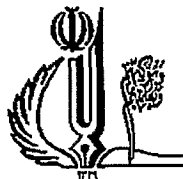


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تبریز

دانشگاه تبریز  
دانشکده کشاورزی  
گروه خاکشناسی

پایان نامه:

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی خاکشناسی

عنوان:

سینتیک جذب آنیون های نیترات و فسفات توسط دو گونه جلبک تک سلولی  
و میکروسکوپی *Dunaliella tertiolecta* و *Chlorella vulgaris* در  
اکوسیستم های آبی

اساتید راهنما:

دکتر محمد امین حجازی

دکتر ناصر علی اصغر زاد

استاد مشاور:

دکتر سید ابوالقاسم محمدی

پژوهشگر:

حبیب مهرپویا

سپاس خداوند متعال را که توفیق درک گوشه ای از جمال خود را به  
بنده اش عطا فرمود.

این پایاننامه را تقدیم میکنم به:

همسر فداکار و مهربانم که با صبر و شکیبایی بی مانند و تشویقات روز افزون  
خود مرا در ادامه تحصیل و تهیه این پایاننامه یاری نمود و

پسر عزیزم که آیتی است از جانب پروردگار برای به ثمر رساندن درخت  
کمال زندگی و

مادر گرامی خود که عمری مرا به خون دل پرود و روح پاک پدرم که در  
طول عمر پر برکت خویش مرا به روزی حلال و عرق جبین تربیت نمود.

کار تحقیق این پایاننامه در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه شمال و  
شمالغرب طی یک و نیم سال بانجام رسید و جا دارد که از همکاری های صمیمانه ریاست  
محترم و اعضای محترم هیئت علمی، کارشناسان و کارکنان محترم این مرکز که از نظر  
علمی، تامین هزینه ها و مواد و دستگاه های مورد نیاز یاری گر اینجانب بودند صمیمانه  
تشکر و قدردانی نمایم.

و با سپاس و امتنان ویژه از اساتید محترم راهنما آقایان دکتر محمد امین حجازی و  
دکتر ناصر علی اصغرزاد و استاد محترم مشاور جناب آقای دکتر سید ابوالقاسم محمدی که  
در انجام صحیح تحقیق مجدانه تلاش نمودند و تشکر از اساتید محترم گروه خاکشناسی  
دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز که در طول تحصیل راهنما و مشوق اینجانب بودند و  
قدردانی مخصوص از آقایان مهندس احمد رزبان، مهندس سلیمانان، دکتر دهناد،  
مهندس اعتمادی، مهندس ابهری، ساقی، طباطبایی، میرزایی، زرشناس و محرمی و  
خانم ها مهندس حسین زاده، مهندس رادبه، مهندس جباری، مهندس ابوالهانی، مهندس  
جعفرزاده و مهندس عنصرودی که در به ثمر رسیدن این تحقیق بی وقفه همکاری نمودند.

سینتیک جذب آنیون های نیترات و فسفات توسط دو گونه جلبک تک سلولی و میکروسکوپی *Dunaliella tertiolecta*و *Chlorella vulgaris* در اکوسیستم های آبی

اساتید راهنما: ۱- دکتر محمد امین حجازی ۲- دکتر ناصر علی اصغر زاد

استاد مشاور: دکتر ابوالقاسم محمدی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی کشاورزی گرایش: خاکشناسی

دانشگاه: تبریز - دانشکده کشاورزی تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۱۳۸۶ تعداد صفحه: ۱۳۵

کلید واژه: جلبک تک سلولی *Chlorella vulgaris*، جلبک تک سلولی *Dunaliella tertiolecta* حذف بیولوژیکی نیترات و فسفات، سینتیک جذب

## چکیده:

یون های نیترات و فسفات از جمله آلاینده ها شیمیایی هستند که از طریق زه آب های کشاورزی و فاضلاب های شهری و صنعتی وارد منابع آب های سطحی و زیرزمینی می شوند. استفاده از کارایی جلبک های تک سلولی (فیتو پلانکتون ها) و پر سلولی و باکتری ها ی فتوسنتز کننده در پالایش انواع یون های آلاینده از آب های آلوده، در سال های اخیر بدلیل کارایی زیاد و هزینه های کم اقتصادی، مورد توجه قرار گرفته و نتایج بسیار خوبی را در مقیاس های آزمایشگاهی و عملیاتی نشان داده است. در این تحقیق سینتیک جذب نیترات و فسفات از محیط کشت مصنوعی مشابه با آب زیرزمینی به روش کشت غیر مداوم در ارلن مایر در غلظت های  $50 \text{ mg NO}_3^{-1}/\text{L}$ ،  $75$ ،  $100$ ،  $125$ ،  $150$ ،  $250$  و  $300$  و فسفات با نسبت  $\text{N:P}=20:1$  توسط جلبک *Ch. vulgaris*، در ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. شرایط رشد شامل نور فلوروسنت با شدت حدود  $100 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  و دمای ثابت  $24/5^\circ\text{C}$  و همزنی مدور با سرعت  $15 \cdot \text{rpm}$  (شیکر انکوباتور) و  $\text{pH}$  اولیه  $6/5$  بود. نتایج حاصل نشان داد که این جلبک علی رغم وجود محدودیت های شدید رشد بویژه افزایش بیش از حد  $\text{pH}$  در شرایط کشت غیر مداوم در ارلن مایر، طی دوره ۶ روزه در غلظت های  $50$ ،  $75$  و  $100$  توانست مقدار نیترات را به زیر حد استاندارد ( $24 \text{ mg NO}_3^{-1}/\text{L}$ ) کاهش دهد ولی در غلظت های بیشتر، طول دوره به ۸ تا ۱۰ روز افزایش یافت. مقدار فسفات در تمامی غلظت های مورد آزمایش در کمتر از ۶ روز کاملاً به کمتر از حد استاندارد کاهش یافت. برای غلظت  $250$  میلی گرم در لیتر نیترات آزمایشی در فتوبیوراکتور در شرایط کنترل شده دما،  $\text{pH}$ ، هوادهی  $4 \text{ v/v}$  و همزنی  $140 \text{ rpm}$  انجام شد که تحت این شرایط نیترات و فسفات در طول ۶ روز به کمتر از حد استاندارد کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اولیه نیترات و فسفات در محیط مقادیر جذب افزایش ولی شدت جذب نیترات و فسفات در واحد وزن خشک جلبک کاهش می یابد. مدل سینتیک جذب برای یون نیترات در شرایط کشت غیر مداوم در ارلن مایر تابع معادله مرتبه اول بود.

$$\ln[\text{Upt}(\text{NO}_3^-)_{(\text{mg/g DW})}] = 0.7722 \times A_{(\text{mg/g DW})} - \beta_1 (1/d) \times T_{(d)} + 1.7965$$

قدر مطلق شدت جذب ویژه نیترات نیز با افزایش غلظت یون اولیه نیترات در محیط تا غلظت  $150 \text{ ppm}$  به صورت خطی کاهش و در غلظت های اولیه بیشتر نسبتاً ثابت بود ولی با گذشت زمان شدت جذب ویژه نیترات در هر یک از غلظت های مورد آزمایش افزایش داشت. مدل سینتیک جذب برای یون فسفات نیز در شرایط کشت غیر مداوم تابع معادله مرتبه اول بود.

$$\ln[\text{Upt}(\text{PO}_4^{3-})_{(\mu\text{g PO}_4/\text{g DW})}] = 0.9417 \times A_{(\mu\text{g PO}_4/\text{g DW})} - \beta_2 (1/d) \times T_{(d)} + 0.0962$$

قدر مطلق شدت جذب ویژه فسفات نیز با افزایش غلظت یون اولیه فسفات در محیط تا غلظت اولیه  $4300 \mu\text{g PO}_4^{3-}\text{L}^{-1}$  خطی و در غلظت های اولیه بیشتر نسبتاً ثابت بود. قدر مطلق شدت جذب ویژه فسفات در یک ساعت اول بعد از تلقیح جلبک در محیط به دلیل جذب سطحی شدید فسفات بر روی سطوح باردار آلی بسیار بیشتر از سایر زمان ها بود.

با توجه به نتایج بدست آمده و مقایسه آنها با مطالعات انجام شده جلبک *Ch. vulgaris* کارایی نسبتاً خوبی را تحت شرایط کنترل شده نشان داد لذا با فراهم آوردن شرایط مناسب رشد برای آن می توان در حذف یون های نیترات و فسفات از آب های زیرزمینی از آن استفاده نمود.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	بررسی منابع
۷	۱-۱- آلودگی نیتراتی منابع آب
۷	۱-۱-۱- منشاء نیترات در اکوسیستم های آبی
۷	۱-۱-۲- تغییرات آنیون نیترات در طبیعت
۹	۱-۱-۳- خطرات ناشی از افزایش نیترات در آب
۱۰	۲-۱- آلودگی فسفاتی منابع آب
۱۰	۱-۲-۱- منشاء فسفات در اکوسیستم های آبی
۱۱	۲-۲-۱- تغییرات آنیون فسفات در طبیعت
۱۱	۳-۲-۱- خطرات ناشی از افزایش فسفات در آب
۱۲	۳-۱- روش های حذف نیترات و فسفات از آب
۱۲	۱-۳-۱- حذف نیترات از آب
۱۲	۱-۱-۳-۱- روش های تصفیه نیترات
۱۳	۱-۱-۳-۱-۱- روش الکترودیالیز
۱۳	۱-۱-۳-۱-۲- روش اسمز معکوس
۱۴	۱-۱-۳-۱-۳- روش تبادل یونی
۱۵	۲-۱-۳-۱- حذف نیترات به روش بیولوژیکی (دنیتریفیکاسیون)
۱۶	۲-۱-۳-۱- روش های تصفیه فسفات
۱۸	۴-۱- آشنایی با جلبک های میکروسکوپی در اکوسیستم های آبی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۸	۱-۴-۱- میکروبیولوژی آب شیرین
۱۹	۲-۴-۱- سلول جلبک میکروسکوپی
۱۹	۱-۲-۴-۱- معنی microalgae در جلبک شناسی کاربردی
۲۰	۲-۲-۴-۱- آرایش سلولی جلبک ها
۲۰	۳-۲-۴-۱- ساختارهای برتر و تقسیم سلولی جلبک ها
۲۱	۴-۲-۴-۱- رشد سلولی و توسعه آن
۲۱	۳-۴-۱- ساختار سلولی سیانوباکترها
۲۳	۴-۴-۱- رده بندی جلبک ها
۲۳	۱-۴-۴-۱- اصول رده بندی
۲۶	۵-۴-۱- رده بندی سیانوباکترها
۲۸	۶-۴-۱- تغذیه جلبک
۲۸	۱-۶-۴-۱- روش های تغذیه ای
۲۹	۲-۶-۴-۱- مواد غذایی ضروری
۳۱	۱-۲-۶-۴-۱- کربن
۳۲	۲-۲-۶-۴-۱- نیتروژن
۳۲	۳-۲-۶-۴-۱- فسفر
۳۳	۴-۲-۶-۴-۱- سایر عناصر ماکرو و میکرو و کلات کننده ها و آب
۳۴	۳-۶-۴-۱- ترکیب محیط کشت رشد جلبک
۳۵	۴-۶-۴-۱- جذب نیتروژن و فسفر

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۹	۱-۴-۶-۵- رقابت برای منابع غذایی محدود
۴۲	۱-۴-۶-۶- نسبت های عناصر غذایی
۴۳	۱-۴-۶-۷- عوامل فیزیکی موثر در جذب عناصر غذایی
۴۴	۱-۴-۶-۸- تغذیه هتروتروفی جلبک
۴۹	۱-۴-۶-۹- اصول بیولوژیک کشت انبوه
۴۹	۱-۴-۶-۹-۱- نور(عامل اصلی رشد و تولید)
۵۲	۱-۴-۷- محصولات صنعتی و ثانوی گونه های صنعتی جلبک <i>Chloerlla</i>
۵۳	۱-۴-۸- محصولات صنعتی و ثانوی گونه های صنعتی جلبک <i>Dunaliella</i>
۵۴	۱-۴-۱۰- کاربرد جلبک های میکروسکوپی برای حذف آلاینده ها از اکوسیستم های آبی
۷۵	۱-۵- ضرورت تحقیق
۷۷	فصل دوم - مواد و روش ها
۷۷	۲-۱- جلبک های مورد کشت
۷۹	۲-۲- آماده کردن پیش آزمایش جهت تعیین قدرت بقا جلبک های انتخاب شده در آب زیرزمینی تهیه شده از چاه های آب شرب استان آذربایجان شرقی
۷۹	۲-۳- تهیه محیط کشت مصنوعی با غلظت های مختلف نیترات
۸۱	۲-۴- روش کشت
۸۳	۲-۵- نحوه تلقیح کشت ها
۸۳	۲-۶- صفات مورد اندازه گیری
۸۴	۲-۶-۱- باقیمانده نیترات
۸۴	۲-۶-۲- باقیمانده فسفات معدنی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۵	۲-۶-۳- دانسیته نوری در طول موج ۵۵۰ nm
۸۵	۲-۶-۳- میزان کلروفیل
۸۶	۲-۶-۴- مقدار بیوماس خشک تولید شده
۸۷	۲-۶-۵- pH نمونه
۸۷	۲-۶-۶- شدت نور
۸۷	۲-۷- طرح پایه آزمایش
۹۰	فصل سوم: بررسی نتایج و بحث
۹۰	۳-۱- بررسی نتایج پیش آزمایش
۹۱	۳-۲- اثر غلظت اولیه نیترات و فسفات در حذف یون های نیترات و فسفات از....
۹۱	۳-۲-۱- حذف نیترات در سطوح مختلف نیترات محیط در ارلن مایر
۹۴	۳-۲-۲- سنتتیک جذب نیترات در ارلن مایر.
۱۰۱	۳-۳- حذف یون نیترات توسط جلبک <i>Chlorella vulgaris</i> در نمونه آب طبیعی در ارلن مایر
۱۰۴	۳-۴- حذف یون نیترات توسط جلبک <i>Chlorella vulgaris</i> در تیمار K <sub>250</sub> در فتوبیوراکتور
۱۱۰	۳-۵- اثر کاتیون همراه نیترات در مقدار جذب نیترات توسط جلبک <i>Chlorella vulgaris</i> .
۱۱۳	۳-۶- حذف فسفات از اکوسیستم های آبی توسط جلبک <i>Chlorella vulgaris</i>
۱۲۴	۳-۷- ارزیابی رشد جلبک <i>Chlorella vulgaris</i>
۱۲۴	۳-۷-۱- بررسی رشد جلبک در ارلن مایر.
۱۲۵	۳-۷-۲- بررسی رشد جلبک در فتوبیوراکتور.



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۲۵	۳-۷-۳- بررسی رشد جلبک در آب طبیعی.
۱۲۶	۳-۸- بررسی بیوماس جلبک <i>Ch. vulgaris</i>
۱۲۸	پیشنهادات
۱۳۰	منابع
۱۳۵	ضمیمه
۱۳۵	شدت نور

## فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
۶	جدول ۱-۱- استانداردهای جامعه اقتصادی اروپا (EEC) برای آب های سطحی مورد مصرف جهت استحصال آب آشامیدنی ایده آل (۳)
۹	جدول ۲-۱- طبقه بندی اوتروفی شدن آب بر طبق نظر Vollenweider (۱۹۷۱)
۱۳	جدول ۳-۱- اثر روش الکترودیالیز در کاهش آنیون ها و کاتیون ها
۱۴	جدول ۴-۱- اثر روش اسمز معکوس در کاهش آنیون ها و کاتیون ها
۱۵	جدول ۵-۱- اثر روش تبادل یونی در کاهش آنیون ها و کاتیون ها
۲۴	جدول ۶-۱- رده بندی جدید جلبک ها در سیستم رده بندی پنج سلسله ای Whittaker
۲۵	جدول شماره ۱-۷- برخی خصوصیات مقایسه ای جلبک ها
۲۷	جدول ۸-۱- مشخصات زیر گروه های سیانو باکترها در آخرین رده بندی 2 <sup>th</sup> Bergery's Manual
۳۰	جدول ۹-۱- لیست عناصر غذایی لازم برای سلول جلبک و میزان آن عناصر در جلبک
۳۵	جدول ۱۰-۱- دستورالعمل تهیه انواع محیط های کشت جلبک
۴۲	جدول ۱۱-۱- درصد فراوانی جزیی جلبک های مختلف میکروسکوپی در کشت غیر مداوم با نسبت های مختلف نیتروژن به فسفر در محیط کشت.
۴۳	جدول ۱۲-۱- میانگین سالانه عوامل رشد در فیتوپلانکتون ها در آزمایشگاه و استخرهای کنترل شده.
۴۳	جدول ۱۳-۱- نیازهای سلولی برخی گونه های جلبک های میکروسکوپی به نیتروژن و فسفر (بر حسب میلی گرم در هر ۱۰ <sup>-۹</sup> سلول)
۴۶	جدول ۱۴-۱- مهمترین گونه های تجاری جلبک میکروسکوپی که می توان آنها را بصورت هتروتروفی کشت نمود.
۴۷	جدول ۱۵-۱- مقایسه حداکثر شدت رشد ویژه برای برخی از گونه های تجاری جلبک های میکروسکوپی در ۳ نوع شرایط کشت فتوسنتزی، هتروتروفی و میکسوتروفی.
۴۸	جدول ۱۶-۱- مهم ترین گونه های تجاری جلبک میکروسکوپی که می توان آنها را بصورت میکسوتروفی کشت نمود

## فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
۵۰	جدول ۱-۱۷- تاثیر تراکم سلولی روی پارامترهای اساسی کشت (Myers & Graham, 1959)
۵۲	جدول ۱-۱۸- تاثیر کاهش مسیر نوری از ۱۰,۴ سانتیمتر به ۱,۳ سانتیمتر در محصول جلبک (Hu et al. 1996a) <i>Spirulina plantesis</i>
۵۶	جدول ۱-۱۹- مقادیر حذف نیتروژن در بخش های مختلف سامانه AIWPS در ریچموند آمریکا (۱۹۷۰) mg N/l
۶۷	جدول ۱-۲۰- جذب نیترات در ۵ گونه <i>Purphyra</i> ناحیه LIS با توجه به ضخامت و نسبت سطح به حجم ریشه ها در دو دما و غلظت تنظیم شده در واحد سطح و حجم
۸۶	جدول ۲-۱- وزن خشک جلبک <i>Chlorella vulgaris</i> در دانسیته های نوری مختلف در طول موج ۵۵۰nm
۹۰	جدول ۳-۱- میانگین رشد دو جلبک <i>Ch. vulgaris</i> و <i>D. tertiolecta</i> بر اساس جذب نوری OD 550 nm در محیط کشت مصنوعی و آب طبیعی
۹۱	جدول ۳-۲- تجزیه واریانس (ANOVA) در صفات اندازه گیری شده بعد از ۶ روز در ارلن مایر برای بررسی اثر غلظت اولیه نیترات
۹۱	جدول ۳-۳- مقایسه میانگین تیمارهای نیترات بر حسب میانگین صفات اندازه گیری شده در محیط پس از ۶ روز برای مقایسه اثر غلظت اولیه نیترات در ارلن مایر.
۹۳	جدول ۳-۴- تجزیه واریانس (ANOVA) مقدار نیترات جذب شده در ارلن مایر بعد از ۶ روز.
۹۳	جدول ۳-۵- مقایسات میانگین تیمار های مختلف در مقدار نیترات جذب شده در ارلن مایر بعد از ۶ روز.
۹۵	جدول ۳-۶- مدل های سینتیک جذب نیترات برای غلظت های مختلف مورد آزمایش
۹۸	جدول شماره ۳-۷- شدت جذب ویژه نیترات در غلظت های اولیه مختلف نیترات (1/d)
۱۰۲	جدول ۳-۸- تجزیه واریانس (ANOVA) مقدار نیترات باقیمانده بعد از ۶ روز برای بررسی اثر تیمار آب طبیعی.
۱۰۲	جدول ۳-۹- تجزیه واریانس (ANOVA) مقدار نیترات و فسفات جذب شده برای بررسی اثر تیمار آب طبیعی
۱۰۲	جدول ۳-۱۰- مقایسه میانگین تیمارهای نیترات بر حسب میانگین صفات اندازه گیری شده در محیط پس از ۶ روز برای مقایسه تیمار آب طبیعی.

## فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
۱۰۳	جدول ۳-۱۱ - مقایسه میانگین تیمارهای نیترات بر حسب میانگین جذب نیترات و فسفات در محیط برای مقایسه تیمار آب طبیعی.
۱۰۴	جدول ۳-۱۲ - مدل های سینتیک جذب نیترات در تیمار آب طبیعی و K <sub>250</sub> در ارلن مایر.
۱۰۵	جدول ۳-۱۳ - تجزیه واریانس (ANOVA) مقدار نیترات باقیمانده بعد از ۶ روز برای بررسی اثر کشت در فتوبیوراكتور..
۱۰۵	جدول ۳-۱۴ - مقایسه میانگین تیمارهای نیترات بر حسب میانگین صفات اندازه گیری شده در محیط پس از ۶ روز برای مقایسه اثر کشت در فتوبیوراكتور
۱۰۶	جدول ۳-۱۵ - مدل های سینتیک جذب در تیمار K <sub>250</sub> در ارلن مایر و فتوبیوراكتور.
۱۱۰	جدول ۳-۱۶ - تجزیه واریانس (ANOVA) مقدار نیترات باقیمانده بعد از ۶ روز برای بررسی اثر کاتیون همراه.
۱۱۰	جدول ۳-۱۷ - تجزیه واریانس (ANOVA) مقدار نیترات باقیمانده در نمونه ها برای بررسی اثر کاتیون همراه.
۱۱۱	جدول ۳-۱۸ - مقایسه میانگین تیمارهای نیترات بر حسب میانگین صفات اندازه گیری شده در محیط پس از ۶ روز برای مقایسه اثر کاتیون همراه
۱۱۱	جدول ۳-۱۹ - مقایسه میانگین تیمارهای نیترات بر حسب میانگین صفات اندازه گیری شده در نمونه ها برای مقایسه اثر کاتیون همراه.
۱۱۲	جدول ۳-۲۰ - تاثیر کاتیون همراه نیترات در مدل های سینتیک جذب نیترات
۱۱۲	جدول ۳-۲۱ - شدت جذب ویژه نیترات در تیمارهای دو نوع کاتیون همراه (1/d)
۱۱۴	جدول ۳-۲۲ - مقادیر فسفات محلول محیط های کشت در ساعت اول تلقیح نسبت به غلظت اولیه فسفات در محیط کشت مصنوعی.
۱۱۶	جدول ۳-۲۳ - مدل های سینتیک جذب فسفات از محیط در غلظت های اولیه مختلف فسفات در ارلن مایر
۱۱۸	جدول ۳-۲۴ - شدت جذب ویژه فسفات در تیمارهای مورد آزمایش (1/d) در مدت ۶ روز.
۱۱۹	جدول ۳-۲۵ - شدت جذب ویژه فسفات در ساعت اول در تیمارهای مورد آزمایش (1/d)
۱۲۲	جدول ۳-۲۶ - مدل های سینتیک جذب فسفات در آب طبیعی و تیمار K <sub>250</sub> در فتوبیوراكتور و ارلن مایر.

## فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
۱۲۳	جدول ۳-۲۷- اثر کاتیون همراه نیترات در مدل های سینتیک جذب فسفات در غلظت های مختلف فسفات
۱۳۵	جدول ۱ ضمیمه- تجزیه واریانس (ANOVA) داده های آماری برای شدت های نور مختلف.

## فهرست اشکال

صفحه		عنوان شکل
۲۸	شکل ۱-۱	اشکال مختلف تغذیه ای ممکن برای جلبک.
۳۶	شکل ۱-۲	منحنی شماتیک رشد در کشت غیر مداوم (خط ممتد) که در آن مراحل مختلف رشد قابل تشخیص می باشند. (۱) مرحله تاخیر (۲) مرحله رشد نمایی با حداکثر سرعت رشد تحت شرایط ویژه (۳) مرحله رشد خطی (۴) مرحله سکون رشد (۵) مرحله کاهش رشد یا مرگ. منحنی مقطع که غلظت عناصر را در قسمت مقابل نشان می دهد بیانگر نحوه تخلیه عناصر طی مرحله سکون و مرحله بعدی می باشد. در سیستم های اتوتروفیک نور لازم برای فتوسنتز معمولاً یک عامل محدود کننده می باشد.
۳۷	شکل ۱-۳	شدت رشد ویژه ( $\mu$ ) جلبک در مقابل سهمیه سلولی که از رابطه ۱ محاسبه شده است. فرض شده که $\mu_{max}=1$ و مقادیر $k_q$ ۰/۱، ۱/۰، ۲/۵ و ۵/۰ می باشد. هر دو قابلیت تجمع بالا و پائین در محدودیت عناصر غذایی در این مثال نشان داده شده است.
۳۸	شکل ۱-۴	رسم منحنی فرضی برای نشان دادن شدت رشد ویژه ( $\mu$ ) در یک جلبک در برابر غلظت سوبسترا (S) و مفهوم انعطاف پذیری سازگاری در سهم سلولی. در رابطه ۲ مقادیر $k_s$ عبارتند از: ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵.
۴۱	شکل ۱-۵	وابستگی سرعت رشد ویژه یک جلبک فرضی به نسبت مناسب N:P با $\mu_{max}=I$ و $k_{qN}$ $k_{qp} = 0.5 \text{ mg l}^{-1}$ و $5 \text{ mg l}^{-1}$ .
۴۹	شکل ۱-۶	منحنی پاسخ نوری فتوسنتزی (P-curve). محل قطع محور عمودی توسط منحنی مقدار اکسیژن اندازه گیری شده ناشی از تنفس در تاریکی می باشد. $I_0$ ، نقطه جبران نوری، $I_s$ ، شدت اشباع نوری، $I_h$ ، مقدار شدت نور در وقوع محدودیت نوری می باشد.
۵۱	شکل ۱-۷	عمق نفوذ طیف های نوری در <i>Nannochloropsis sp.</i> بعنوان تابعی از تراکم سلولی. عمق نفوذ بعنوان عمقی که در آن تشعشع ۱۰ برابر اعداد (۳، ۵، ۱۰، ۱۵) کاهش می یابد تعریف شده است. این ارقام نشانگر تراکم سلولی بر حسب $\text{g L}^{-1}$ هستند. (Richmond & Cheng-wu, 2001)
۵۵	شکل ۱-۸	تصاویر میکروسکوپی گونه های جلبک و سیانوباکتر مورد استفاده توسط Qiang Hu و Milton Sommerfeld
۵۷	شکل ۱-۹	دیاگرام سامانه استخرهای تلفیقی پیشرفته برای تصفیه آب و فاضلاب.
۶۰	شکل ۱-۱۰	نمایی از استخرهای تلفیقی سامانه AIWPS
۶۰	شکل ۱-۱۱	برش عرضی استخر سامانه حذف سلنیم و نیترات توسط باکتری و جلبک

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان شکل
۶۱	شکل ۱-۱۲- نمودار حذف نیترات و سلنیم در سامانه حذف سلنیم و نیترات توسط باکتری و جلبک میکروسکوپی.
۶۱	شکل ۱-۱۳- دیاگرام دیگری از سامانه حذف سلنیم و نیترات توسط باکتری و جلبک میکروسکوپی.
۶۵	شکل ۱-۱۴- حذف آمونیوم و فسفر توسط <i>C. vulgaris</i> در حالت تثبیت شده به تنهایی و تثبیت شده با باکتری <i>A. brasilense</i> در کشت نیمه مداوم برای ۶ دوره ۴۸ ساعته تا ۲۸۶ ساعت. (A) غلظت آمونیوم در محیط کشت ( $\text{mg/L NH}_4^+$ )، (B) غلظت فسفر در محیط کشت ( $\text{mg/L PO}_4^{3-}$ ). حروف کوچک لاتین نشانگر گروه های حاصل از مقایسات میانگین در سطح احتمال ۵٪ است.
۷۰	شکل ۱-۱۵- کشت در شرایط غیر مداوم در ارلن مایر و مخزن شیشه ای در آزمایشگاه توسط Ashley Juanika Belle
۷۰	شکل ۱-۱۶- نحوه کشت جلبک میکروسکوپی <i>D. tertiolecta</i> در استخر شبیه سازی شده توسط Ashley Juanika Belle
۷۲	شکل ۱-۱۷- محیط کشت جلبک میکروسکوپی <i>Monoraphidium</i> در فاضلاب توسط Karin Larsdotter
۷۳	شکل ۱-۱۸- نمایی از فتوبیوراکتور طراحی شده توسط Qiang Hu برای حذف نیترات از آب زیرزمینی توسط جلبک <i>Scenedesmus</i>
۷۴	شکل ۱-۱۹- منحنی رشد (A) و منحنی حذف نیترات (B) در آب زیرزمینی توسط جلبک <i>Scenedesmus</i> در فتوبیوراکتور طراحی شده توسط Qiang Hu.
۷۸	شکل ۱-۲- تصویر میکروسکوپی جلبک <i>Chlorella sp.</i> (الف) و جلبک گونه <i>Dunaliella tertiolecta</i> (ب)
۸۲	شکل ۱-۲- ارلن مایرهای کشت شده به روش کشت غیر مداوم در شیکر انکوباتور
۸۲	شکل ۲-۲- نمونه ای از کشت جلبک <i>Chlorella vulgaris</i> در ارلن مایر به روش کشت غیر مداوم. (سمت راست) محیط کشت مصنوعی، (وسط) مایع تلقیح در روز دهم کشت، (سمت چپ) محیط آب زیرزمینی منطقه پارک بزرگ تبریز.
۸۳	شکل ۲-۳- کشت جلبک <i>Chlorella vulgaris</i> در فتوبیوراکتور در شرایط کشت غیر مداوم
۸۶	شکل ۲-۴- نمودار وزن خشک جلبک <i>Chlorella vulgaris</i> در دانسیته های نوری مختلف و مدل خطی برازش شده بر آن.
۹۳	شکل ۳-۱- مقدار کل نیترات جذب شده در واحد بیوماس جلبک در غلظت های اولیه مختلف نیترات...

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان شکل
۹۵	شکل ۳-۲- نیترات جذب شده در واحد بیوماس نسبت به زمان با احتساب بیوماس خارج شده توسط نمونه گیری.
۹۶	شکل ۳-۳- شدت جذب نیترات در واحد بیوماس جلبک(شیب خطوط) نسبت به غلظت های اولیه نیترات در ارلن مایر
۹۷	شکل ۳-۴- رابطه شدت جذب نیترات در واحد بیوماس جلبک(شیب خطوط) نسبت به غلظت های اولیه تا غلظت ۱۵۰ mg/L نیترات در ارلن مایر.
۹۸	شکل ۳-۵- قدر مطلق شدت های جذب ویژه نیترات نسبت به غلظت های اولیه نیترات.
۹۹	شکل ۳-۶- قدر مطلق شدت های جذب ویژه نیترات نسبت به زمان در غلظت های اولیه مختلف در ارلن مایر.
۱۰۰	شکل ۳-۷- میانگین قدر مطلق شدت های جذب ویژه نیترات نسبت به زمان در ارلن مایر.
۱۰۳	شکل ۳-۸- غلظت نیترات در تیمار آب طبیعی و K <sub>250</sub> در مقاطع زمانی مختلف.
۱۰۴	شکل ۳-۹- مقایسه شدت جذب نیترات در آب طبیعی و تیمار K <sub>250</sub> در واحد وزن خشک جلبک با احتساب بیوماس خارج شده طی نمونه برداری در ارلن مایر.
۱۰۶	شکل ۳-۱۰- نیترات جذب شده در واحد وزن خشک جلبک نسبت به زمان با احتساب بیوماس خارج شده توسط نمونه برداری در فتوبیوراکتور
۱۰۷	شکل ۳-۱۱- میانگین pH محیط کشت نسبت به زمان در غلظت های اولیه مختلف در ارلن مایر.
۱۰۸	شکل ۳-۱۲- تغییرات میانگین pH نسبت به میانگین بیوماس خشک در طول دوره کشت.
۱۰۹	شکل ۳-۱۳- منحنی رشد جلبک در تیمار K <sub>250</sub> در ارلن مایر و فتوبیوراکتور..
۱۱۱	شکل ۳-۱۴- میانگین غلظت باقیمانده نیترات در تیمارهای دو کاتیون همراه سدیم و پتاسیم.
۱۱۲	شکل ۳-۱۵- تاثیر کاتیون همراه در شدت جذب نیترات در واحد بیوماس خشک جلبک نسبت به زمان با احتساب بیوماس خارج شده توسط نمونه گیری.
۱۱۳	شکل ۳-۱۶- غلظت فسفات در تیمارها در مقاطع زمانی مختلف.
۱۱۴	شکل ۳-۱۷- مقدار کل فسفات جذب شده در غلظت های اولیه مختلف فسفات.



## فهرست اشکال

صفحه	عنوان شکل
۱۱۶	شکل ۳-۱۸- سینتیک جذب فسفات در واحد وزن خشک جلبک با احتساب بیوماس خارج شده....
۱۱۷	شکل ۳-۱۹- شدت جذب فسفات در واحد بیوماس خشک جلبک (شیب خط) نسبت به غلظت های اولیه فسفات در محیط.
۱۱۸	شکل ۳-۲۰- قدر مطلق شدت های جذب ویژه فسفات نسبت به غلظت اولیه فسفات در ارلن مایر.
۱۱۹	شکل ۳-۲۱- قدر مطلق شدت های جذب ویژه فسفات نسبت به غلظت های اولیه فسفات در ارلن مایر در یک ساعت اول بعد از تلقیح.
۱۲۱	شکل ۳-۲۲- فسفات جذب شده در واحد وزن خشک جلبک با احتساب بیوماس خارج شده توسط نمونه برداری در آب طبیعی و تیمار K <sub>2</sub> 50 در ارلن مایر.
۱۲۲	شکل ۳-۲۳- فسفات جذب شده در واحد وزن خشک جلبک با احتساب بیوماس خارج شده توسط نمونه برداری در فتوبیوراکتور و ارلن مایر.
۱۲۳	شکل ۳-۲۴- تاثیر کاتیون همراه نیترات در سینتیک جذب فسفات.
۱۲۴	شکل ۳-۲۵- میانگین OD <sub>550 nm</sub> نسبت به زمان در تیمارهای ارلن مایر.
۱۲۷	شکل ۳-۲۶- میانگین بیو ماس تولید شده توسط جلبک <i>Ch. vulgaris</i> نسبت به زمان در ارلن مایر.

## مقدمه :

دسترسی به آب سالم در مصارف مختلف، امروزه یکی از چالش های مهم فرا روی جوامع مختلف بوده و در اغلب مناطق بصورت بحران های منطقه ای یا ملی و حتی فرا ملی بروز کرده است. افزایش جمعیت جهان ، بالا رفتن سطح بهداشت فردی و اجتماعی و گسترش صنایع مختلف موجب افزایش نیاز به آب شده است. از سوی دیگر، منابع آب های قابل مصرف محدود بوده و این کمبود، هر روز بحرانی تر می شود. آب سالم بسته به نوع مصارف آن در شرب، بهداشت، کشاورزی و صنعت تعاریف مختلف داشته و استانداردهای مختلفی برای هر کدام، از نظر میزان آلودگی های شیمیایی، میکروبی و فیزیکی تعریف شده است. رعایت استانداردهای تعریف شده برای کاهش هزینه های ناشی آثار سوء مصرف آب های آلوده ضروریست. در ایران شاید تا بحال برآورد صحیحی از خسارات ناشی از مصرف آب های آلوده در بخش های مختلف به عمل نیامده باشد، ولی بطور یقین می توان به هنگفت بودن میزان این خسارات از نظر جانی و مالی پی برد. عدم رعایت استانداردهای بین المللی در آب مصرفی هر سال هزینه های سنگینی را به جامعه و بنگاه های اقتصادی تحمیل می کند که میزان این خسارات، بدلیل عدم دور اندیشی، بسیار بیشتر از هزینه رعایت حداقل استانداردها می باشد. در حال حاضر با توجه به شکل گیری روش های نوین تصفیه و پالایش آب و فاضلاب، هزینه ها به حداقل کاهش یافته است. لذا با یک عزم ملی و نگرشی مثبت به امر سلامت انسان و اقتصاد و جامعه می توان به درک صحیحی از لزوم رعایت استانداردهای بین المللی در آب های مصرفی دست یافت.

اهمیت آب بعنوان یک منبع طبیعی و نیازمند به مدیریت و نگهداری دقیق، بایستی در سطح جهانی به رسمیت شناخته شود. با وجود اینکه طبیعت در اغلب موارد، قابلیت زیادی برای جبران لطمات زیست محیطی دارد اما افزایش نیاز به منابع آب این ضرورت را پیش می آورد که با به کارگیری علوم مربوط، در مورد چرخه آب، از کیفیت و کمیت آن نگهداری و مراقبت گردد.

فصل اول

بررسی منابع

## فصل اول - بررسی منابع

نیاز روز افزون به غذا و محدودیت اراضی قابل کشاورزی موجب گسترش روز افزون مصرف بیرویه کودهای شیمیایی شده است. از این رو عناصر مازاد بر تحمل خاک با تجمع در محل های ناخواسته موجب بروز آلودگی های محیطی شده است. از دیگر سو، توسعه صنایع مختلف و گسترش شهرنشینی موجب تولید فاضلاب های صنعتی و شهری بیشتر و تخلیه آنها به محیط زیست شده است. انواع آلودگی های محیطی ناشی از تخلیه انواع فاضلاب ها به محیط زیست، در حال حاضر موجب تحدید سلامتی کلیه موجودات زنده در روی کره زمین شده است. این آلودگیها بیشترین تاثیر را روی آب های سطحی و زیرزمینی و مخازن طبیعی و مصنوعی گذاشته و با آلوده ساختن منابع آب، تهدید جدی در سلامت انسان و سایر موجودات شده است. لزوم تصفیه فاضلاب ها جهت تامین بهداشت از یک سو و لزوم بازیافت آب از فاضلاب ها جهت استفاده مجدد از دیگر سو دولت های مختلف را در این راستا به تکاپو واداشته است.

عمده ترین انواع آلودگی در آب های شیرین مصرفی آلودگی های شیمیایی، فیزیکی و میکروبی می باشد. در این تحقیق بر روی آلودگی شیمیایی آب که بسیار جدی است تاکید شده است چرا که بر خلاف آلودگی میکروبی، ممکن است اثرات آن سال های مدیدی بعد از آلودگی مشاهده شود. امروزه مقادیر متناهی از مواد زاید صنعتی و کشاورزی وارد آب ها می شود. بسیاری از این مواد شیمیایی می تواند از طریق بیولوژیکی در برخی از جانداران زنجیره غذایی متراکم شود. با توجه به قدرت حل کنندگی آب، نمک های غشاء زمین کم و بیش در آنها دیده می شوند و میزان آنها بستگی به جریان آب، سطح و زمان تماس و ترکیب ساختمان منطقه ای دارد که آب در آن نفوذ یا از آن عبور نموده است. بطور عمده املاح موجود در آنها عبارتند از: (۲)

۱- بی کربنات کلسیم: این نمک از اثر گاز کربنیک که به مقدار ۳۰ میلی گرم در لیتر در آب حل می شود بر کربنات کلسیم حاصل شده و مقدار آن تا ۱/۹ گرم در لیتر می رسد و سبب قلیایی شدن آب می گردد. بی کربنات منیزیم نیز سبب قلیایی شدن آب می شود.