혁신성장 2021-12

2021.07.22

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목보고서

YouTube 요약 영상 보러가기

농업용 미생물

친환경 농업을 실현하는 농업용 유용 미생물의 활용

요 약
배경기술분석
심층기술분석
산업동향분석
주요기업분석

작성기관	(주)NICE디앤비	작 성 자	이상아 연구원

■ 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.

■ 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.

■ 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.

■ 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.

■ 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-2122-1300)로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국IR협의회

농업용 미생물

친환경 농업을 실현하는 농업용 미생물의 활용

디지털 뉴딜 – 스마트 그린 산업단지
K-뉴딜의 10대 대표과제 중 「스마트 그린 산업단지」가 포함되어 있음. : 본 과제는 노후화된 생산시설을 정비하여 친환경 제조공정이 가능한 산단을 구축함. 2022년까지 총사업비 2조 1천억 원 투자, 일자리 1만 7천 개 창출, 2025년까지 총사업비 4조 원 투자, 일자리 3만 3천 개 창출을 목표로 추진함. - 주요 투자사업: 스마트 산단(인공지능 및 드론 기반의 유해 화학물질 누출 원격 모니터링 체계 구축), 녹색 공장(스마트 생태공장 및 클린팩토리 구축) 등 - 산업단지를 디지털 기반의 고생산성(스마트) + 에너지 저오염(그린) 등의 친환경 제조 공간으로 전환함.
환경·지속가능(D) – 스마트팜(D14) – 농업용 미생물(D14004)
❑ 농업용 미생물 활용기술은 토양 내 성분을 비료화 하거나, 병과 해충을 억제하여 화학비료와 농약을 대체하는 수단으로 이용하는 기술을 말함. ❑ 최근 발효식품에 적용하여 식품의 질을 높이고 표준화하기 위해 활용 가능한 미생물이 개발되고 있으며, 병해충을 방제하는 미생물은 증량제와 혼합한 제품으로 생산 가능함. ❑ 농업 유용 미생물의 공급을 통해 토양 환경을 개선하여 친환경 농업생산의 기반 조성 및 농가 경영비(비료, 농약)의 절감을 실현함.

■ 화학 농약의 문제를 극복할 대안으로 부상되고 있는 천연식물보호제

친환경 농업은 농림축산물 생산 과정에서 화학 농약이나 비료를 최소한으로 투입하여 생물 환경(물, 토양 등)의 오염을 최소화하는 농법이다. 이를 위해, 농업용 유용 미생물을 활용한다. 농업용 유용 미생물은 토양 환경을 개선하여 작물의 생육을 촉진하고, 병해충을 감소시키는 기능성 미생물이다. 이러한 유용 미생물로 이루어진 천연식물보호제(바이오 농약)는 사람과 생태계에 대한 독성은 낮고, 세균, 진균, 바이러스 등에 대한 방제제로 특정 해충과 병원균에 대해서만 약효가 발휘된다. 이에 천연식물보호제는 화학 농약의 유해성을 해결하는 대체재로 부상하고 있다.

■ 기술의 발전과 소비자 수요 증가를 기반으로 꾸준히 성장 중인 천연식물보호제 시장

화학 농약에 대한 규제 강화와 환경 보호 정책의 활성화로 인해 천연식물보호제 시장은 꾸준히 성장하고 있다. Fortune Business Insights(2020)에 따르면, 세계 천연식물보호제 시장 규모는 2019년에 약 26.0억 달러를 달성하였으며, 매년 13.1%의 비율로 성장하여 2027년에는 약 106.3억 달러를 달성할 것으로 전망된다. 또한, MarketsandMarkets(2020)의 자료에 따르면, 글로벌 생물 촉진제 시장은 2019년 26.0억 달러를 달성하고, 매년 11.2%의 비율로 성장하여 2025년에는 49.0억 달러의 시장 규모를 이룰 것으로 예측된다.

Ⅰ. 배경기술분석

농업용 유용 미생물을 활용한 친환경 농업의 실현

농업용 유용 미생물은 토양 환경을 개선하여 작물의 생육을 촉진하고, 병해충을 줄이며, 축사의 악취를 제거하고, 가축의 면역력을 강화하는 미생물이다. 각 농가는 화학비료를 줄이고 유용 미생물을 활용한 생물 촉진제와 바이오 농약을 사용함으로써 친환경 농업을 실현하고 있다.

■ 유용 미생물을 이용한 친환경 농업

친환경 농업은 농림축산물 생산 과정에서 화학 농약이나 비료 및 항생제를 최소한으로 투입함으로써 물, 공기, 토양 등을 포함한 생물 환경의 오염을 최소화하는 농법을 말한다. 이는 농업의 생산력과 생태계를 유지하면서 인체에 안전한 농산물을 생산하는 농법으로 주목받고 있다.

오랜 시간 농업에서는 작물 재배의 효율을 높이기 위해 농약, 비료 등의 화학물질을 사용해왔으나, 이는 잔류 농약으로 인한 독성 문제를 유발하고, 화학 성분에 저항성을 갖는 병충해가 생김으로써 사용하는 화합물을 주기적으로 바꿔야 하는 문제를 지속해왔다. 이에, 유용 미생물을 활용한 친환경 농업은 이러한 문제를 해결하는 수단으로써 대두되고 있다.

미생물은 현미경으로 측정 시 관찰되는 아주 작은 크기의 생물로서, 다양한 미생물군 중 인간에게 유익한 미생물군을 '유용 미생물'이라고 부르고, 각 산업에서 활용하고 있다. 농업에 쓰이는 유용 미생물은 광합성균, 고초균, 유산균, 효모균, 클로렐라 등이며, 각각 '생물 촉진제'와 '바이오 농약'으로 활용되고 있다. 생물 촉진제(Bio-stimulants)는 작물의 성장을 촉진하며, 수확량을 증진하는 효과를 가진 미생물이고, 바이오 농약(Bio-pesticides)은 농작물에 피해를 주는 해충과 잡초를 방제하는 천연식물보호제를 말한다. 해외에서는 기능상 두 용어를 구분하여 사용하고 있으나, 국내에서는 주로 천연식물보호제를 생물 촉진제의 기능까지 포함한 개념으로써 포괄적으로 사용하고 있다. 동 보고서 또한 해외 시장에 관련된 분석 항목을 제외하고, 천연식물보호제를 생물 촉진제의 기능을 포함하는 것으로서 분석한 내용임을 밝힌다.

농업용 미생물은 화학 농약이 가지고 있는 유해성의 문제로부터 자유로우면서도 안정적인 농업을 가능하게 하는 수단으로 그 수요가 점차 증가하고 있다. 농업용 미생물은 유용 미생물 활성액, 유기질 발효퇴비, 유기산 발효액 등의 다양한 형태로 생산되어 농업 현장에서 활용되고 있다. 하단의 표에는 농업용 유용 미생물 중 대표적인 4개 균주와 그 특징을 명시하였다.

[표 1] 대표적인 농업용 미생물의 종류와 특징

미생물 종류	특징
바실러스균	● 토양 내에 서식하는 대표적인 유용 미생물로 유기물 분해능력이 매우 우수함 ● 병원균의 생육을 억제하는 항생물질을 다량으로 분비함 ● 각종 생리활성물질을 분비하여 식물의 지하부 생육을 촉진함
광합성균	● 질소 고정능력이 우수하여 토양 내 가용 질소를 공급하여 천연 비료 역할을 함 ● 유해가스를 유용물질로 전환하며 악취를 제거하는 능력이 탁월함 ● 토양 미생물 상 개선 및 토양의 산성화를 방지함 ● 비타민류와 아미노산을 생성하여 작물의 성장과 착색을 촉진함
효모균	● 식물 잔사 분해능력과 토양 개량 효과가 탁월함 ● 아미노산 등 작물의 성장에 필요한 물질을 다량으로 생산함 ● 호르몬을 포함한 생리활성물질을 생산하여 뿌리와 세포를 활성화함
유산균	● 각종 유기산 분비로 불용성 인산염의 가용화 작용이 탁월함 ● 유기물 분해를 통한 기능성 물질의 공급으로 작물의 생장을 촉진함 ● 항 병성 인자의 생성을 통해 작물의 내병성을 강화함

*출처: 동부농업기술센터(2016), NICE디앤비 재가공

■ 농업용 미생물을 활용한 천연식물보호제의 특성

바이오 농약으로 불리는 천연식물보호제는 자연계에 존재하는 미생물로 이루어진 농약으로, 환경에 주는 악영향이 매우 적다. 또한, 화학 농약에서 자주 독성 문제를 일으켜 온 잔류 농약으로 인한 걱정도 없다. 미생물 농약은 세균이나 진균, 바이러스, 원생동물 등을 활용한 방제제로 특정 해충과 병원균에 대해서만 적용되므로 사람이나 환경에 대한 독성은 매우 낮다. 이에 미생물 농약은 화학 농약의 대체재로 부상하고 있다.

천연식물보호제는 독성을 가지고 병해충을 막는 것이 아니라 생육 환경을 조절하거나 신진대사를 방해하는 형태로 병해충의 생존을 억제한다. 화학 농약은 꾸준히 사용할 경우, 저항성을 갖춘 잡초나 병해충이 발생하게 되지만, 천연식물보호제는 해충의 저항성이 생성되지 않는다. 이러한 이유로 인해 화학 농약은 초반에 빠르고 강한 약효를 드러낼 수 있는 반면에, 천연식물보호제는 장기적으로 더 강력한 방제 효과를 가져올 수 있다.

특히 천연식물보호제는 토양의 병해충을 방제하는 측면에서 화학 농약보다 좋은 효과를 낼 수 있다. 토양 병해충은 식물의 뿌리 부근에서 해를 입히는 해충으로, 흙 속에 살기 때문에 해충을 발견하거나 침투를 예방하는 게 쉽지 않다. 특히 화학 농약은 흙 속까지 투입하기 어려우며, 유효성분이 제대로 침투되지 않고 토양에 흡착되므로 토양 병해충의 방제가 어렵다. 반면, 천연식물보호제는 뿌리에 서식하는 미생물이 생성하는 항균물질을 활용하면 화학 농약보다 좋은 방제 효과를 발휘할 수 있다.

이에 더하여, 천연식물보호제는 화학 농약보다 개발 기간이 짧다. 일반적으로 화학 농약의 평균 개발 기간은 7년~10년이며, 바이오 농약은 평균 3년이다. 천연식물보호제는 바이오 농약으로서, 독성이 낮고 안전성이 높아 화학 농약에 대비해 각종 등록 절차와 유통, 사용 등에 대한 규제를 간소화할 수 있다는 이점도 있다.

한편, 천연식물보호제의 단점도 존재한다. 대량생산의 측면에서 아직은 화학 농약의 가격이 천연식물보호제의 가격에 비해 상대적으로 저렴하다. 또한, 천연식물보호제는 포함된 미생물 종류에 따라, 제품마다 특정 병해충에게만 제한적으로 영향을 미치기 때문에, 그만큼 다양한 종류의 제품이 필요할 수 있다. 우리나라는 온대성 기후의 환경이므로 계절별로 다양한 병해충이 동시적으로 발생하므로 각각에 대한 바이오 농약을 적용하려면 화학 농약 대비 상당히 높은 비용이 발생할 수 있다. 또한, 천연식물보호제는 그 효과를 나타내기까지 일정한 시간이 소요된다. 따라서 즉각적인 대응이 필요한 경우에는 적합하지 않을 수 있다. 천연식물보호제는 그 작용에 있어 다양한 생물학적 원인(온도, 습도, 강우 등의 기후적인 요인)이 약효에 영향을 미친다. 이러한 연유로 천연식물보호제를 예방적인 차원에서 사용하거나 화학 농약과 병용하는 등 두 제제의 단점을 보완하고 장점을 강화하여 사용하는 시도가 늘고 있다.

[표 2] 천연식물보호제(바이오 농약)와 화학 농약의 비교

구분	천연식물보호제(바이오 농약)	화학 농약
원료	동물, 식물, 박테리아나 바이러스 및 특정 무기물에서 추출된 성분	인공적으로 합성된 화학물질
사용방법	병해충의 방제를 예방하는 차원에서 다른 방제법과 복합적인 사용에 적절	즉각적이고 강력한 방제에 적절
비용	개발 비용은 상대적으로 낮으며, 생산/사용/저장 비용은 높은 편임	개발 비용은 상대적으로 높으며, 생산/사용/저장 비용은 낮은 편임
약효 지속성	지속적인 약효	지속성 낮음
약효 안정성	불안정한 약효(기후, 사용 시기 등 다양한 원인으로 인한 영향 존재)	안정적인 약효
독성	해당 사항 없음	독성 문제 발생
환경호르몬	관련 이슈 없음	환경호르몬 약제 보고
생태계 영향성	생태계 영향성 적음	환경오염 및 생태계 파괴 문제 있음

*출처: 한국농촌경제연구원(2018), NICE디앤비 재가공

미생물 활용 농업은 아직 초기 단계이며 화학 농약의 규제 강화 등의 정책도 시작 단계에 해당하기 때문에, 세계의 미생물 활용 농업 동향을 지켜볼 필요가 있다. 2018년 한국농촌경제연구원 분석 자료에 따르면, 현재 우리나라의 주요 식물보호제 생산기업의 기술력은 투자 인력이나 예산에 대비하여 제품 개발 성과가 높은 편인 것으로 알려져 있다. 다만, 연구 개발 계획의 경우, 지속적인 투자를 유치할 수 있는 계획이 부족한 것으로 평가되고 있다. 화학 농약의 사용을 매년 3%씩 감축한다는 목표를 설정하고는 있으나 이를 위한 구체적인 지원책은 미미한 수준이다. 이에, 장기적인 관점에서 각 농가가 친환경 농업을 실현하기 위한 기본 역량과 기반시설을 충분히 갖출 수 있도록 관련 부처의 협력이 필요할 것으로 보인다.

[그림 1] 농업용 미생물 활용 산업의 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
• 우수 미생물과 식물자원 보유 • 제품개발 프로세스 구축 • 성공사례 보유	• 개발 인력의 부족 • 제품화 및 산업화 기반기술 취약 • 기술 보급 미흡 • 화학 농약에 비해 취약한 가격 경쟁력
기회요인(Opportunity)	**위협요인(Threat)**
• 친환경 농자재 육성 정책 • 친환경 농산물의 수요 증가 • R&D 투자 예산 확대	• 화학 농약 대비 미비한 약효 • FTA로 인한 친환경 농산물 구매 용이 • 기업의 투자 축소

*출처: 중소기업청(2015), NICE디앤비 재가공

국내의 미생물 활용 농업은 우수 미생물과 식물자원을 보유하고, 제품 개발의 프로세스를 구축하고 있다는 강점이 있다. 또한, 친환경 농산물의 수요가 증가하고, 관련 R&D 투자 예산이 확대되면서 성장 동력을 가지고 있다. 그러나 천연식물보호제 제품의 개발을 위한 인력과 기반기술이 부족하다는 점, 그리고 미생물 기반의 천연식물보호제는 화학 농약에 비교하여 즉각적인 약효를 발휘하기 어려운 점 등의 취약점을 극복해야만 다양한 농업 현장에서 미생물 활용 친환경 농업이 실현될 수 있을 것이다.

한편, 한국 정부는 코로나 19로 인한 위기 극복과 포스트 코로나 시대 새로운 성장 동력을 찾기 위한 한국판 뉴딜 10대 중점 과제로 '스마트 그린 산업단지' 조성을 선정하였다. 이는 산업단지의 3대 구성요소인 산업, 공간, 사람의 혁신을 통해 '저탄소 · 고효율 · 친환경 · 안전'을 실현하는 스마트 그린 산업단지의 구축을 목표로 추진되는 과제이다. 세부 추진과제로는 에너지 측면에서 저탄소, 고효율의 에너지혁신 선도기지 구축, 환경 측면에서 산업단지별 특화된 자원의 순환 및 친환경 청정산업단지 구현, 안전 측면에서 통합안전관세 시스템 및 재난대응 인프라 구축 등이 있다. 정부는 2019년 스마트 산단 2개소(창원, 반월시화) 선정에 이어, 2021년 3월 스마트 그린 산업단지 3곳(부산, 울산, 군산)을 추가 선정하고 꾸준히 해당 과제를 추진하고 있다.

[그림 2] 스마트 그린 산업단지 구상의 개념도

*출처: 한국산업단지공단(2021)

Ⅱ. 심층기술분석

농업에 사용되는 유용 미생물 제제의 제조법 및 그 효과

유용 미생물 제제는 미생물 활성액, 유기질 발효퇴비, 유기산 발효액 등의 형태로 제조된다. 각 제조액은 생물 촉진제나 바이오 농약의 용도로써 식물의 생장을 촉진하고 병충해를 억제하는 기능을 한다. 본 항목에서는 유용 미생물 제제의 제조법과 효과를 살펴보기로 한다.

■ 미생물 활성액(Effective Micro-organisms, EM)

미생물 활성액(EM)은 효모, 유산균, 누룩균, 광합성세균, 방선균 등의 미생물을 포함한다. 이러한 미생물들은 항산화 작용 혹은 식물의 생장에 도움을 주는 물질을 생성한다. 유용 미생물 제제는 상기 미생물의 작용으로 식물과 공생하며 식물의 부패를 억제하여 성장에 도움을 준다.

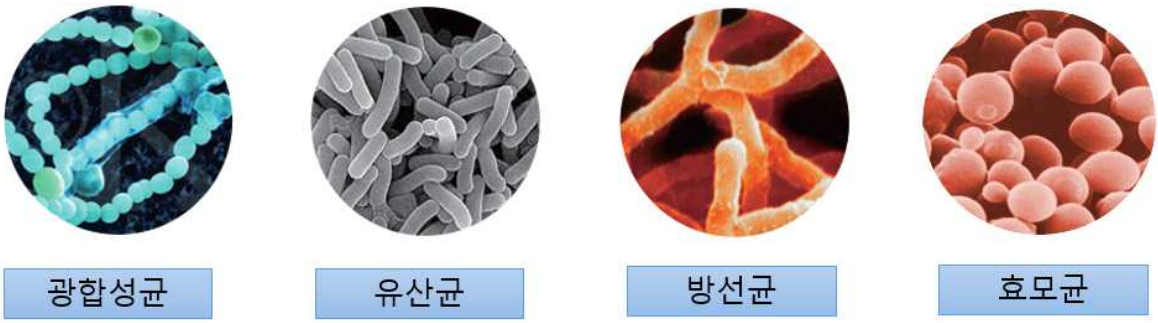
미생물 활성액은 물과 당밀, 그리고 유용 미생물 원자재인 EM1을 섞어 제조한다. EM1은 1983년 일본 류큐대에서 개발한 유용 미생물 원자재 물질로, 약 2,000여 종의 토양 미생물을 수집하여 그 중 공생하는 미생물을 선별하고 미생물 활성액의 원자재로 쓸 수 있도록 개발한 물질이다. EM1에 들어간 미생물의 공통적 특징은 유기물을 분해하면서 항산화 물질을 생성한다는 점이다. 항산화 물질은 식물의 부패를 억제하는 기능을 한다.

[표 3] 미생물 활성액(EM) 대표 미생물과 특징

미생물 종류	특징
광합성균	● 토양의 산소공급을 원활히 하여 뿌리가 썩는 것을 방지함 ● 일조량이 부족한 시기에 작물의 광합성 능력을 도움으로써 작물의 생육과 과실의 당도 증가에 도움을 줌 ● 영양분을 합성하는 능력이 있어 생산력 있는 토양으로 개선해줌
유산균	● 혐기성 미생물이며, 토양에 투입 시 정균 및 가스흡착, 불용화 된 인산을 유기산에 의해 가용화로 풀어주는 역할을 함 ● 불용화 된 인산을 가용화로 풀어주면, 분아 촉진, 뿌리 근 발달에 효과가 있음 ● 과잉 시 유기산에 의해 작물에 해를 입을 수 있으므로 토양에 맞는 적정량을 투입해야 함
효모균	● 다른 균에 비해 이산화탄소 발생량이 많고, 유기물 분해력이 탁월하며, 난분해성 물질을 분해하는 능력이 있음 ● 다른 미생물의 기질을 지속적으로 공급하는 역할을 하며, 미생물의 번식에 좋은 역할을 함
방선균	● 항생물질 생산이 우수하여 병원균의 생육을 억제하는 데에 효과가 있음 ● 약산성에서 생육이 왕성하므로 일반 작물과의 공생에도 효과적임 ● 퇴비 속의 유해균 사멸에 탁월한 효과가 있음
사상균	● 병원균이 잘 자라는 pH5~6에서 다른 유용 미생물보다 병원균과의 경쟁에서 우수한 역할을 함 ● 알코올 발효력이 있어 유해 곤충의 알, 유충의 생육을 저해함 ● 생육 형태적 특성상 작물의 뿌리와 호환이 잘되어 뿌리를 튼튼하게 함

*출처: 한국농촌경제연구원(2018), NICE디앤비 재가공

[그림 3] 미생물 활성액(EM)에 사용되는 미생물 종류



*출처: 농업기술센터(2006), NICE디앤비 재가공

■ 유기질 발효퇴비

토양의 미생물 상을 좋게 하며, 생산성을 증진하고 병충해에 강한 토양을 유지하기 위해 유기질 발효퇴비를 사용한다. 유기질 발효퇴비의 구체적 효과는 크게 다음의 네 가지로 구분된다.

①토양 개량: 기존의 부숙퇴비와 다르게 발효 미생물을 이용하므로 퇴비의 효율성이 증가하고 토양의 미생물 상이 건전하게 되어 토양의 물리성, 화학성의 개선을 기대할 수 있다.

②병충해 억제: 기존의 부숙퇴비와 화학비료를 사용할 경우, 과수의 영양 균형을 초래하거나 아질산과 아미드(admid) 등이 잎에 형성된다. 이는 병충해가 다수 발생하는 원인이 되는데, 발효퇴비를 사용하면 아질산과 아미드 형성이 줄어들며, 병충해의 발생도 감소한다.

③다(多)수확: 유기물을 발효시키면 식물이 흡수하기 좋은 저분자 상태가 되어 영양 흡수를 촉진하며, 광합성에 의한 탄수화물과 뿌리로부터 흡수된 양분이 더해져 다(多)수확이 가능해진다.

④고품질: 작물의 영양 상태가 호전되어 과실의 윤택, 향기, 맛과 당도의 향상 등 품질이 좋아진다.

유기질 발효퇴비는 쌀겨(미강), 공분, 게 껍질, 맥반석 등의 자재에 유용 미생물을 첨가하여 발효시켜 제조한다. 발효법은 600℃에서 발효하는 혐기 방법과 50℃를 넘기지 않고 지속적으로 뒤집기를 하여 긴 시간 발효하는 호기 방법으로 나뉜다. 동절기보다는 하절기에 발효가 빨리 이루어지는 편이며, 보관 기간은 일반적으로 6개월 정도이나, 용도에 따라 1~2년 장기간 발효시키는 경우도 있다.

[그림 4] 유기질 발효퇴비 및 미생물 비료의 사진

*출처: 구글 이미지 검색, NICE디앤비 재가공

■ 광합성 미생물

광합성 미생물은 효모나 클로렐라보다 더 많은 아미노산 성분을 함유하고 있어, 가치가 더 높은 영양소로 알려져 있다([표 4] 참조). 광합성 미생물은 지구상의 탄소, 질소, 유황의 순환에 큰 역할을 하고, 그 작용은 식량 증산과 에너지 생산 및 악화된 환경 공해를 해결하는 데 공헌하고 있다. 광합성 미생물의 구체적인 효과로는 방선균의 증식 촉진 및 곰팡이류 병 억제, 식물 생장 촉진과 착과, 착색, 당도의 향상 및 저장성 증진 등이 있다.

광합성 미생물은 게 껍질, 해조 분말, 쌀겨, 광합성세균, 물 등을 혼합하여 제조하며, 햇빛이 잘 들어가도록 비닐로 밀봉한 후 발효하여 사용한다. 유용 미생물 발효퇴비 제조 시 광합성 세균 배양액을 첨가하면 양질의 유용 미생물 발효퇴비가 된다. 또한, 광합성 미생물용 배지는 관리가 어려우므로 일반 농가에서는 되도록 배지를 구입하여 사용하는 것이 용이하다.

[표 4] 광합성 미생물과 클로렐라 및 효모의 조성 비교

성분명	광합성 미생물	클로렐라	효모
라이신	2.86	2.71	3.76
히스티딘	1.25	1.06	0.90
아르기닌	3.34	3.24	2.50
아스파라긴산	4.56	4.74	3.11
스레오닌	2.70	2.28	2.65
세린	1.68	2.12	2.75
글루탐산	5.34	4.62	6.21
프롤린	2.80	2.12	1.77
글리신	2.41	2.28	2.18
알라닌	4.65	2.98	2.86
발린	3.51	3.02	3.20
이소로이신	2.64	2.44	2.63
로이신	4.50	4.46	3.54
티로신	1.71	0.96	1.30
페닐알라닌	2.60	2.65	2.20
트립토판	1.09	0.64	0.66
NH_3	4.01	2.58	5.30
아미노산 총계	**49.22**	**42.59**	**42.73**

*출처: 농업기술센터(2018), NICE디앤비 재가공

1. 광합성 미생물에 의한 질소고정

공기 중에는 79%의 질소와 21%의 산소, 0.03%의 탄산가스가 존재한다. 식물은 탄산가스를 흡수하여 광합성에 의해 유기물을 합성하며, 질소를 직접 흡수할 수 없다. 광합성 미생물은 질소고정을 수행하는데, 여기에 호기성 유기 영양세균이 공존할 경우 질소의 고정과 활성이 급격히 증가하며, 광합성 미생물의 생존력이 높아진다.

2. 광합성 미생물의 광합성 능력

식물은 가시광선 이하(400~700nm)에서 광합성이 불가능하다. 반면, 광합성 미생물은 박테리오클로로필을 함유하고 있어, 근적외선을 흡수함으로써 50nm 이하의 빛이 있는 곳에서도 광합성이 가능하다. 식물의 일조량이 부족한 경우, 광합성 미생물을 이용하면 식물의 광합성을 보조하여 정상적인 생육을 할 수 있다.

3. 광합성 미생물에 의한 토양의 비옥화

처음 재배한 땅은 기름지고 비옥하며, 무엇이든지 잘 받아들여 식물이 왕성한 생육을 한다. 하지만 계속된 연작으로 염류가 누적되고 토양이 산성화되며 병충해의 다발에 의한 농약의 과잉 사용 등의 원인이 누적되면 농지는 점차 척박하게 변한다. 척박해진 토양에는 근류균을 접종하여 토양을 비옥하게 하는데, 근류균은 광합성 미생물과 혼합 배양할 시 오래 보관되고 광합성 미생물과의 공존을 통해 지속적인 활성도를 갖는다. 광합성 미생물은 근류균의 생존에 도움을 줌으로써 토지를 비옥하게 만드는 역할을 한다.

4. 벼농사에서의 광합성 미생물

벼농사에서 문제가 되는 것은 차단해야 하는 병충해의 양에 비해 과잉된 농약을 사용함으로써 환경 문제를 초래하고 농약에 대한 병충해의 내성을 키울 수 있다는 점이다. 그러나 벼농사에서 광합성 미생물을 사용하게 되면, 벼의 줄기가 굵어지고 출수가 빠르며, 고품질의 벼를 수확할 수 있고, 환경 문제를 막을 수 있다.

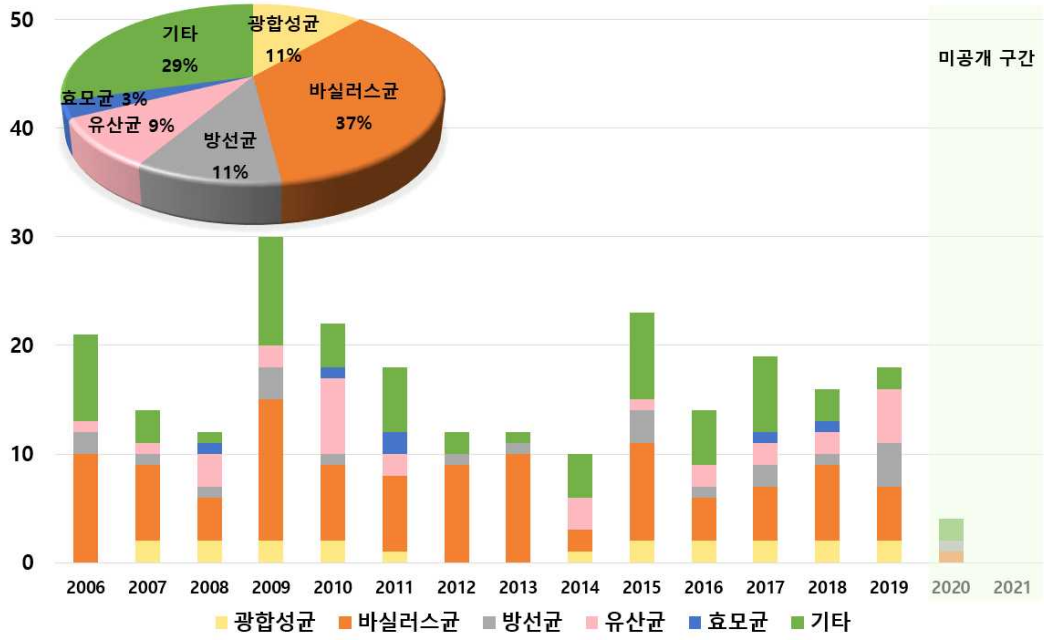
5. 밭농사(하우스 포함) 및 과수에서의 광합성 미생물

광합성 미생물은 균체나 그 분비물에 프롤린과 우라실이 많이 분비되며, 뿌리를 통해 흡수되어 과수의 생장을 촉진하는 역할을 한다. 가지, 토마토, 오이, 고추와 같이 영양 생장과 생식 생장을 동시에 하는 식물에서는 꽃눈 부위에 프롤린의 축적이 많아 광합성 미생물을 활용할 경우 꽃눈의 분화와 착과가 촉진되는 효과가 있다. [표 4]에서도 알 수 있듯, 광합성 미생물에서 분비되는 아미노산의 종류는 글루타민산, 글리신, 알라닌, 프롤린, 리신, 아르기닌 등을 포함하여 매우 다양하며, 이는 당도의 상승과 과실의 비대화를 촉진하고, 수확량을 증가한다. 또한, 보관 안정성을 향상하여 장기간 보관이 가능해진다.

■ 농업용 미생물 관련 특허 동향

[그림 5]는 농업용 미생물 관련 국내 특허출원 동향을 연도별, 기술별로 나타내었다. 농업용 미생물 관련하여 조사된 전체 특허출원 건수는 중복건수를 제외하고 총 348건이며, 출원증가와 감소를 반복하고 있는 양상이 나타난다. 농업용 미생물별 출원 동향을 살펴보면 크게 광합성균 11%, 바실러스균 37%, 방선균 11%, 유산균 9%, 효모균 3% 및 기타 29%를 차지하며, 기타에는 곰팡이 진균, 버크홀데리아 속(*Burkholderia* sp.), 바고코커스 속(*Vagococcus* sp.), 미츠아리아(*Mitsuaria* sp.) 속, 엑시구오박테리움 속(*Exiguobacterium* sp.), 아트로박터 속(*Arthrobacter* sp.) 등 신규 균주의 작물 생장 촉진용도, 농약 제제 등에 관한 특허들이 확인되었다. 바실러스 균주에 대한 특허 출원비율이 가장 높기는 하나 신규 균주 발굴에 관한 연구도 지속적으로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

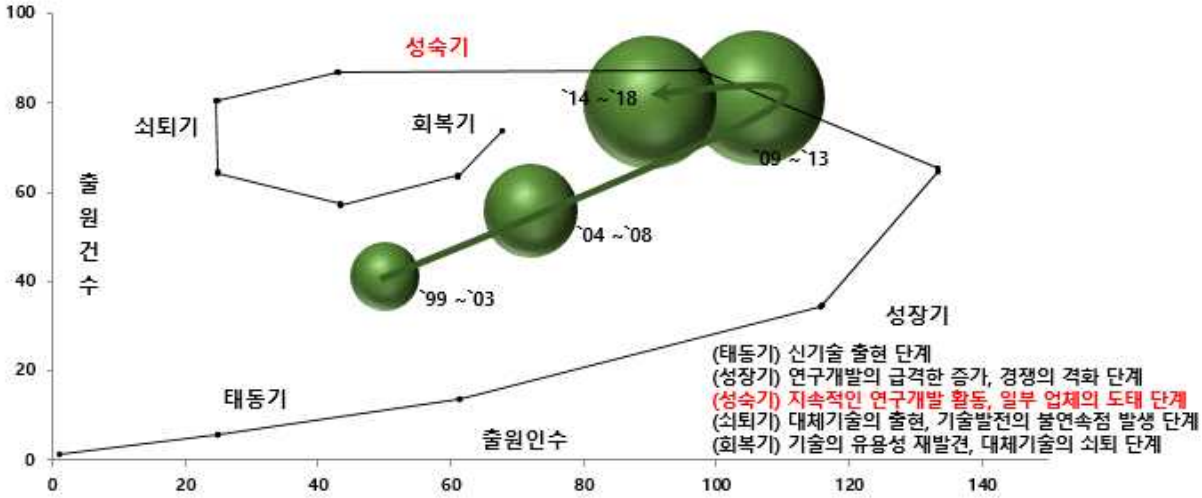
[그림 5] 연도별 특허출원 동향 (단위: 건, %)



*출처: 윕스온 DB, NICE디앤비 재가공

[그림 6]은 농업용 미생물 관련 특허를 분석하여 기술시장 성장단계를 나타내었다. 2000년 이후 출원한 특허들을 대상으로 매 5년을 기준구간으로 하여 해당 구간에서의 특허출원 건수와 특허출원 인수를 조사하였다. 그래프의 가로축은 특허출원 인수를 나타내고, 세로축은 특허출원 건수를 나타낸다. 1구간(`00~03) 및 2구간(`04~08)은 출원인 수와 출원 건수가 급격히 증가하는 성장기 단계에 있다가, 3구간(`09~13) 및 4구간(`14~18)에서 성숙기 단계에 있는 것을 알 수 있다. '20~21 특허 미공개 구간을 감안 시, 해당 연구개발의 출원 증가세가 점차 둔화하며 출원인 수가 소폭 감소하는 성숙기 기술로 확인된다.

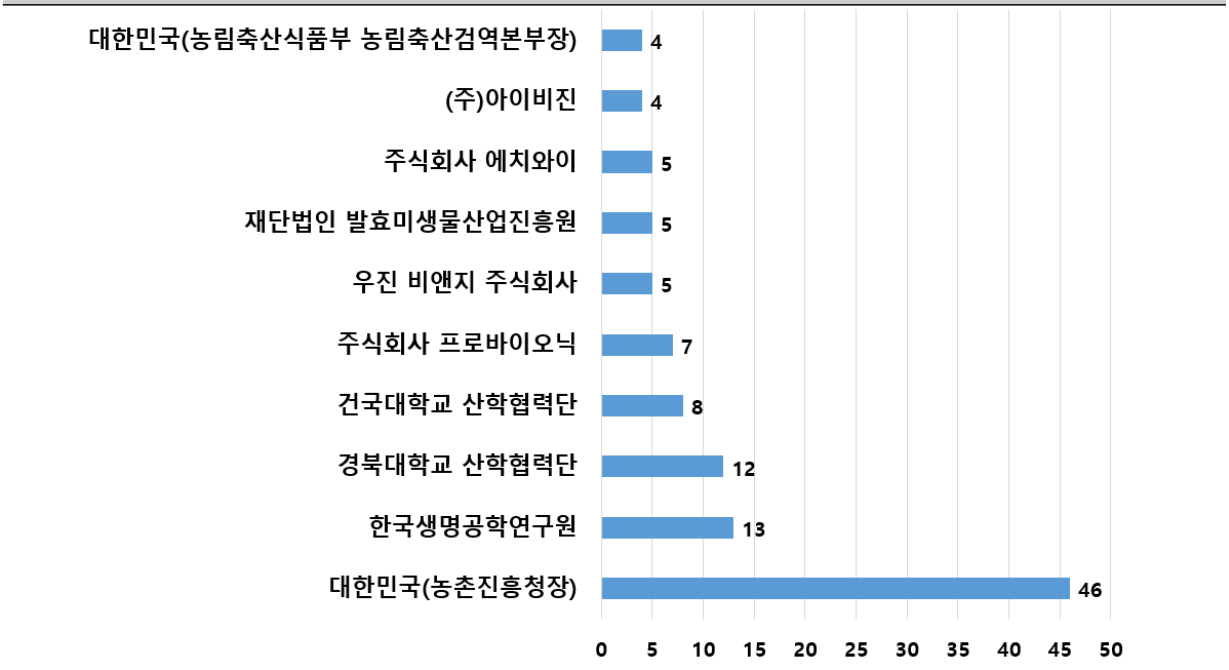
[그림 6] 기술시장 성장단계 (단위: 건, 인)



*출처: 윕스온 DB, NICE디앤비 재가공

[그림 7]은 농업용 미생물 관련 특허출원을 검색하여 확인된 주요 출원인을 나타내었다. 주요 출원인은 대한민국(농촌진흥청장), 한국생명공학연구원, 경북대학교 산학협력단, 건국대학교 산학협력단, 주식회사 프로바이오닉, 우진 비앤지 주식회사, 재단법인 발효미생물산업진흥원, 주식회사 에치와이, ㈜아이비진, 대한민국(농림축산식품부 농림축산검역본부장) 순이었으며, 국내의 경우 대부분 대학 또는 연구원에서 기초연구 중심의 출원이 진행되고 있는 것으로 확인되었다.

[그림 7] 주요출원인 및 출원건수 (단위: 건)



*출처: 윕스온 DB, NICE디앤비 재가공

[그림 8]은 주요 출원인별 주요기술 동향을 나타내었다. 주요 출원인의 기술 동향에 따르면, 대한민국(농촌진흥청장), 한국생명공학연구원, 경북대학교 산학협력단 등 상위 출원인은 광합성균, 방선균 및 기타 신규 균주에 대한 출원을 다양하게 진행하고 있으며, 그중에서도 바실러스균을 이용한 농업용 미생물 개발은 대부분 진행하고 있는 것으로 나타난다.

[그림 8] 주요출원인별 주요기술 동향 (단위: 건)

*출처: 윕스온 DB, NICE디앤비 재가공

Ⅲ. 산업동향분석

지속 성장하는 천연식물보호제 시장

화학 농약에 대한 규제 강화와 환경 보호 정책의 활성화로 천연식물보호제 시장은 꾸준히 성장하고 있다. 화학 농약의 위험성에 대한 인식이 높아지고 건강에 관한 관심이 증가하면서 점차 많은 농업 현장에서 천연식물보호제를 활용하게 될 것으로 보인다.

■ 세계 천연식물보호제 산업 동향

최근 화학 농약에 대한 규제의 강화로 인해 사용이 어렵게 되자 천연식물보호제를 찾는 농가가 증가하고 있다. 현재 천연식물보호제 시장은 화학 농약 시장 대비 소규모 시장이나, 점차 시장점유율을 확장해가고 있다. 이 같은 천연식물보호제 시장의 성장에는 몇 가지 배경요인이 있다.

첫째, 화학 농약에 대한 규제 강화로 화학 농약의 개발 비용이 상승했다. 화학 농약은 각종 위험성 검사와 복잡한 인증 절차를 동반하면서 개발 비용이 증가했고, 천연식물보호제는 화학 농약 대비 1/10 수준으로 개발할 수 있다[1]. 둘째, 친환경 농산물에 대한 소비자의 수요가 증가했다. 잔류 농약, 농약 중독 등 화학 농약의 위험성에 대한 인식이 높아지고 건강에 관한 소비자의 관심이 높아지면서 천연식물보호제의 수요가 상승했다. 셋째, 기술발전으로 인해 천연식물보호제의 성능은 개선되고 단가는 하락했다. 글로벌 기업들이 단가나 효능 면에서 개선된 제품을 지속하여 개발하면서, 다양한 천연식물보호제의 생산이 꾸준히 이루어지고 있다.

[그림 9] 세계 천연식물보호제 시장 전망 (단위: 억 달러)

*출처: Fortune Business Insights(2020)

1) 박경석, 미생물 농약의 개발현황과 바실러스 미생물의 중요성, 제14권 제4호, 2011

Fortune Business Insights(2020)에 따르면, 세계 천연식물보호제 시장 규모는 2019년에 약 26.0억 달러를 달성하고, 매년 13.1%의 비율로 성장하여 2027년에는 약 106.3억 달러를 달성할 것으로 예상된다. 또한, MarketsandMarkets(2020)의 자료에 따르면, 세계 생물 촉진제 시장은 2019년 26.0억 달러를 달성한 후, 매년 11.2%의 비율로 성장하여 2025년에는 49.0억 달러의 시장 규모를 이룰 것으로 전망된다.

[그림 10] 세계 생물 촉진제 시장 전망 (단위: 억 달러)

*출처: MarketsandMarkets(2020)

세계 천연식물보호제 시장의 대표 기업은 Bayer Crop Science AG(독일), BASF SE(독일), Marrone Bio Innovations Inc.(미국), Certis USA LLC(미국) 등이 있다. Bayer Crop Science AG는 작물 보호와 환경과학이라는 카테고리를 가지고 농장의 수확량을 유지하면서 먹이사슬에 따른 품종을 보호하고 품질을 향상하기 위한 기술 개발을 지속하고 있다. BASF SE는 식물 보호 제품을 개발하고 판매하는 작물 보호 부서를 두고, 총 연구 개발 비용의 26%를 농업 솔루션에 사용하고 있다. Certis USA LLC는 농업, 잔디, 온실 및 가정 가든 시장에 대한 천연식물보호제의 제조 및 공급을 수행하고 있으며, 생물 살균제와 식물성 살충제 등 생물학적 살충제를 포함하여 광범위한 생물 제어 제품을 제공하는 기업이다.

한편, 2017 농림수산식품 교육 문화 정보원의 자료에 따르면, 국내 천연식물보호제 시장은 2016년 기준 약 3,000억 원 규모로 매년 조금씩 성장하고 있다. 현재 우리나라 천연식물보호제 시장은 초기 형성 단계이며, 벤처기업이나 중소기업들과 같은 소기업들을 중심으로 소수 제품으로만 시장이 구성되어 있다. 물론, 아직은 외국 회사 제품을 모방하고 도입하는 정도의 수준으로 보이지만 식물보호제 제품 개발을 통한 노하우 및 기반시설을 통한 성장 잠재력을 지니고 있어, 우리나라의 주요 식물보호제 생산기업은 투자 인력이나 예산대비 제품 개발 성과가 높은 편으로 평가되고 있다. 또한, 국내에서 천연식물보호제 제조를 포함한 미생물 기반의 농업 관련 종사 기업의 대다수는 평균 종업원 수가 10인 이하인 영세기업이 많으나, 일부 기업은 코스닥 상장을 실현하고 기술을 선도하고 있다. 본 보고서는 주요기업분석 항목을 통해 천연식물보호제 제조 기술을 갖춘 국내외 기업의 현황에 관하여 자세히 살펴보기로 한다.

Ⅳ. 주요기업분석

천연식물보호제 및 생물 촉진제에 관한 기술 연구 지속

천연식물보호제와 생물 촉진제의 수요가 지속 증가하면서 글로벌 선두기업을 중심으로 기술 개발에 대한 투자와 연구가 가속화되고 있다.

■ 국외 천연식물보호제 및 생물 촉진제 제조 기술 선도 기업

1. Bayer Crop Science AG(독일)

Bayer Crop Science AG는 종자, 생물 농약, 작물 보호 및 비농업 해충 방제 분야를 영위하는 작물 회사이다. Bayer Crop AG의 모회사는 독일의 바이엘 주식회사(Bayer AG)로, 아스피린을 개발한 화학, 제약 기업이다. Bayer Crop Science AG는 작물의 보호와 병해충 방제를 포함한 작물 생명 공학 분야를 다루고 있다. 바이엘 크롭사이언스는 3개의 사업 그룹인 작물보호그룹(Crop Protection), 환경과학그룹(Environmental Science), 그리고 바이오사이언스 그룹(BioScience)으로 구성되어 있다. Bayer Crop Science AG는 각 그룹을 통하여 현대적, 지속적 농업을 위한 광범위한 서비스와 훌륭한 제품들을 연구하고, 생산하여 소비자에게 제공하고 있다.

2. BASF SE(독일)

BASF SE는 가소제, 용제, 단량체 및 화합물을 생산하여 공급하는 업체로 섬유, 플라스틱, 의약품, 식물 보호 제품 등을 제공하는 기업이다. BASF SE는 합성 염료산업에서 시작하여 질소 비료 등을 제작하는 등 화학산업 분야로 사업을 확장하였으며, 전 세계적으로 석유, 천연가스, 비료, 플라스틱, 합성섬유, 염료와 안료, 인쇄 용품, 화장품 주성분 및 약품 등 약 8,000여 개 이상의 제품을 생산하고 있다. 특히, 흰 땅벌레, 목화다래벌레, 배추좀나방, 서양꽃살벌레 등 특정 병충해로부터 작물을 보호할 수 있는 천연식물보호제 제품을 다량 보유하고 있는 기업이다.

3. Marrone Bio Innovations Inc.

Marrone Bio Innovations Inc.는 농업, 잔디, 관상수 및 수처리를 위한 고성능 천연 해충 관리와 식물 건강용 제품을 공급하는 기업이다. Marrone Bio Innovations Inc.는 1만 8,000종의 미생물 유전자를 분석한 다음, 이 중 해충을 죽일 수 있는 물질을 만드는 미생물을 선별하는 방식으로 바이오 살충제를 개발하였다. 현재는 곰팡이균, 진딧물, 진드기, 거염벌레 등을 통제하고, 낙엽병, 마름병, 포도상구균병 등으로부터 식물을 보호하는 천연식물보호제를 판매하고 있다. Marrone Bio Innovations Inc.는 유전자 분석을 활용한 접근법으로 바이오 기반의 천연 해충 관리를 실현함으로써 세계 시장에서 점유율을 확보하고 있다.

■ 국내 천연식물보호제 제조 코스닥 기업: 대유, 원바이오, 에코바이오

[대유] 대유(이하 동사)는 친환경 비료, 유기 농업 자재, 농약 제조생산 전문기업으로, 1977년 설립되어 사업을 영위하다가 2018년 8월에 코스닥에 상장되었다. 동사는 자체 생산한 제품의 매출이 92% 이상을 차지하고 있는 생산 기반의 기업으로서 용도, 성분, 생산방법 등에 따라 구분된 비료와 농약 제품을 판매하고 있다. 동사는 1980년대에 고사 직전의 천연기념물 103호 정이품송에 나르겐액을 공급하여 정이품송을 건강하게 회생하는 성과를 거두면서 이를 통해 전국적인 인지도를 확보하게 되었다. 동사는 현재 다양한 농업화학 전문연구인력을 고용하고, 그들을 문제가 있는 농가로 파견을 보내어 농가의 문제를 해결해 줌으로써 꾸준히 매출처를 확장하고 있다.

[표 5] 대유 주가추이 및 기본 재무현황 (K-IFRS 연결기준)

Performance

(단위: 원)

(포트폴리오 분석기준)
(1) 분석기간: 3년, (2) 구성방법: 동일비중,
(3) 리밸런싱: 없음, (4) 거래비용: 없음

Fiscal Year	2018년	2019년	2020년
매출액(억 원)	287	297	336
증감률 YoY(%)	0.88	3.24	13.34
영업이익(억 원)	70	53	46
영업이익률(%)	24.50	17.97	13.69
순이익(억 원)	61	49	50
EPS(원)	558	362	367
EPS 증감률(%)	-	-35.13	1.38
P/E (x)	21.58	21.21	23.38
EV/EBITDA(x)	16.46	10.34	12.99
ROE(%)	13.43	7.91	7.71
P/B(x)	2.69	1.65	1.77

*출처: 네이버금융, NICE디앤비 재가공

[인바이오] 인바이오(이하 동사)는 1997년에 설립된 기업으로, 석회유황합제 성분의 친환경 농약 및 비료의 제조 판매를 주요 사업으로 하는 기업이다. 동사는 작물보호제 원료를 해외 화학회사에서 수입하여 자사의 제형 개발을 통해 제품화하고, 국내 농업 관련 유통채널에 판매하는 일을 주요 사업으로 하고 있다. 동사는 2020년 12월 코스닥에 상장하였고 현재 살균, 살충, 제초제 등 다양한 제품을 보유하고 있다. 특히 동사는 2010년부터 최근까지 10년 동안 작물보호제 산업에 관한 포트폴리오 구성을 기획하고 품목 개발에 투자해왔으며, 이 과정에서 총 124품목의 제품 개발에 성공하였다. 올해 3월에는 동사의 대표제품인 석회황합제가 농촌진흥청의 직권으로 '14종 과수 작물의 월동해충 깍지벌레 방제 약제'로 등록되며 친환경 작물보호제 개발·제조 기업으로서의 위상을 입증했다.

[표 6] 인바이오 주가추이 및 기본 재무현황 (K-IFRS 연결기준)

Performance

(단위: 원)

(포트폴리오 분석기준)
* [2020년 12월~현재]의 주가추이 그래프 삽입함.

Fiscal Year	2018년	2019년	2020년
매출액(억 원)	303	337	346
증감률 YoY(%)	-0.37	-	2.45
영업이익(억 원)	11	44	41
영업이익률(%)	3.62	13.19	11.85
순이익(억 원)	-4	10	-44
EPS(원)	-170	405	-536
EPS 증감률(%)	-	-338.24	-232.35
P/E (x)	-	-	-
EV/EBITDA(x)	-	-	25.35
ROE(%)	-2.41	4.55	-13.64
P/B(x)	-	-	4.27

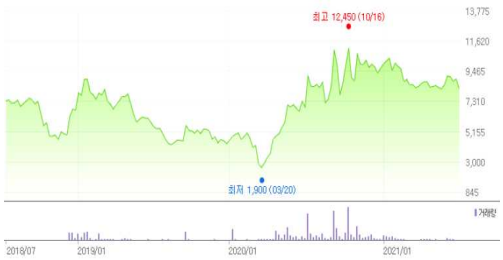
*출처: 네이버금융, NICE디앤비 재가공

[에코바이오] 에코바이오(이하 동사)는 1997년 설립되어 2001년 5월 코스닥 시장에 상장된 기업으로, 신재생 에너지 사업을 수행하고 있다. 동사의 주력 사업은 발전소 전처리 과정에서 발생하는 바이오 황을 친환경 바이오 제품인 비료, 농약 등으로 생산하는 사업이다. 동사는 미생물이나 효소 등을 활용하여 기존 화학산업의 소재를 바이오 기반으로 대체하는 산업을 통해 OK Compost Industrial 인증과 BPI(Biodegradable Products Institute) 인증을 획득했다. 해당 인증을 획득한 제품은 퇴비화 조건에서 자연적으로 생분해되며, 이를 통해 생산된 퇴비는 중금속을 비롯한 각종 독성 함량이 기준 미만으로 낮아서 농업에 재사용 될 수 있다고 알려져 있다. 또한, 동사는 생활용품 원료도 생산하고 있어 탈모 완화용 세정(샴푸)제품과 흡수용 토닉을 개발하는 등 다양한 연구 과제를 수행하고 있다.

[표 7] 에코바이오 주가추이 및 기본 재무현황 (K-IFRS 연결기준)

Performance

(단위: 원)



(포트폴리오 분석기준)
(1) 분석기간: 3년, (2) 구성방법: 동일비중,
(3) 리밸런싱: 없음, (4) 거래비용: 없음

Fiscal Year	2018년	2019년	2020년
매출액(억 원)	220	173	182
증감률 YoY(%)	-30.59	-21.44	5.27
영업이익(억 원)	20	10	15
영업이익률(%)	8.99	5.87	7.99
순이익(억 원)	-28	71	54
EPS(원)	-245	615	467
EPS 증감률(%)	-	-351.02	-24.07
P/E (x)	-27.35	7.29	24.07
EV/EBITDA(x)	43.10	30.54	61.70
ROE(%)	-5.33	12.12	8.41
P/B(x)	1.39	0.84	1.68

*출처: 네이버금융, NICE디앤비 재가공