

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목분석보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

생물비료

미래성장 생명산업 농업을 선도하는 차세대 비료 산업

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

한국기업데이터(주)

작성자

전문위원 정태환

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용 평가기관에 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 미공개 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.042-610-7314)로 연락하여 주시기 바랍니다.

생물비료

미래 성장 생명산업 농업을 선도하는 차세대 비료 산업

■ 토양 비옥도와 작물 생산성을 향상시키는 핵심요소인 생물비료

식물의 영양소는 계속적으로 증가하고 있는 세계 인구를 위한 식량 증산과 건강한 식품을 제공 하는데 필수적인 요소이다. 그럼에도 불구하고 최근까지 토양 관리는 주로 인간의 건강과 환경에 심각한 위협을 줄 수 있는 무기 화학 비료에 의존해 왔다. 한편, 생물비료는 지속가능한 농업에서 토양을 비옥하게 유지하면서 작물 생산을 증가시킬 수 있는 대안이 될 수 있음이 확인되고 있다. 특히, 생물비료에 유익한 미생물을 활용하는 것은 식품의 안전성과 지속가능한 식량 생산에서 가능성이 큰 역할을 하기 때문에 농업에서 중요성이 커지고 있다.

국내 비료 산업은 정부 지원이 화학 비료에서 친환경 비료로 이전되고, 친환경 및 유기농 농산물 시장이 빠르게 성장함에 따라 화학 비료의 수요가 점차 감소하고 있으며, 복합 비료, 맞춤형 비료, 생물비료 등 친환경·고부가 비료가 빠르게 성장하고 있다.

■ 고효율 생물비료 생산 기술 확보를 위한 연구개발 활발

최근 환경보존과 식품 안전에 대한 소비자의 관심이 증가함에 따라 친환경 농업 규모가 지속적으로 증가하고 있다. 특히 화학 비료 및 농약 등 화학자재 사용을 지양한 유기농법의 선호로 인해 화학자재를 대체할 수 있는 방안으로 생물비료의 수요가 증가하고 있다. 생물비료에 대한 사용이 증가함에 따라 미생물 소재 개발이 활발하며, 신물질 개발, 균주 및 물질의 대량 생산 기술, 첨가제 및 보존제 기술, 균주의 분리, 선별 및 동정 기술 등이 개발되고 있다. 특히, 고효율적인 생물비료 생산 기술 및 체계적인 사용방법 개발을 위해서는 국내 환경에 적합한 생물비료 개발 및 활용 기술체계를 확립하고, 생물비료용 전략 미생물 유전체의 구조 및 작용기작을 명확하게 규명하는 것이 중요하다.

■ 생물비료산업에서의 식물 마이크로바이옴 기술 적용 확대

국내 생물비료 산업이 경쟁력을 확보하기 위해서는 국내 생명공학 및 제약산업에서 빠른 시일 내에 효과를 거둘 수 있는 경쟁력 있는 새로운 미생물 유전자원의 확보와 미생물 유전체에 대한 연구를 강화해야 한다. 또한 미생물과 식물 간 상호작용의 기작을 연구하는 연구수단으로 미생물 유전체 염기서열 해석과 유전체간 유전정보 비교, 기능 유전체 분석 등의 유전체학적 연구방법을 확립할 필요가 있다.

최근 식물과 공기, 토양 등 주변 환경 그리고 식물과 연관되어 있는 모든 생물 군집을 의미하는 식물 마이크로바이옴의 각 요소 간 역동적 상호작용을 통해 토양과 식물, 농업생태계에 결정적으로 작용하는 요소를 규명하고 이를 생물비료로 적용하는 연구가 추진되고 있다.

I. 배경기술분석

작물생산 및 지력유지 효과가 기대되는 차세대 농업용 미생물제제

생물비료는 자연계의 미생물 이용 및 인공변이, 세포융합과 DNA 재조합 등과 같이 종간의 개량기술 개발을 통하여 유용 미생물의 효능을 증강하여 적용되는 제품으로 차세대 비료로 부상하고 있다.

■ 생물비료는 작물 생산이나 지력 유지 효과가 기대되는 유용 미생물을 활용한 유기질 자재나 광물, 또는 그 혼합물을 첨가한 비료 제품을 의미함.

비료의 개요

비료는 국가법령정보센터의 비료관리법에 의하면, 식물에 영양을 주거나 식물의 재배를 돕기 위하여 흙에서 화학적 변화를 가져오게 하는 물질, 식물에 영양을 주는 물질, 그 밖에 농임축산식품부령으로 정하는 토양개량용 자재 등을 말한다. 비료는 성장조절제나 다른 생리활성물질을 포함하기도 하고, 영양소와 함께 농약을 혼합한 제제를 포함하기도 한다.

식물이 정상적으로 성장하고 생명현상을 유지하는데 반드시 필요한 원소를 필수영양소라고 하고, 필수영양소가 결핍되면 모든 식물체가 공통적으로 생명현상을 유지할 수 없다. 식물의 정상적인 생육에 필요한 원소는 탄소(C), 산소(O), 수소(H), 질소(N), 인(P), 칼륨(K), 유황(S), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 아연(Zn), 몰리브덴(Mo), 붕소(B), 염소(Cl) 등 약 16가지에 이른다. 이 중 비교적 결핍되기 쉬운 원소는 질소(N), 인산(P₂O₅), 칼리(K₂O)로 이를 비료의 3요소라고 한다.

[표 1] 주요 원소의 역할

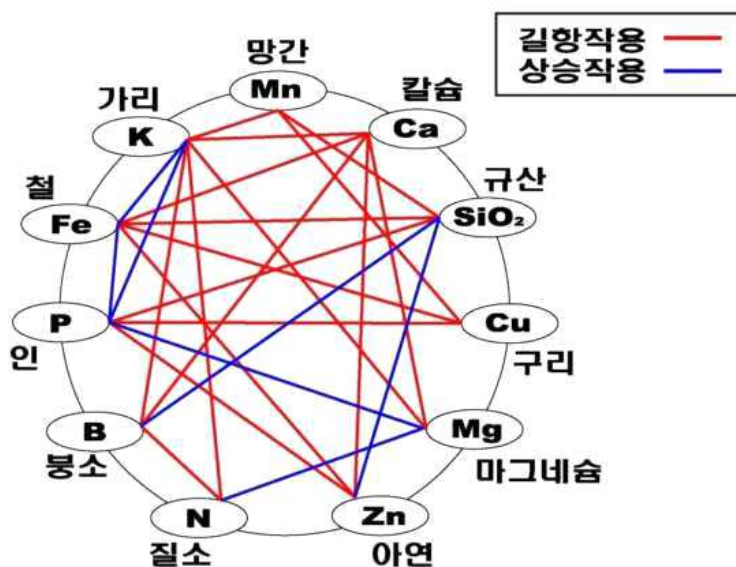
성분	역할	결핍현상
질소	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 원형질의 주성분인 단백질의 주요 구성요소 ▶ 엽록소, 광합성, 효소작용, 세포분열, 호르몬 생성에 관여 ▶ 생육을 촉진하고, 양분흡수, 동화작용을 왕성하게 함. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 잎이 노랗게 되고 생육이 빈약함. ▶ 종실의 성숙이 빨라지고, 수량이 적어짐.
인산	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 핵산, 효소의 구성요소 ▶ 광합성, 호흡작용, 당 대사 작용에 관여 ▶ 분얼, 뿌리 신장, 개화, 결실 촉진 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 잎이 비틀어지고 자색을 띰. ▶ 분얼(分蘖)이 적고 개화결실이 나빠짐. ▶ 과실류는 당도가 떨어지고 품질 나빠짐.
칼리	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 세포 내 신진대사 과정 중 촉매 작용 ▶ 광합성과 탄수화물 축적에 관여 ▶ 병충해 저항성 증대 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 황화와 백반현상 ▶ 잎이 축 늘어지고 냉해, 병해에 민감함.

*출처: 한국신용정보원, "비료산업", TDB Plus, 2016

비료성분 역할은 서로 공존하는 과정에서 서로 흡수를 도와 효과를 상승시키는 상승작용과 서로 흡수를 방해하여 효과를 반감시키는 길항작용으로 구분할 수 있는데, 길항작용이 일어나는 경우

는 토양에 양분이 존재하지만 식물에 흡수되지 않아 결핍현상이 나타나고 오히려 장애 요인이 되는 경우가 있다. 식물 재배 시 식물이 필요로 하는 대표적인 원소인 질소, 인, 칼륨 등의 성분 간에 발생하는 상승작용이나 길항작용으로 인하여 양분결핍증상 또는 과잉증상이 나타나기도 한다.

[그림 1] 비료 성분 간의 작용



*출처: 한국신용정보원, "비료산업", TDB Plus, 2016

친환경농업에 대응한 비료 기술개발 흐름 변화

국내 비료산업에서 중추적인 역할을 하고 있는 화학비료는 작물의 수확량을 증대하고 병해충을 방제하는 효과가 있어 식량의 대량 생산에 크게 기여하고 있다. 그러나 화학비료의 과다 사용으로 인한 환경 오염 및 소비자의 우려가 증가하고 있는 추세이다. 최근 확대되고 있는 친환경 농산물 생산을 위한 종합적 병해충관리에서 기존 화학비료를 대체가능하고 인축독성 문제점을 개선할 수 있는 친환경 비료 기술이 제시되고 있다. 국내 비료산업은 정부 지원이 화학비료에서 맞춤형·친환경 비료로 이전되고, 친환경·유기농 농산물 시장이 급속도로 성장함에 따라 화학비료의 수요는 점차 감소하고 있으며, 복합비료, 맞춤형 비료, 부산물 비료, 생물비료 등 친환경·고부가 비료가 빠르게 성장하고 있다.

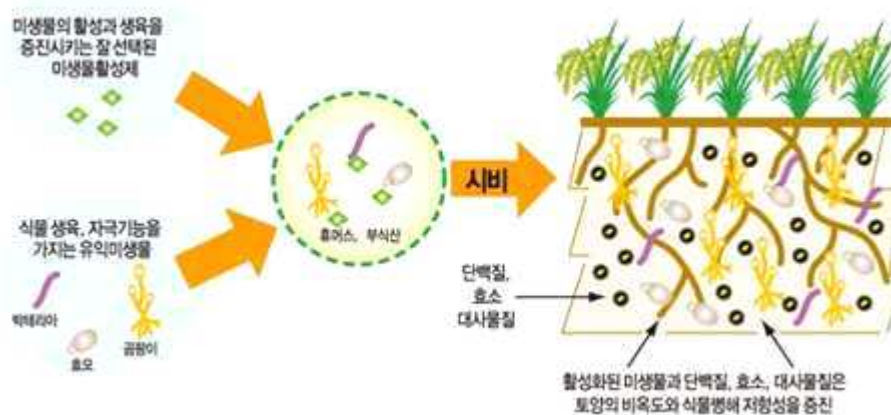
생물비료 기술은 생물학의 진보와 함께 자연계 미생물을 이용한 세포융합 및 DNA 재조합 등의 종균 개량기술 등이 비료제조에 적용되면서 발전하고 있다. 특히, 생물비료 기술 개발은 환경에서 분리한 유용 미생물의 효능을 더욱 증강하여 다시 조제한 미생물제제의 개발이 큰 비중을 차지하고 있다. 주로 사용되는 미생물제제로는 질소고정균과 균근균, 질산화작용 저해 미생물 혹은 인산가용화균, 그리고 토양의 물리적 특성을 개량하는 미세조류 등의 고유 미생물 또는 유전자 전환 미생물 등이 있다.

생물비료의 개요

생물비료는 작물 생산이나 지력 유지 효과가 기대되는 유용 미생물을 활용한 유기질 자재나 광

물, 또는 그 혼합물을 첨가한 비료제품을 말한다. 생물비료는 해외에서는 Biofertilizer(생물비료)로 이해되고 있으며, 국내에서는 미생물비료(Microbial Fertilizer), 농업용으로 이용되는 미생물제제 등으로 이해되고 있다. 생물비료는 미생물에 의해 토양의 영양성분을 증가시키거나 영양의 유효성을 증가할 수 있고, 토양의 유익미생물 수를 보충하여 양육에 적합한 생태환경을 유지하는 효능을 발휘하게 한다. 생물비료의 미생물은 종자 및 식물 표면, 또는 토양에 생물비료를 사용할 때, 식물의 뿌리 근처 또는 식물 내부에 군락을 형성하면서 작물에 필요한 영양분을 공급하거나 양분의 유효도를 높여 대상 작물의 생육을 촉진시킨다.

[그림 2] 생물비료의 작용 모식도



*출처: 한국신용정보원, "생물비료", TDB 기술 보고서, 2019

생물비료는 작용기작에 따라 질소고정, 인산가용화, 칼륨가용화, 아연가용화, 균근진균 등으로 구분된다. 생물비료는 분상 또는 액상의 형태로, 비료 성분과 영양원, 균체 또는 효소, 담체, 기타 첨가제 등으로 구성되어 있다. 질소고정 생물비료는 질소 화합물을 스스로 합성하는 미생물을 이용하여 공기 중의 질소를 비료 성분으로 변환시키는 생물비료로서, 공생성 질소고정균, 비공생성 질소고정균, 협동성 질소고정균 등이 대표적이다. 공생성 질소고정균은 근류균과 두과식물을 이용하여 질소를 고정함으로써 질소비료의 사용량을 줄일 수 있으며, 비공생성 질소고정균은 질소고정 나선형 조류(藻類) 및 일부 광합성세균 등을 포함하며, 대량의 질소를 필요로 하는 농작물에 적합하다. 또한, 협동성 질소고정균은 식물 근계 부근에 생존하고, 분비되는 유기물로 생육을 유도하는 한편, 질소고정 작용을 병행하는 것이 특징이나, 식물 뿌리부분의 분비 유기물에 의존하므로 작용범위가 제한적이다.

인산가용화 생물비료는 비료 투입 및 유기화합물의 효소적 분해를 제외하고 거의 유일한 인산공급방법으로, 근류균(Rhizobia)과 슈도모나스(Pseudomonas) 등이 주로 연구되고 있다. 균근진균 생물비료는 자연계에 널리 존재하고, 크게 외생균근, 외내생균근, 내생균근으로 구분하며 식물 뿌리 주변의 균근을 이용한다.

생물비료 연구개발은 미생물 관련 연구에 집중

전 세계적으로 친환경 농업을 활성화하기 위한 생물비료 관련 연구가 지속되고 있다. 특히 국내에서는 미생물 관련 기술특허가 생물비료와 관련된 병해충 방제 미생물, 작물 생육증진 미생물,

작물 내 기능성분 증진 미생물 등에 집중되고 있다. 생물비료 시장은 안전한 먹거리 수요 증가와 환경에 대한 인식, 미생물 연구개발을 통한 비료시장에서의 경쟁력 확보 등으로 지속적인 성장이 예상된다. 생물비료에 사용되는 주요 미생물제제는 Azospirillum sp., Azoarcus sp., Azotobacter sp., Bacillus sp., Burkholderia sp., Cyanobacteria sp., Herbaspirillum sp., Rhizobium sp. 등으로 토양미생물 종류 대비 이용효율이 5% 미만이다.

[표 2] 국가별 생물비료 연구동향

국가	내용
일본	▶ Recycling에 의한 유기질, 배토·토양개량제 비료시장이 활성화되어 있으며 토양 미생물 제제를 '지력증진법에 의한 토양개량자재'로서 품질표시를 규정하도록 하고 있음 ※ 현재 VA(vesicular-arbuscular)균근을 포함한 자재가 지정되어 있음
중국	▶ 친환경비료에 대한 관심증가와 중국 정부가 생물비료산업을 전략적 사업으로 지원으로 전체 비료 매출액에서 친환경비료가 차지하는 비율은 향후 5~10년 이내에 15%이상을 상회할 것으로 예상됨
말레이시아	▶ 생물비료 및 유기질 비료 시장은 미미한 수준이나 녹비와 야자퇴비 등 유기질비료 생산과 친환경농업에 대한 관심이 증가함에 따라 최근 근류균, 내생균과 같은 미생물 비료 연구가 시작되었음
베트남	▶ 10개 이상의 연구기관과 대학에서 두과작물용 근류균제 생산기술, 비두과 작물 용 질소 고정 접종제, 농업과 임업 혼합용 생물비료 개발 등을 하고 있음
태국	▶ 작물생산성 증대, 생산비 절감, 지속농업개발 등 유기농업과 관련된 생물공학 연구에서 생물비료 연구가 중요하게 다뤄지고 있으며 근류균, 질소고정균, 아졸라, 남조류 및 Mycorrhizae 등을 이용한 생물비료 개발이 활발하게 진행 중임

*출처: 농업기술실용화재단, "미생물 신기능 소재 발굴을 위한 산업동향분석", 2018

최근 선진국에서는 미생물 유전체 분석을 통한 생물비료 연구가 진행되고 있으며 미생물 군집분석은 유전체 분석기술과 같은 분자시퀀스데이터를 이용한다.

국내 농화학기업들은 생물비료의 활성화를 위한 농업미생물 활용을 극대화하기 위해 불안정한 미생물제제의 효능 안정화를 위해 기존 화학비료와 결합하여 제형을 보완한 하이브리드 비료의 개발에 역량을 집중하고 있다. 또한 대용량염기서열분석을 통한 식물 마이크로바이옴을 이용한 농업미생물 연구에 집중도를 높여가고 있다. 식물 마이크로바이옴은 다양한 농업 환경인자 간의 상호작용을 이해하여 병해충방제, 작물생육증진, 환경내성증진 등 농업생산성 향상에 기여할 것으로 기대된다. 특히, 식물 마이크로바이옴 연구의 핵심 원천 기술을 확보하고 미래 농업의 핵심 경쟁력으로 농업 미생물제제 산업을 육성하기 위한 정부 차원의 지원도 확대되고 있다.

II. 심층기술분석

농업의 새로운 가치창조 생물비료

생물비료는 지구 생태계뿐만 아니라 농업, 기후변화, 식량안보 등 광범위하게 영향을 미치고 있고, 특히 농업과 식물 마이크로바이옴 간 상호작용을 규명함으로써 농업 생태계 복원 및 작물 생육촉진 등을 통한 농업생산성 향상에 기여하고 있다.

■ 재배지 환경에 적합한 맞춤형 제형기술

생물비료의 핵심기술

생물비료는 박테리아, 곰팡이, 바이러스, 원생동물 등과 같이 자연환경에서 발생 또는 생산되는 농업용 미생물을 기반으로 하는 미생물체제의 일종으로, 식물의 영양 가치를 향상시켜, 농업분야에서 긍정적인 영향력을 발휘하고 있다. 생물비료는 미생물의 존재에 의해 양분의 유효화가 증가하거나, 토양 양분을 대체할 수 있고, 식물의 흡수율을 높여 양분상태를 향상시키는 기능을 수행한다. 생물비료는 농업용으로 한정되어 비료/식물생장 촉진, 생물학적 방제, 농업생태복원 등을 목적으로 하나, 원천 기술을 바탕으로 수산업 또는 축산업용 미생물체제를 개발하여 응용시장 진출이 가능한 특징이 있다. 따라서 생물비료의 핵심기술은 미생물 소재를 바탕으로 미생물 배양기술, 배합기술 미생물 소재개발기술 등이 있다.

[표 3] 생물비료의 핵심 기술

핵심기술	내용
미생물 배양기술	미생물에 따라 온도, 영양분, 수분, 산도, 산소 등 배양을 위한 환경 조건을 충족시켜 미생물의 성장과 분열, 증식을 도움.
배합기술	생물비료의 사용목적에 따라 원료를 결정하고, 생산균종을 선택하여, 균체, 효소, 담체, 유기물 및 기타 첨가제 등의 조성을 구성함.
미생물 소재개발기술	국내외 시장의 변화에 따라 유기적으로 적용 가능한 미생물을 개발하여 제품화함.

*출처: 한국신용정보원, "생물비료", TDB 시장보고서, 2019

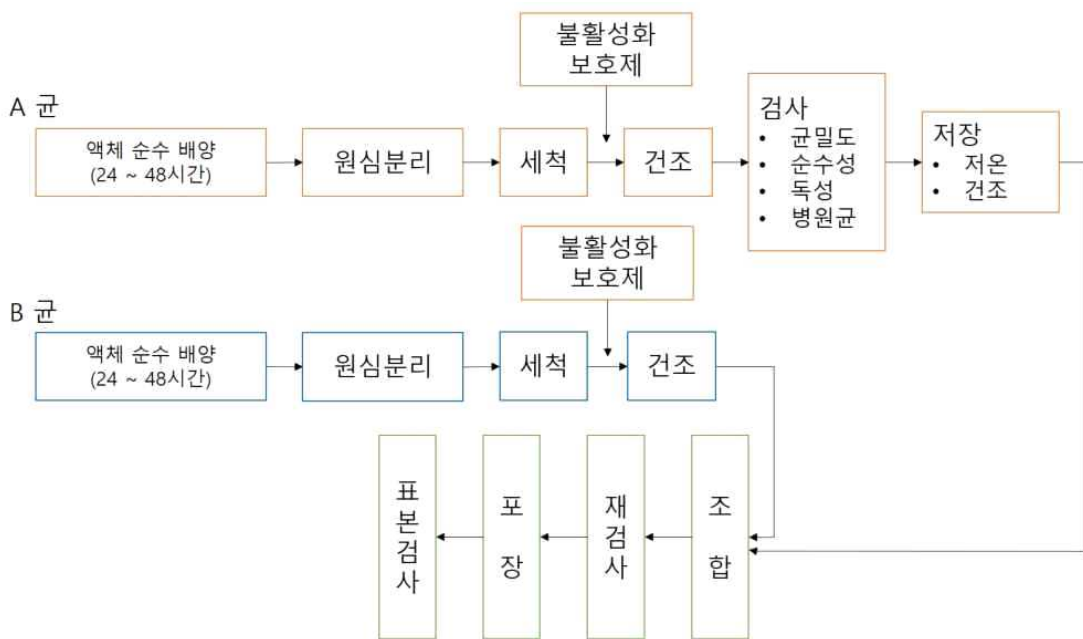
생물비료의 제조

생물비료는 미생물체제의 일종으로, 원료 조성과 제조방법은 기타 용도의 미생물체제와 일반적으로 유사하지만, 제조에 사용하는 균종과 체제 배합방법에서 일부 차이가 있다. 일반적으로 생물비료제조공정은 액체 순수 배양 → 원심분리 → 세척 및 건조 → 조합 → 검사 등으로 구성된다. 생물비료의 원료구성은 유기질 또는 무기질 비료와 같이 3요소 및 미량원소 등을 포함하며, 균체 또는 이를 포함한 효소, 운반체 역할을 하는 담체, 미생물의 영양분인 유기물, 기타 첨가제 등으로 구성되나, 사용 목적 및 생산 균종에 따라 차이가 있다.

생물비료 미생물은 에너지를 얻고 성장하기 위해 생합성 과정 및 영양물질이 필요하며, 미생물

생장에 필요한 양분은 대량원소, 미량원소, 성장인자 등으로 구분된다. 대량원소는 탄수화물, 지질, 단백질, 핵산을 구성하는 성분으로 탄소, 산소, 수소, 질소, 황, 인 등이 있으며, 효소 활성 기능을 주는 미량원소에는 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 철, 몰리브덴, 코발트 등이 포함된다. 또한, 성장인자는 생장에 반드시 필요한 인자이지만, 미생물이 스스로 합성하지 못하는 물질을 말하며, 아미노산, 퓨린, 피리미딘, 비타민 등이 포함된다. 생물비료의 미생물은 지름 0.15~4.0 μm , 길이 0.2~50 μm , 부피 0.1~5.0 μm^3 정도이며, 질소고정, 유기물분해, 인산가용화, 호르몬 생성, 광합성 작용 등 각종 대사작용에 기여한다.

[그림 3] 생물비료 제조과정



*출처: 한국신용정보원, "생물비료", TDB 기술 보고서, 2019

■ 생물비료용 미생물 배양을 위해서는 환경조건이 중요함.

미생물 배양

미생물 배양을 위해서는 양분으로 구성된 용액에 한천을 첨가하여 굳혀 배지로 사용하여 배양하며, 배지는 크게 합성배지, 복합배지, 선택배지, 분별배지 등이 있다.

[표 4] 배지의 종류

구분	설명
합성배지	▶ 화학조성을 명확히 알고 있는 배지
복합배지	▶ 화학조성을 모르는 성분이 포함된 배지
선택배지	▶ 특정한 미생물만 자라게 할 수 있는 배지
분별배지	▶ 서로 다른 종류의 세균을 구별할 수 있는 배지

*출처: 한국신용정보원, "생물비료", TDB 기술보고서, 2019

미생물 배양에서는 멸균배지에 원하는 미생물 한가지만을 자라도록 하는 순수 배양이 일반적이

며, 혼합균 배양법의 경우에도 각각의 미생물을 순수 배양한 후에 혼합하는 방법이 일반화되어 있다.

생물비료용 미생물 배양은 단순히 미생물을 배양하는 것만을 의미하는 것이 아니라, 미생물의 효소, 항균물질 등을 대량으로 생산할 수 있는 조건을 확립하는 것이 중요하다. 따라서, 미생물이 성장하고 분열하여 증식하기 위해서는 온도, 영양분, pH(산성도), 산소 등에 대한 환경제어 기술이 중요한 요소가 된다.

미생물의 배양단계는 종균 개발→ 배지최적화→ 배양방법 최적화→ 배양 후 처리→ 점검으로 구성된다. 미생물은 우선 50~500리터 규모의 액상 발효조인 소형 발효조에서 영양원, 온도 등 대량생산조건을 설정하고, 대용량 발효조로 옮겨 배양하여 최대량이 되는 정지기에 균체 및 배양액을 회수한다. 대량 생산용 배양장치는 5,000~50,000리터 규모로, 농업용 미생물은 보통 20,000~30,000리터 규모의 발효조를 사용한다.

[표 5] 미생물 배양단계별 주의할 점

단계	주의점
종균 개발	▶ 기능성이 우수한 유용미생물을 분리하거나, 원하는 물질을 많이 생산할 수 있는 미생물을 개발함.
배지 최적화	▶ 배지 성분 및 함량을 조합하여 최적 배지조건의 조합을 찾음.
배양방법 최적화	▶ 통기량, pH, 온도 등의 배양조건을 제어하여 배양환경을 최적화함.
배양 후 처리	▶ 미생물은 배양 후에 사멸되기 쉬우므로, 동결건조, 가열건조, 냉각 등의 방법으로 배양액을 안정화함.
점검	▶ 미생물 상태, 미생물이 생산한 물질의 생산량, 순균 여부 등을 점검함.

*출처: 한국신용정보원, "생물비료", TDB 기술보고서, 2019

■ 생물비료 산업에서의 식물 마이크로바이옴 기술 부상

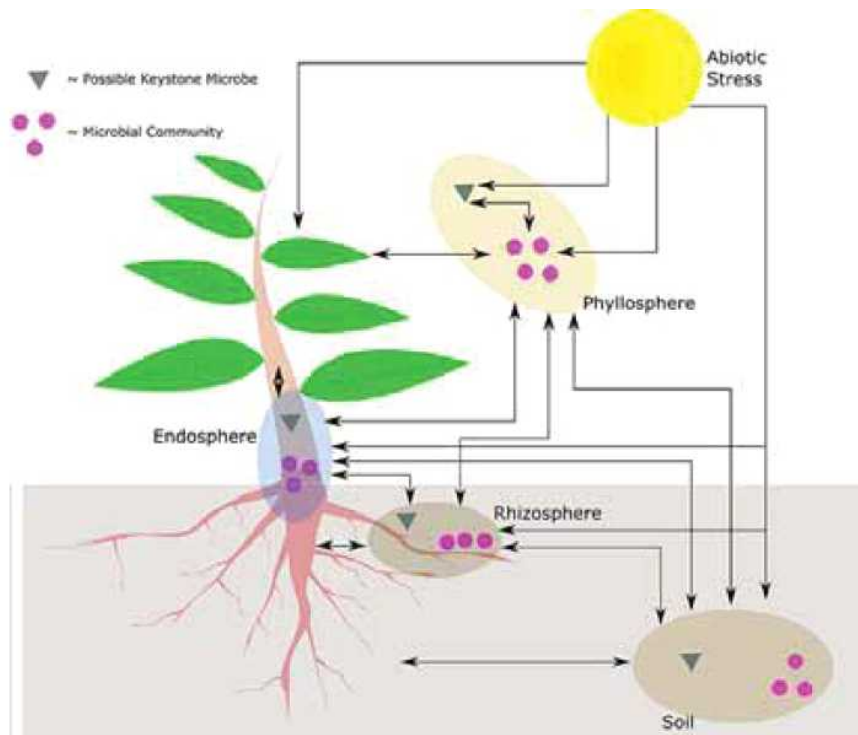
마이크로바이옴(Microbiome)은 미생물(Microbe)과 생태계(Biome)의 합성어로 인체에 존재하며 우리 몸을 함께 공유하며 살고 있지만, 그동안 건강이나 질병의 원인으로 거의 간과되어 온 상재균·공생균·병원균 등 모든 미생물의 총합으로 정의한다. 식물 마이크로바이옴은 식물과 환경(토양, 공기, 물, 기후 등) 그리고 식물과 연관되어 있는 모든 생물 군집(미생물, 동물, 기생식물 등)의 총합으로 정의되며 이를 구성하는 각 요소 간 역동적 상호작용은 토양과 식물, 농업생태계에 결정적인 요소로 작용하며 영양학적 가치, 식품 안정성 범위까지 포함한다. 식물 마이크로바이옴은 식물 내부와 주변에 미생물이 서식하면서 식물의 생육에 큰 영향을 미치고 있다. 식물과 밀접한 관계에 있는 미생물에는 세균(bacteria), 진균(fungi), 바이러스(virus) 등이 있다. 식물 마이크로바이옴의 영역은 뿌리의 영향을 받는 주위의 토양을 의미하는 근권(rhizosphere), 식물체 내부인 내권(endosphere), 잎의 표면을 의미하는 엽권(phyllosphere)으로 구분된다.

식물은 성장과정에서 생물학적 또는 비생물학적 스트레스를 받게되며 이때 식물 마이크로바이옴이 이런 스트레스를 감소시키는 역할을 한다. 식물 마이크로바이옴을 활용한 작물생육자재는 무병 토양의 건강한 토양 마이크로바이옴을 병해충 토양에 이식하여 유익미생물 작용으로 토양 병 발생을 억제하는 기능을 한다. 또한, 식물 근권에 서식하는 미생물과 병원균의 양분 경쟁, 유익

균의 항생물질 분비 등을 통해 병원균의 성장을 억제하는 한편, 극단적인 더위나 가뭄에도 견딜 수 있는 미생물 조합에 의해 극한 환경에서도 식물 생존을 가능하게 한다. 대표적인 근권 미생물로는 공중질소를 식물이 이용할 수 있는 형태로 만들어 공급하는 역할을 하는 Rhizobium, Bradyrhizobium 등과, 항생물질을 만들어 식물의 병저항성을 높여주는 Pseudomonas, Bacillus, Streptomyces 등이 있다. Pseudomonas와 Bacillus 등은 토양과 강하게 결합하여 식물이 흡수할 수 없는 영양분을 이용할 수 있게 바꾸어 주는 역할도 한다.

토양 마이크로바이옴은 토양 내 유기물 함량이 증가하면 유익균의 생장이 활발해져 식물 병원균의 성장을 억제하는 성질을 활용한 토양개량제가 개발되고 있다. 토양 마이크로바이옴은 미생물 생육 중 분비되는 효소, 호르몬 등 이차대사산물을 통해 인산 가용화, 질소고정, 병원균 억제 등 작물 생육 토양을 개량하거나, 토양 내 유기물 분해를 통해 물질순환, 뿌리활력 증진, 잡초 종자 발아 억제 등 작물 성장 환경을 개선하는 효과가 있어 향후 생물 비료의 활성화에 기여할 것으로 전망된다.

[그림 4] 식물 마이크로바이옴 상호작용



*출처: 국립산림과학원, “식물 마이크로바이옴 연구동향”, 2020

Ⅲ. 산업동향분석

고성장이 예상되는 미래 블루오션 생물비료산업

세계 인구의 지속적인 증가로 인한 식량 수요 증가와 환경에 대한 관심 고조로 화학비료를 대체할 수 있는 생물비료 시장이 확대되고 있다.

■ 친환경 농업의 발전과 밀접한 연관이 있는 생물비료 산업



생물비료는 특정 생물활체 제품을 농업생산에 응용하여 그 가운데 포함된 미생물의 생명활동을 통해 식물양분의 공급량을 증가시키거나 식물생장을 촉진하여 농산물의 품질 및 농업생태환경을 개선하는 것이 특징이다. 특히, 생물비료는 토양유기질을 부식질로 전화(轉化)시켜 토양 단립구조를 증가시키고 물과 비료 유실을 방지하는 능력을 향상시키며 토양에 응결된 양분의 활성화로 화학비료 이용률을 높이는 동시에 미생물비료 중의 유익한 미생물이 토양에 각종 유익한 물질인 성장호르몬, 인돌초산, 지베렐린과 각종 효소를 분비하여 효과적으로 양분 전환을 촉진하고 토양의 전염병 발생을 경감시켜 오염된 토양을 회복시킨다. 이 때문에 생물비료는 녹색농업과 유기농업의 이상적인 비료로서 농업을 지속적으로 발전시키는 중추적인 역할을 기대하고 있다.

생물비료산업은 국민의 생활 및 소득 수준이 증가함에 따라 친환경 농산물에 대한 수요를 바탕으로 급속히 발전하고 있으며, 선진국에서 친환경 농자재 및 농산물에 대한 관심이 더욱 높은 선진국형 산업 특성을 보인다. 생물비료 산업은 미생물의 다양한 물질 대사 능력과 상호작용을 통해 중요한 산업용 소재를 제공하기 때문에 농약 또는 화학비료의 사용을 지양하는 환경 친화적인 산업 특성을 보인다.

생물비료 산업은 다양한 미생물을 바탕으로 맞춤형 비료를 생산하는 소량 다품종 산업이며, 시장초기단계로 시장을 주도하는 대기업의 존재가 두들어지지 않는 등 진입장벽이 비교적 낮아 시장 경쟁이 치열한 편으로 보인다. 그러나, 생물비료는 미생물 기술과 관련 전문인력의 기술 및 경험 수준에 크게 의존하는 기술 중요도가 높은 산업 특성을 보인다.

생물비료 산업의 후방산업은 배양 또는 배지제조 등 미생물 생산과 관련된 산업으로 구성되어 있으며, 전방 산업은 농업과 밀접한 연관이 있는 기업군으로 구성되어 있다.

[표 6] 생물비료 전후방산업 구조

구분	미생물 산업	생물비료	농업
제품			
업체	우진비앤지, 큐젠바이오텍, 바이오메드, 시너지이노베이션, 중앙미생물연구소 등	효성오앤비, 남해화학, 팜한농, 우진비앤지, 조비, 건농, 케이지케미칼, 부국, 팜텍 등	농협, 미래원, 팜에이트, 호성농업회사법인 등

*출처: 한국신용정보원, "생물비료", TDB시장보고서, 2019

■ 세계 생물비료 시장 지속적으로 성장

세계 생물비료 시장은 생활 수준 향상으로 환경에 대한 인식 확산과 안전한 먹거리 수요 증가, 미생물에 대한 연구개발이 활성화되면서 빠르게 성장하고 있다. 해외 시장조사분석기관인 BBC 리서치에 의하면 전세계 비료시장은 2019년 16.71억 달러에서 연평균 14.0%로 성장하여 2024년에는 32.17억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망했다. 생물비료 종류별로 보면 질소고정 생물비료가 77%로 시장을 주도하고 있는 가운데 인산가용화 생물비료 15%로 그 뒤를 잇고 있다.

국가별로는 미국의 경우 대규모 농장과 협동조합을 중심으로 친환경 비료 사용이 증가하면서 생물비료 시장 수익이 점진적으로 증가하고 있는 것으로 예상된다. 일본에서는 유기물과 토양개량제 중심으로 비료 시장이 활성화되는 것으로 나타났으며, 지력증진법에서 토양미생물제제를 토양개량제로서 품질 표시를 할 수 있도록 규정하고 있어 생물비료 시장은 더욱 활성화할 것으로 전망된다. 중국에서는 친환경 농자재에 대한 관심의 증가와 함께 정부가 생물비료 산업을 적극적으로 지원하고 있어 생물비료시장은 급속히 확대될 것으로 예상된다.

[표 7] 국가별 생물비료 산업 현황

국가	내용
미국	- 최근 친환경 비료사용의 증가(농장, 협동조합, 농업기술회사 등이 시장에 참여)
일본	- 전체 비료시장은 농가의 고령화와 농산물 가격의 침체로 수요감소 - '지력증진법'에서 토양미생물 제제를 토양개량제로서 품질표시 할 수 있도록 규정
중국	- 중금속 오염이 된 농경지의 면적이 전국 농경지의 1/6이상에 해당함에 따라 국가 식량안보, 식품안전과 생태보호와 맥을 같이 하는 생물비료에 대한 정책지원

*출처: 농업기술실용화재단, "미생물 신기능 소재 발굴을 위한 산업동향분석", 2018, 한국기업데이터 재구성

■ 국내 생물비료 시장 연평균 10% 이상 지속적인 성장 전망

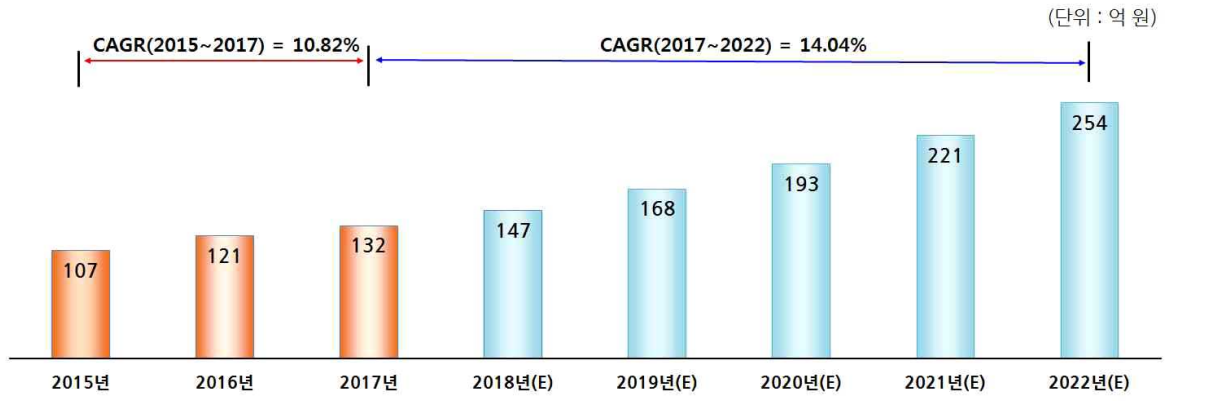
국내 생물비료 시장은 유통망에서 농협이 차지하는 비중이 지나치게 높고, 정부 및 지방자치단체의 지원 규모에 따라 시장이 밀접한 영향을 받는 특징이 있다. 따라서 생산업체의 상당수가 지방자치단체의 매출 의존도가 높으며, 지방자치단체의 미생물 무상공급 정책 등이 시장에 영향을 미치고 있다.

국내 비료시장은 제품 수명주기상 도입기에 해당되고 친환경 농업에 대한 높은 관심에도 불구하고 농민들의 인식 부족, 화학비료에 비해 효율성 및 효과 지속성 열위에 있어 시장 규모가 다소 작은 편이다. 그러나 국민 생활수준 향상으로 환경과 안전한 먹거리에 대한 관심이 높아지고, 친환경 농산물에 대한 수요 증가, 미생물 기술의 향상 등을 감안할 때 장기적으로 성장이 기대된다.

국내 생물비료시장은 2015년 107억원에서 2017년 132억 규모로 성장하여 10.82%의 연평균 성장률을 보였으며 이후 연평균 14.04%의 지속적인 성장세를 유지하여 2022년에는 254억 원의 규모의 시장을 형성할 것으로 전망된다. 국내 시장은 세계 시장규모에 비해 비록 미미한 수

준이나 안전한 농산물에 대한 수요 증가로 급속한 성장세를 이어갈 것으로 예상된다.

[그림 5] 국내 생물비료 시장규모



*출처: 한국신용정보원, "생물비료", TDB 시장 보고서, 2019

IV. 주요기업분석

국내외 주요 비료 제조기업의 생물비료 분야 진출

해외 비료 전문기업들은 지속적인 농업과 차세대 성장동력 확보를 위해 생물비료 분야에 참여하고 있으며, 국내 기업들은 농협 및 지방자치단체를 대상으로 생물비료 보급 확산에 노력하고 있다.

■ 해외 주요 생물비료 기업 동향

해외 생물비료 주요 기업으로 Bayer, BASF(이상 독일), Corteva Agriscience, Certis USA, Marrone Bio Innovations, Arysta LifeScience, Valent BioScience(이상 미국), Chemchina(중국), Koppert(네덜란드), Valagro, Biolchim(이탈리아) 등이 있다. 생물비료 산업은 특성상 내수 중심의 시장으로, 각국 정부의 정책적 요구와 관리, 짧은 보존 기간 등으로 해외업체들의 국내 시장진출은 상대적으로 어려운 편이다.

[독일/BASF] BASF는 화학 관련 다국적 기업으로 2019년 59,316백만 유로의 매출을 달성하여 8,421백만 유로의 순이익을 시현하였으며 2019년 12월말 117,628명의 종업원이 근무하고 있다. 동사는 농업, 수송기기, 화학제품, 건설, 에너지 및 자원, 전기전자, 가구·목재, 홈케어 및 산업용 세정분야, 포장·인쇄, 도료·코팅, 위생용품, 제약, 플라스틱 및 고무, 종이·펄프, 섬유 등 다양한 분야에서 사업을 영위 중에 있으며, 농업 솔루션 부문에서 식물활성제, 생물농약, 생물비료 등의 제품을 생산하고 있다.

[독일/Bayer] 바이엘은 우수한 연구개발력을 기반으로 의약 및 보건 관련 제품을 제조하는 화학 종합 업체로 농업 분야에서는 종자 생산과 농약에 강점을 갖고 있고 화학비료를 주력으로 생산해 왔다. 동사는 농업용 미생물 시장에서 선두 위치에 있으며, 작물과 씨앗보호제품 및 병해충 제제 등을 생산하여 120여 개국에 공급 중이며 2020년 미국 아리조나에 자동화 시설을 구축하여 작물 보호 제품 및 솔루션 기술을 개발하고 있다. 바이엘은 친환경 비료 분야에서 녹비나 야자 퇴비 같은 유기질 비료 외에 근류균과 같은 미생물을 이용해 비료를 제조하고 있다.

[미국/Corteva Agriscience] Corteva Agriscience는 2019년 DowDupont(미국)의 분할 과정에서 설립된 농업부문 전문기업으로 총매출액은 약 15조원 규모이며 전세계 130여개 국에서 21,000명의 종업원이 근무하는 농업전문 다국적 기업이다. 동사는 종자와 농업용 화학제품의 연구개발과 생산을 담당하며, 종자 60%와 농약 40%의 비율로 사업부문이 구성되어 있다. 동사의 주요 제품으로는 기후변화에 안전한 종자, 자체개발한 신제품 작물보호제, 인공지능(AI)·사물인터넷(IoT) 등을 적용한 자동화 시스템을 활용한 농업기술 등 다양한 농업 솔루션을 제공하고 있다. 특히, 비료분야에서는 질소고정 생물비료를 비롯하여 토마토, 옥수수 등 작물의 병충해를 막는 생물비료 제품을 출시하고 있다.

[중국/Chemchina] Chemchina는 중국 최대의 화학기업으로 중국 석유화학을 선도하는 기업이며, 고무, 플라스틱, 기계 제조분야에서 세계 3위의 생산능력을 보유하고 있다. 동사는 중국 정부 차원의 정책적 지원으로 2017년 세계 1위의 농약업체 및 세계 3위의 종자업체인 스위스의

Syngenta를 인수합병하여 동사가 보유한 화학비료 기술과 Syngenta의 농약 및 종자 기술, 친환경농업 기술 등의 결합으로 중국 내 농업의 혁신에 크게 기여하고 있다.

■ 국내 주요 생물비료 기업 동향

국내 생물비료 시장은 도입기에 해당되며, 국내 주요 업체로는 효성오앤비, 남해화학, 팜한농, 우진비앤지, 조비, 케이지케미칼, 건농 부국, 팜텍, 부농비료, 그린바이오텍, 도프, 운석, 네스코, 신광산업, 그린팜, 우일바이오, 지디, 현농, 그린월드 등이 있다.

남해화학은 국내 최대의 비료생산설비를 보유하고 있으며, 비료제품으로는 수도용, 원예용, 과수용, 맞춤형, 완효성 비료제품, 토양개량제, 유기질비료, 생물비료 등을 생산하고 있다. 특히, 동사는 2019년 농협경제지주로부터 자금을 지원받아 지역사회와 연계한 생물비료 보급전략을 추진하고 있다. 또한, 팜한농은 국내 작물보호제 시장점유율 1위, 비료 시장점유율 2위의 농자재기업으로, 작물보호제 원제, 비료, 상토, 유기농업자재, 종자, 기타 화공제품 등을 생산하고 있고 생물비료로는 누룩곰팡이 배양산물로 제조되는 제품을 출시했다.

■ 생물비료 관련 코스닥 기업 현황

[**효성오앤비(코스닥)**] 효성오앤비(주)는 국내 최초로 혼합유박, 혼합유기질비료를 개발하여 전국 농협으로 확대, 공급하고 있는 유기질 비료 전문기업으로 유기질비료, 가축분퇴비, 생물비료, 미량요소비료, 액상영양제 등의 비료제품과 농자재를 생산 공급하고 있다. 동사는 농협계통 유기질비료 납품부문 매출 1위기업으로 친환경 농업을 주도하고 있다.

동사의 생물비료 제품으로는 락토스타와 바이오씨드가 있다. 락토스타는 생육촉진, 수량증대, 품질향상을 위한 기능성 인삼전용 복합미생물제제로 사용의 편리성을 위해 수화제 형태로 제조되었으며, 바이오씨드는 염류집적 및 연작장애의 부패된 토양을 비옥한 토양으로 전환시켜주는 환경친화적인 복합미생물비료이다.

[그림 6] 효성오앤비(주) 주가추이 및 기본재무현황



<과거 1년간 주가추이>

구분 년	매출액 (억 원)	영업이익 (억 원)	순이익 (억 원)	부채비율 (%)	당좌비율 (%)	유보율 (%)
2018.06	302	40	39	8.85	631.84	1,451.00
2019.06	284	15	18	10.45	586.67	1,496.33
2020.06	293	20	15	16.66	315.57	1,533.85

<요약 재무지표(IFRS 연결 기준)>

*출처: NAVER 금융, 한국기업데이터 재구성

[**우진비앤지(코스닥)**] 우진비앤지(주)는 동물용 의약품 제조 및 판매를 영위할 목적으로 설립된 바이오 전문기업으로 동물약품과 미생물제제(동물약품, 인체 원료의약, 미생물 농자재) 등을 제조, 판매하는 사업을 영위하고 있다. 동사는 사업 초기 세계 유수의 다국적 기업인 스위스 Norartis사, 벨기에 Janssen, 미국의 Intervet-Schering plough와 한국 내 독점 대리인으로서 판매권과 기술력을 이전 받아 꾸준히 기술을 개발왔으며, 인류의 건강을 위한 안전한 먹거리를 위해 친환경 대체의약품과 면역 증강제 및 미생물첨가제 등 바이오제품의 개발과 대량생산

및 보급을 위해 매년 지속적인 연구 개발에 투자를 하고 있다. 동사는 2002년부터 자체 개발한 미생물 농약의 원제 제조업 허가를 취득하고 국내 최대 규모의 농약회사에 원료를 납품하고 있으며, 향후 이 사업부문에의 직접진출을 목표로 이 사업 부문에서 오랜 경험과 선진 기술을 축적하고 있는 일본의 마쓰모토 미생물과 기술교류 및 사업합작을 통해, 일본, 한국 및 중국시장에서의 공동마케팅을 추진하고 있는 한편, 2008년 3월 토양개량제 "토사랑"이란 제품을 농촌진흥청에 토양개량 및 작물의 생육촉진제로 등록을 마치고 본격적인 사업화를 추진 중에 있다. 동사는 미생물 균종에 대한 국제 특허와 발효기술, 미생물 함유 토양개량제 특허 등을 기반으로 연간 1만 톤 규모의 국내 최대 농업용 생물비료 생산설비를 이용하여 생물비료를 생산하고 있으며, 미생물 원료 및 개발상품을 일본 등의 해외에 수출하고 있다.

[그림 7] 우진비앤지(주) 주가추이 및 기본재무현황



<과거 1년간 주가추이>

구분 년	매출액 (억 원)	영업이익 (억 원)	순이익 (억 원)	부채비율 (%)	당좌비율 (%)	유보율 (%)
2017.12	264	-34	-42	163.19	21.64	284.39
2018.12	306	-48	-66	126.49	36.31	227.11
2019.12	336	-16	-136	119.97	66.05	110.09

<요약 재무지표(IFRS 연결 기준)>

* 2017년도는 IFRS 별도

*출처: NAVER 금융, 한국기업데이터 재구성

[대유(코스닥)] (주)대유는 비료 제조 및 판매업, 농약 제조, 수입 및 판매업, 임대업을 목적으로 설립된 기업으로 엽면시비용 비료를 전문으로 생산하는 기업이다. 동사는 농업과 관련한 탁월한 기술력으로 국내 최초로 기업부설 대유 식물 영양 연구소를 한국산업기술진흥협회로부터 인정 받았으며, 농림부로부터 비료출하전 품질검사 대행업체 지정 및 농촌진흥청장으로부터 농약/미생물 농약 품목등록역가검사 및 약효약해 시험연구소 지정, 업계 최초로 ISO9001, ISO14001 인증서를 동시에 획득하는 등 기술력과 연구능력, 품질관리능력 등을 국내외로부터 공인받았다.

동사는 1978년 대유나르겐 엽면시비용 복합비료를 출시한 이래 부리오, 미리근 등의 비료제품을 개발하여 시장에 출시하고 있다. 동사의 나르겐은 엽면에 시비하여 작물의 성장을 돕는 제품이며, 부리오는 성장 뿐만 아니라 과체의 크기, 빛깔 당도 등 결실의 질적 향상을 돕는 제품이다. 또한 미리근은 식물의 양분 결핍을 예방하는 제품이다.

[그림 8] (주)대유 주가추이 및 기본재무현황



<과거 1년간 주가추이>

구분 년	매출액 (억 원)	영업이익 (억 원)	순이익 (억 원)	부채비율 (%)	당좌비율 (%)	유보율 (%)
2017.12	285	69	55	23.87	604.36	672.09
2018.12	287	70	61	11.59	1,901.56	1,108.23
2019.12	297	53	49	14.31	1,571.07	1,161.73

<요약 재무지표(IFRS 별도 기준)>

*출처: NAVER 금융, 한국기업데이터 재구성