

میکروجلبک‌ها و تثبیت زیستی CO_2

(مدل‌سازی، پیش‌بینی و کنترل)

مولفان:

دکتر مریم پازکی (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)

مهندس رضا قاسم‌زاده

دکتر حسن هویدی (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)



انتشارات آوای قلم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ناشر ۸
مقدمه مؤلفان ۹

فصل اول: میکروجلبک

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

۱-۵-۲-۱ فتوبیوراکتور لوله‌ای ۲۷
۱-۵-۲-۲ فتوبیوراکتور بشقابی- مسطح ۲۸
۱-۵-۳ مقایسه سیستم‌های کشت میکروجلبک ۲۸
۱-۶ پارامترهای مؤثر در رشد جلبک ۳۱
۱-۶-۱ نور ۳۱
۱-۶-۲ دما ۳۲
۱-۶-۳ pH ۳۲
۱-۶-۴ مواد مغذی ۳۳
۱-۶-۴-۱ کربن ۳۳
۱-۶-۴-۲ نیتروژن ۳۳
۱-۶-۴-۳ فسفر ۳۳
۱-۶-۴-۴ میکروعنصرها ۳۴
۱-۶-۴-۵ شوری محیط کشت ۳۴
۱-۶-۵ تلاطم ۳۴
۱-۶-۶ انتقال جرم گاز- مایع ۳۵
۱-۷ دی‌اکسیدکربن و مخاطرات محیط زیستی ناشی از افزایش این گاز در اتمسفر ۳۵
۱-۷-۱ گازهای گلخانه‌ای ۳۵
۱-۷-۲ منابع مختلف بازیافت گاز CO_2 ۳۶
۱-۷-۳ روش‌های جذب و جداسازی ۳۶
۱-۷-۴ جداسازی با استفاده از حلال مونواتانول آمین (MEA) ۳۷
۱-۷-۵ جداسازی به کمک فناوری غشایی ۳۷
۱-۷-۵-۱ جداسازی به کمک غربال مولکولی ۳۹
۱-۷-۵-۲ فرآیند جذب با استفاده از جاذب خشک ۳۹
۱-۷-۵-۳ گزینه‌های دفع با تزریق مستقیم ۳۹
۱-۸ نگرانی‌های محیط زیستی ۴۱
۱-۹ روش فتوسنتز در تثبیت دی‌اکسیدکربن ۴۱
۱-۱۰ ضرورت استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر ۴۲
۱-۱۱ نتیجه‌گیری ۴۳

فصل دوم: تثبیت بیولوژیکی CO_2

۲-۱ مقدمه ۴۶
۲-۲ انتخاب گونه میکروجلبک ۴۷
۲-۲-۱ فعالیت فتوسنتزی ۴۷
۲-۲-۲ مکانیزم تغلیظ CO_2 (CCM) ۴۸
۲-۲-۳ انتخاب گونه میکروجلبک ۴۹

فصل سوم: مدل‌سازی فرآیند زیستی

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

۳-۶-۳ شناسایی پارامترها ۷۵
۳-۶-۳-۱ شناسایی ضریب k_{La} ۷۵
۳-۶-۳-۲ تعیین بازده تبدیل $Y_{X/TIC}$ ۷۶
۳-۶-۳-۳ شناسایی پارامترهای مدل رشد ۷۷
۳-۷ نتیجه‌گیری ۸۰

فصل چهارم: تخمین غلظت زیست توده

۴-۱ مقدمه ۸۴
۴-۲ کلیات پیش‌بینی ۸۴
۴-۳ جدیدترین روش‌ها ۸۷
۴-۴ فیلتر کالمن ۹۰
۴-۴-۱ مبانی ۹۰
۴-۴-۲ فیلتر کالمن گسسته ۹۱
۴-۴-۳ فیلتر کالمن گسسته تعمیم‌یافته ۹۲
۴-۴-۴ تنظیمات فیلتر کالمن ۹۴
۴-۴-۵ مثال ۹۵
۴-۵ مشاهده‌گر تقریبی ۹۶
۴-۵-۱ مبانی ۹۶
۴-۵-۲ مثال ۹۷
۴-۶ مشاهده‌گر بازه‌ای ۹۹
۴-۶-۱ مبانی ۹۹
۴-۶-۲ مثال ۱۰۱
۴-۶-۲-۱ طراحی مشاهده‌گر ۱۰۲
۴-۷ صحت‌سنجی آزمایشی کشت کلرلا ولگاریس ۱۰۴

فصل پنجم: کنترل فرآیندهای زیستی

۵-۱ مقدمه ۱۱۰
۵-۲ تعیین شرایط عملیاتی بهینه ۱۱۰

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

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 توجه 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 باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است"

غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر به طور طبیعی توسط فرآیندهایی به نام سیکل کربن تنظیم می-شود. 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 سالیانه 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 به 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 CO_2 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 شرایط توضیح داده شده لزوم جداسازی کارآمد CO_2 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 میکروارگانیزم‌ها به مراتب بیشتر از گیاهان زمینی و فعالیت فتوسنتز آنها نیز ۱۰ تا ۵۰ برابر گیاهان می‌باشد. علاوه بر این، میکروارگانیزم‌ها قادر به تثبیت کردن کربن‌دی‌اکسید از منابع مختلف نظیر جو، گازهای صنعتی همچنین کربنات هیدروژن محلول هستند. از لحاظ تئوری، میکروجلبک‌ها می‌توانند در هر سال با مصرف حدود ۵۱۳ تن کربن‌دی‌اکسید، 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 به 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 میکروارگانیزم‌ها در فتوبیوراکتورها اجازه کنترل بهتر بر شرایط کارکردی آنها می‌دهد (دما، نور و غیره). از آنجا که پرورش این میکروارگانیسم‌ها به پارامترهای متفاوتی وابسته هستند، بنابراین حفظ این پارامترها در مقدار بهینه در راستای تولید ماکزیمم زیست‌توده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فتوبیوراکتورها اجازه کنترل بهتری بر شرایط کشت فراهم می‌کنند لذا گرایش به سمت آنها نیز بیشتر می‌باشد. در این کتاب به بررسی شرایط بهینه، مدل‌های توصیف شده برای تخمین غلظت میکروجلبک و کنترل فرآیندهای مربوطه به 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 به فرآیندهای زیستی میکروجلبک‌ها راهگشای جویندگان علم باشد.

این کتاب به مانند هر موردی که دست ساخته بشر است خالی از ایراد نخواهد بود، لذا از همه اساتید، دانشجویان، کارشناسان و علاقه‌مندان به موضوع دعوت می‌شود هر گونه نقطه نظرات اصلاحی و پیشنهادات سازنده‌ای در تکمیل موضوع ارائه کنند تا انشاا... 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.

گروه مولفان