بسم الله الرحمن الرحيم

Razi University

**دانشکده کشاورزی**

**گروه زراعت و اصلاح نباتات**

**پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی کشاورزی**

**گرایش آگرواکولوژی**

**عنوان پایان نامه**

# توانایی علف چشمه (*Nastutium officinale*) و پونه (*Mentha pulegium*) در جذب زیستی برخی آلاینده های آب در شرایط هیدروپونیک

**استادان راهنما:**

**دکتر محمود خرمی‌وفا**

**دکتر سعید جلالی هنرمند**

**استادان مشاور :**

**دکتر کیانوش چقامیرزا**

**مهندس معصومه خان‌احمدی**

**نگارش:**

**زهرا احمدپور**

**بهمن ماه ۱۳۹۰**

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

## تقدیر و تشکر

سپاس نخست خداوندی را سزاست که این توفیق را به من عطا فرمود که به کسب علم و دانش بپـردازم و از این دریای بیکران بهره‌ای ناچیز نصیبم گردد. بعد از تواضع در برابر آستان خالق متعال، لازم می‌دانم از خانواده عزیزم و به‌خصوص پدر و مادرم که با زحمات فراوان، بار تحصیل مرا از دبستان تـا دانـشگاه مشفقانه پذیرا گشتند، صمیمانه تشکر کنم.

از اساتید راهنمای گرامی، آقایان دکتر محمود خرمی‌وفا و دکتر سعید جلالی هنرمند که در طول مراحـل انجام این پایان‌نامه، تجربیات و راهنمایی‌های ارزشمندشان پشتوانه‌ای مطمئن برای انجام این تحقیق بود، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید ارجمند، جناب آقای دکتر چقامیرزا و خانم مهندس معصومه خان‌احمدی که مشاوره‌های آن‌ها، راهگشای من در انجام این تحقیق بود، تشکر می‌کنم.

از آقایان دکتر گودرز احمدوند و دکتر مختار قبادی که زحمت بازخوانی و داوری ایـن پایـان‌نامـه را بـر عهده گرفتند، کمال تشکر را دارم.

از دکتر لیلا زارعی،مهندس یاقوتی‌پـور و مهنـدس شـیخه‌پـور کارشناسـان محتـرم آزمایـشگاه بـه پـاس همکاریشان تشکر می‌نمایم.

از کلیه اساتید گروه زراعت و اصلاح نباتات که افتخار شاگردیشان را دارم، سپاسگزاری می‌کنم.

در پایان یاد و خاطره دوستان عزیزی را که ذکر نام یکایکشان در این مجال نمی‌گنجـد گرامـی داشـته و برای تمامی آن‌ها سعادت و سلامت آرزو دارم.

# تقدیم به

پدر بزرگوارم و مادر مهربانم

که همواره در امر تحصیل موجب دلگرمی من

شدند و به من درس چگونه زیستن را آموختند

**چکیده**

این پژوهش برای شناسایی توانمندی دو گیاه دارویی آبزی علف‌چشمه و پونه در پالایش آب‌های آلوده به فلزات سنگین سرب و کادمیوم و نیز نیترات و فسفات، در آزمایشگاه فیزیولوژی و متابولیت‌های ثانویه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی به صورت هیدروپونیک در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. این پژوهش به صورت چهار آزمایش جداگانه که هر کدام از این آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با دو فاکتور گیاه در دو سطح (پونه و علف‌چشمه) و هر کدام از آلاینده های نیترات در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، فسفات در سه سطح (۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر)، سرب در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و کادمیوم در سه سطح (۳، ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر) و با سه تکرار انجام شد. برای بررسی اثر تیمارها بر وزن خشک، تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با دو فاکتور گیاه در دو سطح و آلاینده‌ها در ۱۲ سطح به همراه یک شاهد (بدون آلاینده) و با سه تکرار انجام شد. با توجه به این‌که برای اندازه‌گیری روند تغییرات نیترات و فسفات در آب در سه زمان ۴، ۸ و ۱۲ روز بعد از اعمال این تیمارها نمونه‌برداری صورت گرفت، به همین دلیل برای تجزیه داده‌های این قسمت از آزمایش از طرح فاکتوریل–اسپلیت‌پلات در زمان استفاده شد. فاکتور انتقال سرب برای علف‌چشمه و پونه به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۰۰۲ بود و فاکتور انتقال کادمیوم توسط علف‌چشمه و پونه به ترتیب ۰/۴ و ۰/۰۰۴ بدست آمد. علف‌چشمه نسبت به پونه مقدار بیشتری از سرب و کادمیوم را از ریشه به اندام هوایی انتقال داد در حالی که پونه در انباشت این آلاینده‌ها در ریشه برتری داشت. همچنین در جریان این آزمایش مشخص شد که دو گیاه به عنوان پالاینده آلاینده‌های نیترات و فسفات عمل کرده‌اند (فاکتور انتقال نیترات در علف‌چشمه ۱/۳ و در پونه ۱/۰۷ و فاکتور انتقال فسفر در علف‌چشمه و پونه به ترتیب ۱/۰۷ و ۰/۹۴ بود). دو گیاه پتانسیل بالایی در حذف نیترات و فسفات آب داشتند به گونه‌ای که کارایی حذف نیترات در دو گیاه در بیشترین غلظت ۹۹ ٪ و کارایی حذف فسفات نیز در غلظت ۱۵ پی‌پی‌ام برای پونه ۹۶ ٪ و برای علف‌چشمه ۹۷ ٪ بود. به طور کلی رفتار علف‌چشمه و پونه در رابطه با فلز سرب و کادمیوم به صورت تثبیت کننده و برای آلاینده‌های نیترات و فسفات از نوع استخراج کننده بود.

**واژه های کلیدی:** گیاه‌پالایی، گیاهان آبزی، فلزات سنگین، نیترات و فسفات، آلودگی آب، هیدروپونیک

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول مقدمه** ۱

مقدمه ۲

**فصل دوم بررسی منابع**

۲-۱- کیفیت آب یک نگرانی جهانی ۶

۲-۲- انواع آلاینده‌های آب ۷

۲-۲-۱- کودهای شیمیایی ۷

۲-۲-۲- آفت کشها (سموم شیمیایی) ۸

۲-۲-۳- هیدروکربن‌های نفتی ۸

۲-۲-۴- فلزات سنگین ۸

۲-۳- منابع آلودگی فلزات سنگین ۹

۲-۴- ورود فلزات سنگین به آب ۱۰

۲-۵- آلاینده‌های مورد بررسی ۱۰

۲-۵-۱- نیترات ۱۰

۲-۵-۲- فسفر ۱۱

۲-۵-۳- سرب ۱۲

۲-۵-۴- کادمیوم ۱۳

۲-۶- فناوری‌های مرسوم حذف آلاینده‌ها از آب ۱۴

۲-۶-۱- فلزات سنگین ۱۴

۲-۶-۲- نیترات و فسفات ۱۵

۲-۷- گیاه‌پالایی ۱۵

۲-۷-۱- گیاه‌پالایی فلزات سنگین ۱۷

۲-۷-۲- گیاه‌پالایی نیترات و فسفات ۱۸

۲-۸- گیاهان فراانباشتگر یا بیش انباشتگر ۱۹

۲-۹- توزیع فراانباشتگرها ۲۰

۲-۱۰- فرایند فراانباشت ۲۰

۲-۱۱- روش‌های انباشت گیاهی ۲۱

۲-۱۱-۱- استخراج گیاهی ۲۱

۲-۱۱-۲- تثبیت گیاهی ۲۲

۲-۱۱-۳- تصفیه ریشه‌ای (تصفیه گیاهی) ۲۲

۲-۱۱-۴- تجزیه ریشه‌ای ۲۲

۲-۱۱-۵- تجزیه گیاهی ۲۲

۲-۱۱-۶- تبخیر گیاهی ۲۳

**عنوان** **صفحه**


۲-۱۱-۷- کنترل هیدرولیکی ..... ۲۳
۲-۱۲- مزایای گیاه‌پالایی ..... ۲۳
۲-۱۳- محدودیت‌های گیاه‌پالایی ..... ۲۴
۲-۱۴- زمان مورد نیاز برای گیاه‌پالایی ..... ۲۵
۲-۱۵- گیاه‌پالایی آب‌های آلوده با استفاده از گیاهان آبزی ..... ۲۵
۲-۱۶- فاکتورهای رشدی گیاهان آبزی ..... ۲۷
۲-۱۷- گیاهان مورد بررسی در این آزمایش ..... ۲۷
۲-۱۷-۱- علف چشمه ..... ۲۷
۲-۱۷-۲- پونه ..... ۲۸

**فصل سوم مواد و روش‌ها**

۳-۱- محل و سال اجرای آزمایش ..... ۳۱
۳-۲- آماده‌سازی بستر کشت ..... ۳۱
۳-۳- مقدمات انجام آزمایش ..... ۳۱
۳-۴- اعمال تیمارها به بستر کشت ..... ۳۲
۳-۵- برداشت و نمونه‌گیری ..... ۳۳
۳-۶- اندازه‌گیری نیترات آب ..... ۳۳
۳-۷- اندازه‌گیری فسفات آب ..... ۳۴
۳-۸- هضم اسیدی نمونه‌ها جهت قرائت با دستگاه جذب اتمی ..... ۳۵
۳-۹- اندازه‌گیری فسفر گیاه ..... ۳۵
۳-۱۰- اندازه‌گیری انباشت نیترات در گیاه ..... ۳۶
۳-۱۱- شاخص‌های مورد بررسی ..... ۳۷
۳-۱۲- طرح آزمایشی و تجزیه آماری داده‌ها ..... ۳۸

**فصل چهارم نتایج و بحث**

۴-۱- وزن خشک ریشه و اندام هوایی ..... ۴۰
۴-۲- خصوصیات سرب در گیاه ..... ۴۶
۴-۲-۱- غلظت سرب در ریشه ..... ۴۶
۴-۲-۲- غلظت سرب در اندام هوایی ..... ۴۷
۴-۲-۳- غلظت زیستی سرب در ریشه و اندام هوایی ..... ۴۸
۴-۲-۴- فاکتور انتقال سرب ..... ۴۹
۴-۲-۵- شاخص تحمل ریشه و اندام هوایی به سرب ..... ۵۰
۴-۲-۶- رابطه خصوصیات سرب با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه ..... ۵۴
۴-۲-۷- رابطه خصوصیات سرب با غلظت‌های مختلف از آن در پونه ..... ۵۶
۴-۳- خصوصیات کادمیوم در گیاه ..... ۵۸
۴-۳-۱- غلظت کادمیوم در ریشه ..... ۵۸

**عنوان** **صفحه**


۴-۳-۲- غلظت کادمیوم در اندام هوایی ۵۹
۴-۳-۳- غلظت زیستی کادمیوم در ریشه و اندام هوایی ۵۹
۴-۳-۴- فاکتور انتقال کادمیوم ۶۱
۴-۳-۵- شاخص تحمل ریشه و اندام هوایی به کادمیوم ۶۲
۴-۳-۶- رابطه خصوصیات کادمیوم با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه ۶۵
۴-۳-۷- رابطه خصوصیات کادمیوم با غلظت‌های مختلف از آن در پونه ۶۷
۴-۴- خصوصیات فسفر در گیاه ۶۹
۴-۴-۱- غلظت فسفر در ریشه ۶۹
۴-۴-۲- غلظت فسفر در اندام هوایی ۶۹
۴-۴-۳- غلظت زیستی فسفر در ریشه و اندام هوایی ۷۰
۴-۴-۴- فاکتور انتقال فسفر ۷۰
۴-۴-۵- شاخص تحمل ریشه و اندام هوایی به فسفر ۷۱
۴-۴-۶- رابطه خصوصیات فسفات با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه ۷۴
۴-۴-۷- رابطه خصوصیات فسفات با غلظت‌های مختلف از آن در پونه ۷۶
۴-۵- خصوصیات نیترات در گیاه ۷۷
۴-۵-۱- غلظت نیترات در ریشه ۷۷
۴-۵-۲- غلظت نیترات در اندام هوایی ۷۸
۴-۵-۳- غلظت زیستی نیترات در ریشه و اندام هوایی ۷۹
۴-۵-۴- فاکتور انتقال نیترات ۷۹
۴-۵-۵- شاخص تحمل ریشه و اندام هوایی به نیترات ۸۰
۴-۵-۶- رابطه خصوصیات نیترات با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه ۸۲
۴-۵-۷- رابطه خصوصیات نیترات با غلظت‌های مختلف از آن در پونه ۸۵
۴-۶- همبستگی خصوصیات مربوط به آلاینده‌ها ۸۷
۴-۶-۱- همبستگی خصوصیات مربوط به سرب ۸۷
۴-۶-۲- همبستگی خصوصیات مربوط به کادمیوم ۸۸
۴-۶-۳- همبستگی خصوصیات مربوط به فسفر ۸۹
۴-۶-۴- همبستگی خصوصیات مربوط به نیترات ۹۰
۴-۷- غلظت نهایی آلاینده‌ها (نیترات و فسفات) در آب ۹۱
۴-۷-۱- غلظت نهایی نیترات در آب ۹۱
۴-۷-۲- غلظت نهایی فسفات در آب ۹۴
۴-۸- همبستگی خصوصیات آلاینده‌ها (نیترات و فسفات) در آب ۹۸
۴-۸-۱- همبستگی خصوصیات نیترات در آب ۹۸
۴-۸-۲- همبستگی خصوصیات فسفات در آب ۹۸
۴-۹- رابطه غلظت نهایی آلاینده با غلظت‌های مختلف آن و زمان نمونه‌برداری در گیاه ۹۹

**عنوان** **صفحه**

۴-۹-۱- رابطه غلظت نهایی نیترات آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان نمونه‌برداری در علف‌چشمه...۹۹
۴-۹-۲- رابطه غلظت نهایی نیترات آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان نمونه‌برداری در پونه.....۱۰۰
۴-۹-۳- رابطه غلظت نهایی فسفات آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان نمونه‌برداری در علف‌چشمه۱۰۲
۴-۹-۴- رابطه غلظت نهایی فسفات آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان نمونه‌برداری در پونه.....۱۰۳
۴-۱۰- بررسی حذف آلاینده‌های نیترات و فسفات از آب.....۱۰۵
۴-۱۰-۱- کارایی حذف نیترات از آب.....۱۰۵
۴-۱۰-۲- کارایی حذف فسفات از آب.....۱۰۷
نتیجه گیری.....۱۱۱
پیشنهادات.....۱۱۳
**فهرست منابع**.....۱۱۴

## فهرست شکل ها

**عنوان** **صفحه**


۴-۱- رابطه مقادیر خصوصیات سرب با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه.....۵۵
۴-۲- رابطه مقادیر خصوصیات سرب با غلظت‌های مختلف از آن در پونه.....۵۷
۴-۳- رابطه مقادیر خصوصیات کادمیوم با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه.....۶۶
۴-۴- رابطه مقادیر خصوصیات کادمیوم با غلظت‌های مختلف از آن در پونه.....۶۸
۴-۵- رابطه مقادیر خصوصیات فسفات با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه.....۷۵
۴-۶- رابطه مقادیر خصوصیات فسفات با غلظت‌های مختلف از آن در پونه.....۷۷
۴-۷- رابطه مقادیر خصوصیات نیترات با غلظت‌های مختلف از آن در علف‌چشمه.....۸۴
۴-۸- رابطه مقادیر خصوصیات نیترات با غلظت‌های مختلف از آن در پونه.....۸۶
۴-۹- رابطه غلظت نهایی نیترات در آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان‌های نمونه‌برداری در علف چشمه.....۱۰۰
۴-۱۰- رابطه غلظت نهایی نیترات در آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان‌های نمونه‌برداری در پونه.....۱۰۲
۴-۱۱- رابطه غلظت نهایی فسفات در آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان‌های نمونه‌برداری در علف‌چشمه..۱۰۳
۴-۱۲- رابطه غلظت نهایی فسفات در آب با غلظت‌های مختلف آن و زمان‌های نمونه‌برداری در پونه.....۱۰۴
۴-۱۳- مقایسه علف‌چشمه و پونه از نظر کارایی حذف نیترات آب در زمان‌های مختلف.....۱۰۵
۴-۱۴- کارایی حذف نیترات در غلظت‌های مختلف آن و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری.....۱۰۶
۴-۱۵- مقایسه علف‌چشمه و پونه از نظر کارایی حذف نیترات در غلظت‌های مختلف آن.....۱۰۶
۴-۱۶- درصد کارایی حذف نیترات به وسیله گیاه در زمان‌ها و غلظت‌های مختلف.....۱۰۷
۴-۱۷- مقایسه علف‌چشمه و پونه از نظر کارایی حذف فسفات آب در زمان‌های مختلف.....۱۰۸
۴-۱۸- کارایی حذف فسفات در غلظت‌های مختلف آن و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری.....۱۰۸
۴-۱۹- مقایسه علف‌چشمه و پونه از نظر کارایی حذف فسفات در غلظت‌های مختلف آن.....۱۰۹
۴-۲۰- درصد کارایی حذف فسفات به وسیله گیاه در زمان‌ها و غلظت‌های مختلف.....۱۱۰

## فهرست جدول ها

**عنوان** **صفحه**


جدول ۳-۱- عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و مقادیر آن‌ها ..... ۳۱
جدول ۳-۲- آلاینده‌های به کار رفته در بستر آزمایش ..... ۳۲
جدول ۴-۱- مقادیر آلاینده‌های مختلف در ریشه و اندام هوایی نشاهای جمع‌آوری شده پونه و علف‌چشمه (میلی‌گرم در کیلوگرم) ..... ۴۰
جدول ۴-۲- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ریشه و اندام هوایی علف‌چشمه و پونه در سطوح مختلف آلاینده‌ها ..... ۴۱
جدول ۴-۳- مقایسه میانگین اثرات آلاینده‌ها+شاهد بر وزن خشک ریشه و اندام هوایی (گرم) ..... ۴۲
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و آلاینده برای وزن خشک ریشه و اندام هوایی ..... ۴۵
جدول ۴-۵- مقایسه گروهی تیمارهای آزمایش (آلاینده‌ها) از نظر وزن خشک ریشه و اندام هوایی ..... ۴۶
جدول ۴-۶- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات سرب در گیاه ..... ۵۲
جدول ۴-۷- مقایسه میانگین خصوصیات سرب در بخش‌های مختلف گیاهان علف‌چشمه و پونه ..... ۵۲
جدول ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و سرب برای خصوصیات مربوط به سرب ..... ۵۳
جدول ۴-۹- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات سرب در علف‌چشمه ..... ۵۴
جدول ۴-۱۰- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات سرب در پونه ..... ۵۶
جدول ۴-۱۱- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کادمیوم در گیاه ..... ۶۳
جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین خصوصیات کادمیوم در بخش‌های مختلف گیاهان علف‌چشمه و پونه ..... ۶۳
جدول ۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و کادمیوم برای خصوصیات مربوط به کادمیوم ..... ۶۴
جدول ۴-۱۴- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کادمیوم در علف‌چشمه ..... ۶۵
جدول ۴-۱۵- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کادمیوم در پونه ..... ۶۷
جدول ۴-۱۶- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فسفر در گیاه ..... ۷۲
جدول ۴-۱۷- مقایسه میانگین خصوصیات فسفر در بخش‌های مختلف گیاهان علف‌چشمه و پونه ..... ۷۲
جدول ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و فسفر برای خصوصیات مربوط به فسفر ..... ۷۳
جدول ۴-۱۹- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فسفات در علف‌چشمه ..... ۷۴
جدول ۴-۲۰- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فسفات در پونه ..... ۷۶
جدول ۴-۲۱- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات نیترات در گیاه ..... ۸۱
جدول ۴-۲۲- مقایسه میانگین خصوصیات نیترات در بخش‌های مختلف گیاهان علف‌چشمه و پونه ..... ۸۱
جدول ۴-۲۳- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و نیترات برای خصوصیات مربوط به نیترات ..... ۸۲
جدول ۴-۲۴- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات نیترات در علف‌چشمه ..... ۸۳
جدول ۴-۲۵- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات نیترات در پونه ..... ۸۵
جدول ۴-۲۶- همبستگی خصوصیات سرب در آزمایش ..... ۸۷
جدول ۴-۲۷- همبستگی خصوصیات کادمیوم در آزمایش ..... ۸۸
جدول ۴-۲۸- همبستگی خصوصیات فسفر در آزمایش ..... ۸۹
جدول ۴-۲۹- همبستگی خصوصیات نیترات در آزمایش ..... ۹۰

**عنوان** **صفحه**

جدول ۴-۳۰- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات نیترات در آب (بستر کشت)..... ۹۱
جدول ۴-۳۱- مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف نیترات و زمان نمونه‌برداری از نظر غلظت نهایی نیترات در آب و کارایی حذف آن..... ۹۲
جدول ۴-۳۲- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و زمان بر غلظت نهایی نیترات در آب..... ۹۲
جدول ۴-۳۳- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و نیترات بر غلظت نهایی نیترات در آب..... ۹۳
جدول۴-۳۴- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و نیترات و زمان بر غلظت نهایی نیترات در آب..... ۹۳
جدول ۴-۳۵- مقایسه میانگین اثر متقابل نیترات و زمان بر غلظت نهایی نیترات در آب..... ۹۴
جدول۴-۳۶- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فسفات در آب (بستر کشت)..... ۹۵
جدول۴-۳۷- مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف فسفات و زمان نمونه‌برداری از نظر غلظت نهایی فسفات در آب و کارایی حذف آن..... ۹۵
جدول۴-۳۸- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و زمان بر غلظت نهایی فسفات در آب..... ۹۵
جدول۴-۳۹- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و فسفات بر غلظت نهایی فسفات در آب..... ۹۶
جدول ۴-۴۰- مقایسه میانگین اثر متقابل گیاه و فسفات و زمان بر غلظت نهایی فسفات در آب..... ۹۷
جدول ۴-۴۱- مقایسه میانگین اثر متقابل فسفات و زمان بر غلظت نهایی فسفات در آب..... ۹۸
جدول ۴-۴۲- همبستگی خصوصیات نیترات در آب..... ۹۸
جدول ۴-۴۳- همبستگی خصوصیات فسفات در آب..... ۹۹
جدول ۴-۴۴- نتایج تجزیه واریانس غلظت نهایی نیترات در آب در علف‌چشمه..... ۹۹
جدول ۴-۴۵- نتایج تجزیه واریانس غلظت نهایی نیترات در آب در پونه..... ۱۰۱
جدول ۴-۴۶- نتایج تجزیه واریانس غلظت نهایی فسفات در آب در علف‌چشمه..... ۱۰۲
جدول ۴-۴۷- نتایج تجزیه واریانس غلظت نهایی فسفات در آب در پونه..... ۱۰۴

# مقدمه

## فصل اول

## مقدمه

کمبود آب از دو جنبه کمیت و کیفیت قابل بررسی است. در بسیاری از مناطق جهان که حتی در جغرافیای خشک و نیمه‌خشک نیز قرار ندارند، کمبود آب به عنوان یک معضل جدی مطرح است (برنامه توسعه‌ای ملی واحد، ۲۰۰۶) و دلیل آن نیز افت کیفیت آب است. به بیان دیگر، کمبود آب و افت کیفیت آن به یکدیگر گره خورده‌اند، زیرا آلودگی موجب کاهش تأمین و افزایش هزینه‌های تهیه آب مصرفی می‌شود. منابع آب زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان که فاقد منابع سطحی آب هستند، از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک، ابتدا جهت شرب و سپس کشاورزی مصرف می‌شوند، و همین امر لزوم توجه بیش از پیش دست‌اندرکاران را به مقوله کیفیت آب گوشزد می‌کند.

نیترات و آمونیوم به عنوان دو شکل معدنی و غالب نیتروژن مدت‌هاست که در کانون مباحث مربوط به آلاینده‌های محیط‌زیست و منابع آب قرار گرفته‌اند. در این میان، نیترات به دلایل گوناگونی چون پویایی زیاد و عامل بروز بیماری‌های مرگ‌آوری همچون برخی سرطان‌های دستگاه گوارش و غدد لنفاوی در بزرگسالان و بیماری متهموگلوبینمیا[1] در نوزادان گوی سبقت را از دیگر گونه معدنی نیتروژن یعنی آمونیوم که پویایی کمتری دارد، ربوده است (راسوسکی و همکاران، ۲۰۰۵). در واقع، اثر آلایندگی نیترات در آب چاه‌ها به دلیل خطرات آن بر سلامت انسان اهمیت پیدا می‌کند و بیشتر در مناطق روستایی که چاه‌های آب در محدوده مزارع و دامداری‌ها است و به منظور آشامیدن و آبیاری استفاده می‌شوند، رخ می‌دهد (ساکادوان و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین بیشینه غلظت این یون در آب آشامیدنی به وسیله بهداشت جهانی آمریکا (WHO) و آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده (USEPA)، تنها ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر اعلام شده است (اسپارکس، ۲۰۰۳). اگرچه نیترات یک یون متداول در چرخه نیتروژن محسوب می‌شود، اما فعالیت‌های انسانی منبع اصلی آلودگی نیتراتی به‌ویژه در آب‌های زیرزمینی است.

یکی دیگر از آلاینده‌های آب، فسفر است که از راه فاضلاب‌های شهری و صنعتی وارد محیط‌های آبی می‌شود. فسفر در غلظت‌های بالا باعث پدیده اتریفیکاسیون در آب می‌شود که در پی آن علاوه بر کاهش کیفیت آب، شرایط بی‌هوازی در آب‌های سطحی ایجاد می‌شود که به مرگ و میر آبزیان منجر می‌گردد (صمدی و همکاران، ۱۳۸۸).

فلزات سنگین به علت اثرات سمی و توان انباشت زیستی[2] در گونه‌های مختلف آبزیان و حتی به دلیل

1- Methemoglobinemia
2-Bioaccumulation

وارد شدن در زنجیره غذایی و تاثیر بر بهداشت و سلامت انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. این عناصر جزء آلاینده‌های بسیار پایدار بوده و معمولاً تجزیه آن‌ها در طبیعت مدت زیادی به طول می‌انجامد. فلزات سنگین نه تنها آب‌های قابل استفاده انسان و موجودات طبیعت را به شدت آلوده می‌سازد بلکه موجب آلوده شدن شدید خاک نیز خواهد شد و در پاره‌ای موارد ارزش کشاورزی خاک را از بین می‌برند و با توجه به نفوذ فلزات سنگین به بخش‌های زیرین زمین، می‌توان انتظار داشت که آب‌های زیرزمینی نیز به تدریج آلوده گردند (زمینی، ۱۳۷۵).

مدیریت آلودگی منابع خاک و آب توسط فلزات سنگین و کودهای شیمیایی، یکی از مهمترین ارکان جهت کنترل و بهبود کیفیت آن‌ها است. در این رابطه برای هر کدام از فلزات سنگین و کودهای شیمیایی در هر کشور حدود استاندارد خاصی در نظر گرفته شده است که حضور مقادیر بیشتر از آن، نشانگر آلودگی آن منبع است و باید راهکارهای لازم جهت حذف، جذب و تعدیل آن صورت پذیرد.

هزینه‌های بسیار گزاف روش‌های فیزیکی و شیمیایی، سبب تلاش در جهت دست‌یابی به روش‌های ارزان‌تر شده است. بدین‌ترتیب از منابع زیستی محیط‌زیست جهت پاک‌سازی نقاط آلوده به انواع آلاینده‌ها کمک گرفته می‌شود، به گونه‌ای‌که در این راه روش‌های مناسبی ابداع شده که طی یک دهه موفقیت‌های قابل توجهی کسب نموده و ارزش تجاری پیدا کرده‌اند. از جمله این روش‌ها، گیاه‌پالایی یا بهره‌گیری از گیاهان در کاهش آلودگی محیط‌زیست است. از این فن آوری و علم جدید، امروزه جهت پاک‌سازی اکوسیستم‌ها از مواد آلاینده از جمله فلزات سنگین، شبه‌فلزات، مواد رادیواکتیو، علفکش‌ها، هیدروکربن‌های نفتی و حلال‌های کلره استفاده می‌شود (رضوانی و همکاران، ۱۳۸۴). این گیاهان به صورت علف، بوته، درختچه و درخت هستند و می‌توانند مواد آلی ذکر شده و فلزات سنگین را از طریق ریشه‌ها و برگ‌هایشان از محیط‌زیست جذب نموده و از طریق بیوشیمیایی به متابولیت‌های غیر سمی برای گیاه تبدیل نموده و در مقادیر بالاتر از معمول در بافت‌های خود تغلیظ نمایند (سالت وهمکاران، ۱۹۹۸).

علف‌چشمه و پونه به علت داشتن ویژگی‌هایی از قبیل خودرو بودن، عدم نیاز به مراقبت و رسیدگی، داشتن خاصیت‌های دارویی مانند درمان بیماری‌های قلبی، فشار خون، نارسایی‌های گوارشی و... (بون، ۱۹۹۵؛ داک و آینسو، ۱۹۸۵؛ لونرت، ۱۹۸۱؛ الیویرا و همکاران، ۱۹۹۱) می‌توانند گیاهانی مناسب برای دستیابی به اهداف یاد شده باشند.

با توجه به اهمیت سالم بودن آب و با در نظر گرفتن عوارض ناشی از وجود ترکیباتی مانند نیترات، فسفر و فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) و همچنین از آنجایی‌که تاکنون پژوهش‌های اندکی در زمینه امکان سنجی بهره‌گیری از گیاهان برای حذف یا کاهش آلاینده‌های آب صورت گرفته است، اقدام به مطالعه بررسی گیاه‌پالایی گیاهان دارویی علف‌چشمه و پونه تحت تیمارهای فسفات، نیترات، کادمیوم و

سرب در شرایط آزمایشگاهی هیدروپونیک گردید. چنانچه در جریان آزمایش مشخص شود که این گیاهان پتانسیل جذب سرب و کادمیوم را دارند، می‌توان از آنها همانند فیلتری زیستی برای کاهش این آلاینده‌ها در آب‌های سطحی بهره جست. علاوه براین در صورت اثبات توان بالای این گیاهان در جذب زیستی نیترات و فسفر، می‌توان با ترمیم چرخه نیتروژن و فسفر به سادگی از آن‌ها به عنوان منابع آلی تامین نیتروژن و فسفر در خاک‌های زراعی بهره جست و از ورود آنها به آب‌های آزاد جلوگیری کرد. این موضوع به‌ویژه در مورد فسفر که چرخه‌ای کم و بیش کند دارد از اهمیت بیشتری برخوردار است.

# فصل دوم

## بررسی منابع

## ۲-۱- کیفیت آب یک نگرانی جهانی

برای تامین نیازهای غذایی رو به رشد بشر، کودها و مواد شیمیایی به منظور افزایش عملکرد به مقدار زیاد مصرف می‌شوند. برای نمونه ۷۰ ٪ نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق کود شیمیایی تامین می گردد (سینگ و ورما، ۲۰۰۷). همچنین مصرف نیتروژن از قبل از صنعتی شدن تا به امروز به علت فعالیت‌های انسان تا ۲ برابر افزایش یافته است (گرین و همکاران، ۲۰۰۴). به طوری‌که عناصر غذایی توسط رواناب‌ها به آب‌های سطحی وارد می‌شوند که نتیجه آن کاهش دسترسی به آب و تخریب اکوسیستم‌های آبزی است. برای نمونه در اروپا ۶۵ ٪ سواحل اقیانوس اطلس درجات مختلفی از اتریفیکاسیون را نشان می‌دهند (دیاز و روزنبرگ، ۲۰۰۸). در سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۹۲ میانگین غلظت سالانه فسفر محلول در ۵۵ ٪ رودخانه‌ها بیش از ۵۰ میکروگرم در لیتر بوده است (کروزت و همکاران، ۱۹۹۹).

۹۰ درصد از غلظت فسفر و نیتروژن محلول از طریق آبشویی در زمین‌های کشاورزی هدر می‌رود که این خود بیانگر نقش کشاورزی در افزایش مواد غذایی به آبراهه‌ها است (چمبرز و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی یافته‌های برخی پژوهش‌های دانشگاهی در برخی از شهرهای ایران مانند تهران، مشهد، رشت، ساری، همدان، اراک و اصفهان، افزایش بیش از حد مجاز نیترات در آب‌های زیرزمینی را نشان می‌دهد. برای نمونه حدود ۸۰ ٪ از شبکه تامین آب آشامیدنی شهر اراک به غلظت نیترات بالای حد مجاز استاندارد رسیده است (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۵). حدود ۸۰ ٪ از نیتراتی که وارد بدن می‌شود از طریق سبزیجات و میوه است (هورد و همکاران، ۲۰۰۹). هاشمی مجد (۲۰۰۸) گزارش کرد در اردبیل سهم سبزی‌ها و میوه‌ها در ورود نیترات به بدن حدود ۶۰ ٪ است. برخی از محققان گزارش کردند میزان شیوع سرطان معده با غلظت نیترات در آب آشامیدنی و غلظت نیترات ادرار ارتباط معنی‌دار دارد (سانتاماریا، ۲۰۰۶).

بیشترین غلظت فلزات در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سواحل اقیانوسی به فعالیت‌های انسان در زمینه توسعه کشاورزی و شهرسازی مربوط است (امین و همکاران، ۲۰۰۹). به گونه‌ای‌که یکی از منابع مهم آلوده شدن آب‌های سطحی به فلزات سنگین، رواناب‌های انشعاب‌دار در شهرهای بزرگ است (گان و همکاران، ۲۰۰۸). برای نمونه میانگین غلظت مس، نیکل، سرب و روی در رواناب‌های بزرگ ایسلند و یونان در سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵ به ترتیب ۵۶، ۱۱۴، ۴۹ و ۲۵۰ میکروگرم در لیتر بوده است (ترزاکیس و همکاران، ۲۰۰۸). البته ناگفته نماند که همیشه مشکل آلودگی به پساب‌های صنعتی و یا موارد انسان‌ساز دیگر مربوط نیست. بلکه این آلودگی ممکن است بواسطه نوع خاک و کانی‌های موجود در سنگ‌های مادری منطقه نیز