



میکرو جابجایی و شیت زیرستی CO_2

(مدل سازی برپایه مینی و کنترل)

مؤلفان:

دکتر مریم پازکی (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)

مهندس رضا قاسم زاده

دکتر حسن هویدی (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)



انتشارات آوای قلم

عنوان و نام پدیدآور: میکرو جلبک‌ها و تثبیت زیستی CO₂ (مدل‌سازی، پیش‌بینی و کنترل)/

نام مؤلفان: مریم بازکی، رضا قاسم‌زاده، حسن هویدی.

سرشناسه: بازکی، مریم

مشخصات نشر: تهران: آوای قلم، ۱۳۹۵.

مشخصات ظاهری: ۱۴۸ ص. مصور، جدول، نمودار. شابک: ۶-۵۷-۷۵۴۲-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا موضوع: ریزجلبک‌ها -- تکنولوژی زیستی

موضوع: Microalgae – Biotechnology شناسه افزوده: هویدی، حسن، ۱۳۵۱ -

شناسه افزوده: قاسم‌زاده، رضا، ۱۳۶۸ -

رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ پ ۲/۹۷۱/۲۴۸ TP

رده بندی دیویی: ۶۶۲/۸۸

شماره کتابشناسی ملی: ۴۵۶۳۴۱۵

نام کتاب:

میکرو جلبک‌ها و تثبیت زیستی CO₂ (مدل‌سازی، پیش‌بینی و کنترل)

بهار ۹۶

اول

جلد ۵۰۰

۱۲۰۰۰۰ ریال

۶-۵۷-۷۵۴۲-۶۰۰-۹۷۸

مؤلفان: دکتر مریم بازکی، مهندس رضا قاسم‌زاده، تاریخ نشر:

نوبت چاپ:

دکتر حسن هویدی

انتشارات آوای قلم

انتشارات آوای قلم

مهندس مهدی خانی

ناشر:

حروفچینی و صفحه‌آرایی:

طراحی روی جلد:

آدرس: تهران - میدان انقلاب - خیابان کارگر شمالی - ابتدای خیابان نصرت - کوچه باغ نو - کوچه

داوود آبادی شرقی - پلاک ۴ - زنگ دوم

شماره تماس: ۶۶۵۹۱۵۰۴ تلفکس: ۶۶۵۹۱۵۰۵

فروشگاه اینترنتی: www.khaniranshop.com

هرگونه چاپ و تشریز محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع و شرعاً حرام است.

متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸	مقدمه ناشر
۹	مقدمه مؤلفان

فصل اول: میکروجلبک

۱۲	۱-۱ تعریف
۱۴	۲-۱ ویژگی‌ها
۱۶	۳-۱ طبقه‌بندی میکروجلبک‌ها
۱۶	۱-۳-۱ طبقه‌بندی میکروجلبک بر اساس چرخه زندگی
۱۶	۱-۳-۱-۱ فتواتوتروفیک
۱۷	۲-۳-۱-۱ هتروتروفیک
۱۷	۳-۳-۱-۱ میکستروفیک
۱۷	۴-۳-۱-۱ فتوهتروتروفیک
۱۸	۴-۱ کاربرد میکروجلبک‌ها
۱۹	۱-۴-۱ تأمین مواد غذایی
۲۰	۲-۴-۱ کشاورزی
۲۱	۳-۴-۱ صنعت داروسازی
۲۱	۴-۴-۱ تصفیه آب
۲۱	۵-۴-۱ لوازم آرایشی
۲۱	۶-۴-۱ پژوهش‌های زیستی
۲۲	۷-۴-۱ انرژی
۲۴	۱-۷-۴-۱ تولید بیومتان
۲۴	۲-۷-۴-۱ تولید سوخت زیستی
۲۵	۳-۷-۴-۱ تولید هیدروژن زیستی
۲۵	۸-۴-۱ زمینه‌های محیط زیستی
۲۵	۵-۱ سیستم‌های کشت میکروجلبک
۲۶	۱-۵-۱ روش باز
۲۷	۲-۵-۱ روش بسته (فتوبیوراکتور)

- ۱-۵-۲ فتوبیوراکتور لوله‌ای.....
- ۱-۵-۲ فتوبیوراکتور بشقابی - سطح.....
- ۱-۵-۳ مقایسه سیستم‌های کشت میکروجلبک.....
- ۱-۶ پارامترهای مؤثر در رشد جلبک.....
- ۱-۶-۱ نور.....
- ۱-۶-۲ دما.....
- ۱-۶-۳ pH.....
- ۱-۶-۴ مواد مغذی.....
- ۱-۴-۴ کریب.....
- ۱-۶-۲ نیتروژن.....
- ۱-۶-۴ ف.....
- ۱-۶-۴ میکرو حشرات.....
- ۱-۶-۴ رری بیج کشت.....
- ۱-۶-۵ تلاطم.....
- ۱-۶-۶ انتقال جرم گاز- مایه.....
- ۱-۷ دی‌اکسیدکربن و مخاطرات محیط زیست ناشی از افزایش این گاز در اتمسفر.....
- ۱-۷-۱ گازهای گلخانه‌ای.....
- ۱-۷-۲ منابع مختلف بازیافت گاز CO_2
- ۱-۷-۳ روش‌های جذب و جداسازی.....
- ۱-۷-۴ جداسازی با استفاده از حلال مونواتانول آمین (MEA).....
- ۱-۷-۵ جداسازی به کمک فناوری غشایی.....
- ۱-۷-۵-۱ جداسازی به کمک غریبال مولکولی.....
- ۱-۷-۵-۲ فرآیند جذب با استفاده از جاذب خشک.....
- ۱-۷-۵-۳ گزینه‌های دفع با تزریق مستقیم.....
- ۱-۸ نگرانی‌های محیط زیستی.....
- ۱-۹ روش فتوسنتز در تثبیت دی‌اکسیدکربن.....
- ۱-۱۰ ضرورت استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر.....
- ۱-۱۱ نتیجه‌گیری.....

فصل دوم: شیت بیولوژیکی CO₂

۴۶	۱-۲ مقدمه
۴۷	۲-۲ انتخاب گونه میکرو جلبک
۴۷	۱-۲-۲ فعالیت فتوسنتزی
۴۸	۲-۲-۲ مکانیزم تغلیظ CO ₂ (CCM)
۴۹	۳-۲-۲ انتخاب گونه میکرو جلبک

فصل سوم: مدل سازی فرآیند زیستی

۵۴	۱-۳ مقدمه
۵۴	۲-۳ روش های راهبری
۵۴	۱-۲-۳ مدل ناپیوسته
۵۶	۲-۲-۳ مدل تغذیه ناپیوسته
۵۶	۳-۲-۳ مدل پیوسته
۵۸	۳-۳ مدل سازی نرخ رشد
۵۸	۱-۳-۳ مدل های عمومی
۵۹	۱-۱-۳-۳ مدل مونود
۵۹	۲-۱-۳-۳ مدل هالدن
۵۹	۳-۱-۳-۳ مدل کانتوئیز
۶۰	۴-۱-۳-۳ مدل دروپ
۶۰	۲-۳-۳ مدل های مرتبط با اثر نور
۶۲	۳-۳-۳ مدل های مرتبط با اثرات کربن
۶۲	۴-۳-۳ مدل هایی از اثرات همزمان چندین پارامتر
۶۶	۵-۳-۳ انتخاب مدل نرخ رشد
۶۷	۴-۳ مدل های موازنه جرم
۶۸	۵-۳ تشخیص پارامترهای مدل
۷۰	۶-۳ مثال: کشت میکروبی کلرلا ولگاریس
۷۱	۱-۶-۳ اجرای آزمایش
۷۳	۲-۶-۳ مدل سازی

۷۵	۳-۶-۳ شناسایی پارامترها
۷۵	۳-۶-۳-۱ شناسایی ضریب $k_{\text{H}_2\text{O}}$
۷۶	۳-۶-۳-۲ تعیین بازده تبدیل $Y_{\text{X/TIC}}$
۷۷	۳-۶-۳-۳ شناسایی پارامترهای مدل رشد
۸۰	۷-۳ نتیجه گیری

فصل چهارم: تخمین غلظت زیست توده

۸۴	۱-۴ مقدمه
۸۴	۲-۴ کلیات پیش بینی
۸۷	۳-۴ جدیدترین روش ها
۹۰	۴-۴ فیلتر کالمن
۹۰	۱-۴-۴ مبانی
۹۱	۲-۴-۴ فیلتر کالمن گسسته
۹۲	۳-۴-۴ فیلتر کالمن گسسته تعمیم یافته
۹۴	۴-۴-۴ تنظیمات فیلتر کالمن
۹۵	۵-۴-۴ مثال
۹۶	۵-۴ مشاهده گر تقریبی
۹۶	۱-۵-۴ مبانی
۹۷	۲-۵-۴ مثال
۹۹	۶-۴ مشاهده گر بازه ای
۹۹	۱-۶-۴ مبانی
۱۰۱	۲-۶-۴ مثال
۱۰۲	۱-۲-۶-۴ طراحی مشاهده گر
۱۰۴	۷-۴ صحت سنجی آزمایشی کشت کلرلا ولگاریس

فصل پنجم: کنترل فرآیندهای زیستی

۱۰	۱-۵ مقدمه
۱۰	۲-۵ تعیین شرایط عملیاتی بهینه

۱۱۱	۱-۲-۵ شرایط عملکردی بهینه
۱۱۱	۲-۲-۵ نقطه بهینه
۱۱۲	۳-۵ کلیات کنترل
۱۱۲	۴-۵ جدیدترین روش‌ها
۱۱۵	۵-۵ کنترل GMC
۱۱۵	۱-۵-۵ مبانی
۱۱۶	۲-۵-۵ مزایا و معایب
۱۱۷	۳-۵-۵ مثال
۱۱۸	۶-۵ کنترل خطی ورودی/خروجی
۱۱۸	۱-۶-۵ مبانی
۱۲۰	۲-۶-۵ مزایا و معایب
۱۲۱	۷-۵ مدل غیرخطی کنترل پیش‌بینی کننده
۱۲۱	۱-۷-۵ مبانی
۱۲۳	۲-۷-۵ کنترل پیش‌بینی کننده غیرخطی (NMPC)
۱۲۴	۳-۷-۵ مزایا و معایب
۱۲۴	۸-۵ کاربرد در کشت کلرلا و لگاریس
۱۲۷	۱-۸-۵ عملکرد قانون GMC
۱۲۹	۲-۸-۵ عملکرد قانون کنترلی پیش‌بینی کننده
۱۳۴	۹-۵ نتیجه‌گیری

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می اندیشند

مقدمه ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات غث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی که ال‌طایب و وای‌می‌دانند که جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد. از جمله راههای تقرب به خداوند علم است. علم که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر یک علم انداز افزون گردد، تقریب بیشتر می‌شود. از این روست که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌سیر و تحول، گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود. جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گنجینه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد. بی‌ایمان داریم که راهنماییهای شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنماییهای شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و همکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص خانم دکتر مریم پاژکی، آقای مهندس رضا قاسم‌زاده، آقای دکتر حسام‌هوییدی (مولفان) و آقای مهندس علی‌محمد خانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزودشان را آرزومندم.

مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

مقدمه مولفان:

در حال حاضر یکی از مسائل مهم و حیاتی برای سرنوشت انسان و توسعه پایدار جوامع، حفظ محیط زیست از خطرات آلودگی‌های مختلف ناشی از فعالیت‌های اجتماعی و صنعتی است. همچنین بر اثر آلودگی‌های مختلف، سلامتی و بهداشت انسان و تمامی موجودات زنده دیگر با مشکلاتی همراه شده است. عدم توجه لازم و کافی به این موضوع می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری را به بار آورد. در نظام جمهوری اسلامی ایران که سعادت و رشد و شکوفایی انسان اصل خدشه‌ناپذیر است، توجه خاصی به این موضوع شده است و به همین جهت یک اصل بسیار مهم در قانون اساسی کشور به این موضوع پرداخته شده است و رچه عمیق به آن لازم و ضروری است.

"در جمهوری اسلامی ایران، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشد، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا حربه غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است"

غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر به طری طبیعی توسط فرآیندهایی به نام سیکل کربن تنظیم می‌شود. حرکت کربن بین اتمسفر و سطح زمین و اقیانوس‌ها توسط فرآیندهای طبیعی انجام می‌شود. این فرآیندها تنها مقداری از ۶ میلیارد تن کربن تولید شده در هر سال را جذب می‌کنند. به طوری که تخمین زده می‌شود سالانه حدود ۳/۲ میلیارد تن کربن به اتمسفر و جو زمین اضافه می‌شود. در نتیجه یک نابرابری مثبت بین کربن تولید شده و جذب شده، وجود می‌آید که موجب رشد گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین می‌شود.

امروزه بیش از ۸۶٪ انرژی مورد نیاز دنیا از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. می‌توان گفت که CO₂ مهمترین گاز گلخانه‌ای بوده و سهمی معادل ۶۴٪ را در افزایش پدیده گازهای گلخانه‌ای دارا می‌باشد. امروزه میزان غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر ۳۹۶ ppm می‌باشد که این مقدار در سال‌های گذشته برابر ۲۸۰ ppm بوده است. بنابراین با توجه به اهمیت گازهای گلخانه‌ای و ثوابت توضیح داده شده لزوم جداسازی کارآمد CO₂ در صنعت امروز به خوبی احساس می‌شود.

در طول سالیان اخیر، میکروجلبک‌ها کاربردهای گسترده‌ای در زندگی بشر پیدا کرده‌اند. دسته‌ای از میکروجلبک‌ها با تثبیت نیتروژن، شکل قابل استفاده این عنصر را (به صورت آمونیوم و نیترات) در اختیار گیاهان قرار می‌دهند. گونه‌های میکروجلبکی متعددی مانند اسپیرولینا و جلبک‌هایی مثل پورفیرا در طول زمان نقش عمده‌ای در تأمین غذای سایر جانداران ایفا کرده‌اند. استفاده از جلبک‌ها برای تغذیه انسان سابقه طولانی دارد و به سال‌های قبل از میلاد می‌رسد.

در این زمینه، جداسازی دی‌اکسیدکربن با ابزارهای بیولوژیکی یکی از نویدبخش‌ترین روش‌ها علی‌الخصوص در چهارچوب توسعه پایدار است. تاکنون چندین مطالعه در مورد توانایی میکروجلبک‌ها

در گرفتن دی‌اکسیدکربن از گازهای گلخانه‌ای ارائه شده‌اند. سرعت رشد میکروارگانیسم‌ها به مراتب بیشتر از گیاهان زمینی و فعالیت فتوسنتز آنها نیز ۱۰ تا ۵۰ برابر گیاهان می‌باشد. علاوه بر این میکروارگانیسم‌ها قادر به تثبیت کردن کربن دی‌اکسید از منابع مختلف نظیر جو، گازهای صنعتی همچنین کربنات هیدروژن محلول هستند. از لحاظ تئوری، میکروجلبک‌ها می‌توانند در هر سال مصرف حدود ۵۱۳ تن کربن دی‌اکسید، ۹٪ انرژی خورشیدی تابیده شده در هر هکتار را به ۲۸۰ تن زیست‌توده خشک تبدیل کنند. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که تثبیت CO_2 می‌تواند همراه با تولید سوخت زیستی باشد که این موضوع باعث افزایش بازدهی فرآیند و همچنین عملکرد بهتر محصول می‌گردد. در این راستا، دی‌اکسیدکربن تولیدی از احتراق سوخت زیستی می‌تواند بازیافت و توسط میکروجلبک‌ها جذب شده و دوباره تبدیل به سوخت زیستی گردد.

در این کتاب، بررسی تبدیل فتوسنتزی با استفاده از باکتری‌ها یا میکروجلبک‌ها در یک شرایط کنترل شده زیست محیطی به منظور تثبیت دی‌اکسیدکربن پرداخته شده است. میکروجلبک‌ها کاربردهای مختلفی دارند که در کتاب بیان شده است. کشت این میکروارگانیسم‌ها در فتوبیوراکتور با اجازه کنترل بهتر بر شرایط کربردی آنها می‌دهد (دما، نور و غیره). از آنجا که پرورش این میکروارگانیسم‌ها به پارامترهای منبوتی وابسته هستند، بنابراین حفظ این پارامترها در مقدار بهینه و راستای تولید ماکزیمم زیست‌توده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فتوبیوراکتورها اجازه کنترل بهتر بر شرایط کشت فراهم می‌کنند لذا گرایش سمت آنها نیز بیشتر می‌باشد. در این کتاب به بررسی شرایط بهینه، مدل‌های توصیف شده برای تخمین غلظت میکروجلبک و کنترل فرآیندهای مربوطه منظور تولید میکروجلبک و در نتیجه مصرف بیشتر دی‌اکسیدکربن (تثبیت بیولوژیکی دی‌اکسید کربن) پرداخته شده است. امید است که این کتاب بتواند به عنوان دروازه‌ای از دانش جدید مربوط فرآیندهای زیستی میکروجلبک‌ها راهگشای جویندگان علم باشد.

این کتاب به مانند هر موردی که دست ساخته بشر است، حالی از ابداع نخواهد بود، لذا از همه اساتید، دانشجویان، کارشناسان و علاقه‌مندان به موضوع دعوت می‌شود هر گونه نقطه نظرات اصلاحی پیشنهادات سازنده‌ای در تکمیل موضوع ارائه کنند تا انشا... در چاپ‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد. در پایان لازم می‌دانیم از تمامی عزیزانی که در به ثمر نشستن این نهال دانش چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیر مستقیم نقش داشته‌اند تشکر نماییم و امیدواریم در تک تک مراحل زندگی‌شان موفقیت همراه همیشگی‌شان باشد.