

그린바이오 산업의 글로벌 연구개발 동향과 기술개발 전략

I. 그린바이오 산업의 트렌드 분석

1. 바이오산업 시장 동향과 전망

1-1. 바이오산업 분류 및 유망기술 분야

- 1) 바이오산업 정의 및 3대 분류
- 2) 바이오산업의 미래유망분야 및 고도화 전략

1-2. 글로벌 바이오산업 트렌드 분석

- 1) 글로벌 산업동향
- 2) 주요국의 바이오 정책 동향

(1) 미국

(2) EU

(3) 영국

(4) 독일

(5) 일본

(6) 중국

3) 연구개발 및 투자 동향

- (1) 시장현황 및 전망
- (2) 투자 현황
- (3) 연구개발 투자액 동향
- (4) 논문 발표 동향
- (5) 특허 동향

1-3. 국내 바이오산업 트렌드 분석

1) 국내 바이오산업 현황 및 전망

- (1) 바이오산업 수급
- (2) 바이오산업 매출 및 수출입
- (3) 바이오산업체
- (4) 바이오산업 인력

2) 국내 바이오산업 연구개발 및 투자 동향

- (1) 바이오산업 투자 현황

- (2) 바이오산업 연구개발비 현황 및 전망
- (3) 국내 바이오산업 투자의 변화
- 3) 국내 바이오산업 정책방향

2. BT 발전에 의한 바이오경제와 그린바이오 산업의 성장성

2-1. 바이오테크놀로지의 발전과 확산

- 1) 바이오테크놀로지 개념 및 확산 분야
- 2) 분야별 바이오테크놀로지 활용사례

2-2. 바이오경제(BioEconomy) 시대의 도래

1) 바이오경제(BioEconomy)의 개요

- (1) 바이오경제 개념 및 범위
- (2) 바이오경제의 중요성
- 2) 바이오경제 현황 및 전망
- 3) 주요국의 바이오경제 추진전략

- (1) 미국
- (2) EU
- (3) 영국
- (4) 독일
- (5) 일본
- (6) 중국

4) 바이오경제 실현을 위한 추진방향

2-3. 그린바이오 산업의 성장성 분석

1) 그린바이오 산업 혁신전략

- (1) 그린바이오 융합형 신산업 육성방안
- (2) 그린바이오 5대 유망산업 선정

2) 국내 바이오기업 분야별 현황

- (1) 개요
- (2) 분야별 분포 및 기업공개 현황
- (3) 분야별 경영성과 현황
- (4) 분야별 연구개발 현황
- (5) 분야별 정부 R&D 수행 현황

3) 그린바이오 산업의 활성화 배경 및 전망

Ⅱ. 바이오경제 실현을 위한 그린바이오 기술개발 전략

1. 그린바이오 산업 분야별 연구개발 동향

1-1. 농업

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 농업 영역의 개발 의의
- (3) 멀티스케일 농지 모델 개발
- (4) 환경 부담을 줄이는 작물 개발

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 멀티스케일 농지 모델 개발
- (2) 환경 부담을 줄이는 작물 개발

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

4) 주요 해외 프로젝트

- (1) 미국 Phytobiome 프로젝트
- (2) Horizon 2020 Agriculture and forestry 영역
- (3) 일본 과학기술진흥기구(JST) 프로젝트

5) 과학 기술적 과제

6) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

1-2. 식물공장

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 기본 생산기술 확립
- (2) 대규모 생산을 위한 로봇 기술과 AI 기술
- (3) 식물에 의한 의약품 생산, 유전자 편집·변형 식물 등의 생산
- (4) 필드용 모종 생산과 스마트 푸드 시스템

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) 공학적 전개·대규모 생산을 위한 로봇 기술과 AI 기술
- (2) 생물학적 전개·환경조절·생육공간조절에 의한 고도의 생리대사 제어
- (3) 생물학적 전개·다품목 재배, 재배 품목 확대, 최적 재배 확대

4) 과학 기술적 과제

- (1) 식물의 복합 환경 응답의 시계열 오믹스 분석
- (2) 피노타이핑
- (3) 생육/대사 모델링

(4) 기계와 생물의 정보 융합 기술

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

1-3. 수산

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 계놈 편집
- (2) 계놈 예측
- (3) 대체 사료
- (4) 어병 대책

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

4) 과학 기술적 과제

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국
- (6) 태국

1-4. 축산

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 육종
- (2) 생식 공학
- (3) 계놈 편집 기술의 응용
- (4) 성숙 난자의 체외 생산
- (5) AI를 활용하는 배이식 성적 향상을 위한 연구개발
- (6) 대사 프로그래밍을 활용한 환경 부담이 적은 육우 비육 기술 개발

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) X 정자와 Y 정자의 기능적인 차이를 이용한 자웅 선택법
- (2) 동결 정액의 대량 생산 기술
- (3) 소 정자의 동결 건조
- (4) 베트남 재래돼지의 난자 보존
- (5) 소의 배아의 수배율 향상과 노동력 절감

4) 과학 기술적 과제

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

1-5. 임업

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 목질계 바이오매스 생산
- (2) 스마트 임업

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) 사상균류의 전계놈 분석의 발전(1000 사상균 계놈 프로젝트)
- (2) 바이오매스 분해 관련 효소에 관한 CAZY 데이터베이스의 확충
- (3) 계놈 편집 기술
- (4) 1 차 세포벽 등의 활용
- (5) 이과접목(異科接木)
- (6) 주요 해외 프로젝트

4) 과학 기술적 과제

- (1) 형질 형성 메커니즘의 해명과 응용
- (2) 효소를 사용하는 LCC의 선택적 분해
- (3) 효소를 사용하는 리그닌의 저분자 가용화
- (4) 스마트 임업-상림 정보의 디지털화와 오픈 데이터

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

- (6) 캐나다
- (7) 뉴질랜드(NZ)

2. 그린바이오 산업에 활용될 기반 바이오기술 연구개발 동향

2-1. 합성생물학

- 1) 개요
 - (1) 정의
 - (2) 개발 의의
- 2) 주요 연구개발 동향
 - (1) 인공 생체 고분자
 - (2) 인공 세포
- 3) 새로운 기술 전개 및 이슈
- 4) 과학 기술적 과제
- 5) 주요국별 연구개발 현황 비교
 - (1) 미국
 - (2) 유럽
 - (3) 중국
 - (4) 일본
 - (5) 한국
 - (6) 싱가포르

2-2. 미생물분자 생산

- 1) 개요
 - (1) 정의
 - (2) 개발 의의
- 2) 주요 연구개발 동향
- 3) 새로운 기술 전개 및 이슈
 - (1) Engineering Biology Research Consortium(EBRC)
 - (2) 무세포 합성 생물학
 - (3) 메타볼라이트 바이오센서
 - (4) 생성물의 단리 기술
 - (5) Engineered Living Materials(ELM)
 - (6) 신규 미생물 · 효소 탐색
 - (7) 조합 최적화법
 - (8) 인공 유전자 합성
 - (9) 주요 해외 프로젝트
- 4) 과학 기술적 과제
- 5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국
- (6) 그 밖의 국가·지역

2-3. 유전체 편집

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 유전체 개념
- (3) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) 유전자가위 툴의 신규 개발
- (2) DSB 를 사용하지 않는 안전하고 정확한 유전체 편집
- (3) 후성유전체 편집
- (4) RNA 편집
- (5) CRISPR 진단(핵산 검출 기술)
- (6) 유전체 편집에 의한 유전자 치료
- (7) 유전체 편집 식품
- (8) 기타

4) 과학 기술적 과제

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

2-4. 유전자 발현기구

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 에피게놈
- (2) RNA

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) RNA-단백질 복합체

- (2) 단일세포 멀티 오믹스 기술
- (3) 미국 10x Genomics
- (4) 크로마틴 고차 구조 분석
- (5) 액체-액체 상분리 현상(LLPS: liquid-liquid phase separation)
- (6) CRISPR/Cas9
- (7) RNA 관련 제약

4) 해외 주요 프로젝트

- (1) 미국 4D nucleome project
- (2) 미국 ENCODE 프로젝트
- (3) 유럽 metaRNA 네트워크
- (4) 유럽 EXPERT 프로젝트
- (5) 중국 과학원(CAS) Key Laboratory of RNA
- (6) 일본 FANTOM6 프로젝트
- (7) 신 학술 영역 '비코드 RNA 작용 머시너리'

5) 과학 기술적 과제

- (1) lncRNA 작용 기구의 전모 해명
- (2) RNA 에 의한 세포 내 제어 환경 형성에 대한 이해
- (3) 단백질 합성 과정에서의 RNA 제어의 복잡성과 정밀성에 대한 이해

6) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

2-5. 단일세포 오믹스

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 단일세포 전사체 분석 기술
- (2) 단일세포 전사체와 정보 기술
- (3) 단일세포 전사체 분석과 세포 계보 계측법
- (4) 단일세포 전사체와 다른 정보를 통합한 공간적(공간 발현 패턴) 분석
- (5) 에피게놈 · 유전자 제어 관계의 분석에 대한 응용

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) 다검체 계측 장치로서의 단일세포 RNA-seq
- (2) in situ sequencing · 세포 · 조직 속 유전자 발현의 직접 대규모 분석법

- (3) 다계층 오믹스의 싱글 셀 수준에서의 통합
- (4) 10x Genomics 의 Chromium 시스템
- (5) 데이터 분석 파이프라인 및 소프트웨어 확충
- (6) 주목할 만한 해외 프로젝트

4) 과학 기술적 과제

- (1) 다양한 분자의 단일세포 오믹스 계측
- (2) 실시간 단일세포 계측
- (3) DNA 시퀀서 개발
- (4) 단일세포 계보 추적법의 개선과 AI 에 의한 생물학적 데이터 분석
- (5) 고체 전 세포 분석에 의한 장기 연관 분석
- (6) 싱글 셀 오믹스 분석의 임상 응용

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

3. 농수산업에서의 바이오테크놀로지 적용

3-1. 유전자변형 작물과 관련 규제

1) LMO/GMO

- (1) 유전자변형생물체
- (2) 유전자변형식품
- (3) LMO 와 GMO 의 차이점

2) 국내 관련 규제 동향

- (1) 유전자변형생물체법
- (2) 카르타헤나의정서

3) 해외 주요국의 규제 동향

- (1) 세계 동향
- (2) 미국
- (3) EU
- (4) 영국
- (5) 독일
- (6) 중국
- (7) 일본

4) 유전체 편집 농수산물

- (1) 유전자변형과 유전자편집의 차이

(2) 유전자편집 농수산물과 카르타헤나의정서

3-2. 유전자 편집기술에 의한 품종개량 동향

1) 개요

2) 농산물 품종개량 동향

(1) 옥수수

(2) 밀

(3) 쌀

(4) 감자

(5) 카사바(cassaba)

(6) 대두

(7) 양구슬냉이(Camelina sativa)

(8) 토마토

(9) 바나나

(10) 감귤류

3) 수산물 품종개량 동향

(1) 참돔

(2) 참다랑어

(3) 고등어

Ⅲ. 그린바이오 유망산업인 ‘마이크로바이옴’ 개발 전략

1. 마이크로바이옴(Microbiome) 개발 동향

1-1. 마이크로바이옴 개요 및 관련 정책

1) 마이크로바이옴(Microbiome) 개념 및 연구배경

(1) 정의

(2) 연구 및 기술개발 배경

2) 마이크로바이옴 분류

(1) 식물 마이크로바이옴

(2) 인체 마이크로바이옴

(3) 장내 마이크로바이옴

3) 주요 국가별 정책 추진 동향

(1) 미국

(2) 유럽

(3) 중국

(4) 일본

(5) 한국

1-2. 마이크로바이옴 관련 연구 및 기술 개발 동향

- 1) 단세포 분석(Single Cell Analysis)
- 2) 메타게놈 샷건 시퀀싱(shotgun sequencing)
- 3) 메타볼로믹스(metabolomics, 대사체학)
- 4) 메타 전사체학(Metatranscriptomics)
- 5) 메타 프로테오믹스(단백질체학, proteomics)
- 6) 16S rRNA(16S ribosomal RNA) 앰플리콘 시퀀싱

2. 그린바이오 산업에서의 마이크로바이옴 적용

2-1. 마이크로바이옴의 활용

- 1) 다양한 분야에서의 마이크로바이옴 활용
 - (1) 개요
 - (2) 주요산업별 활용 동향
- 2) 농축산 분야에서의 마이크로바이옴 활용
- 3) 국내의 농축산 적용 동향

2-2. 식물 마이크로바이옴과 농업분야 응용

- 1) 식물 마이크로바이옴의 개념과 분류
 - (1) 개요
 - (2) 식물 마이크로바이옴 분류
- 2) 식물 마이크로바이옴의 역할과 가능성
- 3) 식물 마이크로바이옴 기술개발 동향
 - (1) 국내외 연구동향
 - (2) 식물 마이크로바이옴 엔지니어링 기술 동향
- 4) 농업용 마이크로바이옴과 미생물 활용방안

(1) 토양 미생물의 근권

- (2) 근권 효과
- (3) 토양 정균작용
- (4) 토양 매개 유산
- (5) 토양에 의한 우위
- (6) 토양의 정체성
- (7) 분자 식물
- 5) 향후 연구방향과 과제

2-3. 마이크로바이옴 기술의 축산분야 응용

- 1) 개요
- 2) 글로벌 시장동향
 - (1) 마이크로바이옴 글로벌 시장동향
 - (2) 국내 마이크로바이옴 시장 동향
 - (3) 동물 마이크로바이옴 분야 시장 동향

3) 연구개발 동향

- (1) 국내 동물 마이크로바이옴 기술개발 동향
- (2) 친환경 축산을 위한 동물 마이크로바이옴 연구동향
- (3) 축산분야에서의 마이크로바이옴 및 프로바이오틱스 활용 동향

IV. 그린바이오 유망산업인 '대체식품' 개발 전략

1. 미래 식량 생산 기반의 바이오기술 연구개발 동향

1-1. 화학생물학

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 생물활성화합물의 화학생물학
- (2) 화학유전학

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) 공유결합 억제제
- (2) 프로틴 녹다운 제약
- (3) RaPID 시스템에 의한 특수 환상 펩타이드 제약
- (4) 화학유전학
- (5) DREADD
- (6) 화학 유도 이량화법

4) 과학 기술적 과제

- (1) 공유결합 억제제
- (2) 프로틴 녹다운 제약
- (3) 펩타이드 리간드의 저분자화 기술
- (4) 화학유전학

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국

1-2. 식물분자 생산

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 식물분자 생산 영역의 개발 의의

- (3) 식물 이차 대사물과 식물 유용 유전자
- (4) 식물에 의한 바이오 의약품 생산(PMPs)

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 식물 이차 대사물과 식물 유용 유전자
- (2) 식물에 의한 의약품 생산(PMPs)

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

4) 과학 기술적 과제

- (1) 식물판 iPS 세포화를 가능하게 하는 기술 개발
- (2) 식물 체내에서의 고속적 및 효과적인 분비를 가능하게 하는 기술 개발
- (3) 배수체 계층에 대한 도전
- (4) 사회구현을 실현하는 실용화 연구의 중요성

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국
- (6) 이스라엘

1-3. 식물유래 친환경 첨단소재

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 식물유래 친환경 첨단소재 영역의 개발 의의
- (3) 바이오매스 플라스틱
- (4) CNF

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 바이오매스 플라스틱
- (2) CNF

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) 바이오매스 플라스틱
- (2) CNF

4) 과학 기술적 과제

- (1) 바이오매스 플라스틱
- (2) CNF

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국

- (4) 일본
- (5) 한국
- (6) 캐나다
- (7) 북유럽

1-4. 옵트 바이올로지

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 개발 의의

2) 주요 연구개발 동향

3) 새로운 기술 전개 및 이슈

- (1) 의료 응용
- (2) 광면역요법
- (3) 광스위치 단백질의 장파장화
- (4) 업컨버전 현상
- (5) 광조작에 관한 정보를 집약한 데이터베이스 'OptoBase'
- (6) 주요 해외 프로젝트

4) 과학 기술적 과제

- (1) 생체 심부에 존재하는 분자 및 세포의 광조작을 실현하는 기술 개발
- (2) 질병의 치료를 목적으로 하는 광조작 기술의 연구 추진
- (3) 관련된 주변 기술과의 연계 · 융합

5) 주요국별 연구개발 현황 비교

- (1) 미국
- (2) 유럽
- (3) 중국
- (4) 일본
- (5) 한국
- (6) 그 밖의 국가 · 지역

1-5. 세포외 미립자 · 세포외소포

1) 개요

- (1) 정의
- (2) 세포외 미립자 · 세포외소포 영역의 개발 의의
- (3) 외인성 미립자
- (4) 내인성 미립자

2) 주요 연구개발 동향

- (1) 외인성 미립자
- (2) 세포외소포(EVs, 엑소좀)
- (3) 내인성 미립자(MVs)

- 3) 새로운 기술 전개 및 이슈
 - (1) 외인성 미립자(PM2.5 등)
 - (2) 내인성 미립자
 - (3) 주목할 만한 해외 프로젝트
- 4) 과학 기술적 과제
 - (1) 외인성 미립자(PM2.5 등)
 - (2) 내인성 미립자
- 5) 주요국별 연구개발 현황 비교
 - (1) 미국
 - (2) 유럽
 - (3) 중국
 - (4) 일본
 - (5) 한국
 - (6) 그 밖의 국가·지역

2. 바이오기술을 활용하는 대체식품 글로벌 사업 동향과 전망

2-1. 대체식품 및 대체 단백질 시장 분석

- 1) 대체식품 개념 및 필요성
 - (1) 대체식품·대체육 개요
 - (2) 대체 단백질이 주목받는 배경
- 2) 대체식품 및 대체 단백질 시장동향
- 3) 대체식품 산업 분석
- 4) 대체 단백질 비즈니스의 핵심을 이루는 식물성고기 시장

2-2. 식물성고기 시장의 사업 환경 및 전망

- 1) 식물성고기(plant-based meat) 개요
- 2) 해외의 식물성고기 시장동향
 - (1) 미국과 유럽
 - (2) 아시아
 - (3) 일본
- 3) 국내의 식물성고기 시장동향
- 4) 식물성고기 시장의 선진기업 사례 분석
 - (1) 비욘드 미트(미국)
 - (2) 임파서블 푸드(미국)
 - (3) 그린먼데이(홍콩)
 - (4) v2food(호주)
 - (5) 리디파인미트(이스라엘)
 - (6) 세이버이트(이스라엘)

(7) 넥스트미트(일본)

(8) 지구인컴퍼니(한국)

5) 식물성고기 시장의 사업전략

(1) 맛의 개선

(2) 생고기 제품의 개발

(3) 분쇄육 이외의 제품 개발

(4) 식물성 단백질 원료의 다양화

(5) 식물성 단백질 원료의 차별화

(6) 3D 푸드 프린터를 통한 제품개발 심화

(7) 하이브리드 제품 개발

6) 시장 전망