرر، طوفان های شدید، دمای بالا و شرایط بی-هوازی که هیچ گونه گیاه دیگری توانایی سازگاری با چنین شرایطی را ندارد، می توانند رشد نمایند (Kathiresan and Bingham, 2001). از مهم ترین مشخصات درختان مانگرو، وجود ریشه های هوایی^۴ با اشکال مختلف و پدیده ی زنده زایی در اندام های زایشی آنهاست. این اکوسیستم ها، تالاب های جنگلی نیز محسوب شده و با پدیده های آبی اطراف خود مانند خورها، رودخانه ها، راه های آبی، اراضی جزر و مدی و مرطوب، ارتباط نزدیک و تأثیرگذار دارند. آن ها محیط هایی هستند با شرایط اکوتونی، که در گذرگاه آب و خشکی قرار گرفته اند و متأثر از هر دو محیط می باشند، بنابراین از غنای هر دو محیط سود برده، ولی به همین

1- true mangrove
2 - minor mangrove
3 - mangrove associated
4- Pneumatophores



نسبت جوامعی بسیار حساس می باشند، زیرا همزمان در معرض تهدید اکوسیستم های خشکی و دریا قرار می گیرند. در مجموع، این عوامل شرایط اکوتونی خاصی به آن بخشیده و مانگروها را به صورت جوامعی منحصر به فرد و پیچیده معرفی می کند. این گیاهان عملکردهای زیست محیطی مهمی داشته و از اجتماعات جانوری بی نظیری برخوردارند، به طوری که برای گونه های بی شماری از بی مهرگان تا مهره داران خشکی زی و آبی، زیستگاهی یگانه و منسجم فراهم می کنند (صفیاری، ۱۳۸۲).

۱-۵- اهمیت مانگروها

اهمیت اکولوژیک جنگل های مانگرو بیش از آن است که تاکنون شناخته شده است. این جنگل ها سیمای ویژه ی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری هستند و دارای بیومس غنی می باشند. این زیستگاه ها دارای آبریزان حساس و منابع غذایی و معدنی فراوانی هستند و پشتوانه ی بسیار مهمی برای فعالیت های معیشتی و شیلاتی به شمار می آیند (Subandar *et al.*, 2001). همچنین درختان مانگرو در تزریق عناصر مغذی به زنجیره ی غذایی و حاصلخیزی زیستگاه، حائز اهمیت هستند (عرفانی و همکاران، ۱۳۸۷). این زیستگاه از نظر تأمین خوراک دام، پرورش زنبور عسل، تهیه ی خمیر کاغذ، تولید و تهیه ی تانن و زغال چوب، ایجاد پناهگاه مناسب برای تخم ریزی و به عنوان منطقه ی نوزادگاهی^۱ بسیاری از آبریزان اقتصادی مانند برخی از گونه های ماهی، میگو، خرچنگ و دوکفه ای، دارای اهمیت می باشد (FAO, 2007). از دیگر عملکردهای مانگرو، می توان به حفاظت از تنوع زیستی که شامل تعدادی از پستانداران در معرض خطر، خزندگان، دوزیستان و پرندگان است، اشاره کرد. جنبه ی اجتماعی مانگرو از نظر جذابیت های زیبایی شناسی بی نظیر بوده و جنبه ی تفریحی و آموزشی آن نیز دارای اهمیت بالایی است (FAO, 2007).

همچنین این اکوسیستم ها به نحو مؤثری بر محیط های مستقر در آن تأثیر گذارند. سیستم ریشه ای آنها باعث پایداری رسوبات می شود و اجتماعات آنها انرژی امواج را کاهش می دهد (Rodringuez and Feller, 2004). این جنگل ها نقش مهمی در به دام انداختن رسوبات و مواد معلق موجود در ستون آب نیز دارند (Kathiresan, 2003). از سوی دیگر مطالعات نشان داده اند که جنگل های مانگرو می توانند فلزات سنگین را از محیط جذب کنند و باعث کاهش دسترسی زیستی این عناصر برای موجودات زنده و کاهش حرکت فلزات در اکوسیستم شوند، به عبارت دیگر باعث تصفیه ی محیط های آبی می گردند (MacFarlane and Burchett, 2002; MacFarlane *et al.*, 2003; Zhou *et al.*, 2010).

