

Eines der Ziele der Landwirtschaft ist es, hohe Erträge pro Flächeneinheit zu erzielen, um die wachsende Nachfrage nach Nahrungsmitteln zu befriedigen, wobei die technische Machbarkeit, die wirtschaftliche Rentabilität und die Umweltverträglichkeit berücksichtigt werden müssen.

Biodünger sind eine relativ neue Technologie, die darauf abzielt, die Nachhaltigkeit des Systems durch die rationelle Nutzung der natürlichen Ressourcen und die Anwendung geeigneter Maßnahmen zum Schutz der Umwelt zu erhalten. Es handelt sich um Produkte, die mit einem oder mehreren Mikroorganismen formuliert sind, die, wenn sie geimpft werden, mit Pflanzen assoziiert oder in Symbiose leben können, was zur Ernährung und zum Schutz der Pflanzen beiträgt. Die verwendeten Gruppen von Mikroorganismen bilden in der Regel die edaphische Mikrobiota; diese kann jedoch durch schlechte Bodenbewirtschaftung und übermäßigen Einsatz von Agrochemikalien beeinträchtigt werden.

Biodünger bestehen hauptsächlich aus nützlichen Bakterien und Pilzen, die eine Vielzahl von Funktionen erfüllen und den Bedürfnissen jeder Kulturpflanze gerecht werden. Die Entwicklung und Verwendung von Biodüngern wird als wichtige Alternative für den teilweisen oder vollständigen Ersatz von chemischen Düngemitteln angesehen.

Die Vorteile von Biodüngern in der Landwirtschaft können als Phytostimulanzen realisiert werden, die die Keimung von Samen und die Bewurzelung durch die Produktion von Wachstumsregulatoren, Vitaminen und anderen Substanzen fördern. Sie erhöhen die Nährstoffversorgung durch ihre Wirkung auf biogeochemische Kreisläufe, wie die Stickstofffixierung (N_2), die Solubilisierung mineralischer Elemente oder die Mineralisierung organischer Verbindungen, und tragen durch ihre Wirkung auf die Bildung stabiler Aggregate zur Verbesserung der Bodenstruktur bei. Sie wirken auch als Bioremediatoren, die xenobiotische Produkte wie Pestizide, Herbizide und Fungizide beseitigen, die Bodengesundheit fördern und ein optimales Wurzelwachstum ermöglichen. Sie sind nicht nur ökophysiologische Verbesserer, sondern erhöhen auch die Widerstandsfähigkeit gegen biotischen und abiotischen Stress.

Entsprechend ihrem agronomischen Ansatz enthalten Biodünger

Bakterien, die eine positive Wirkung auf die Pflanze haben. Sie sind als pflanzenwachstumsfördernde Rhizobakterien (PGPR) bekannt, ebenso wie die Gattung *Bacillus*, zu der *Bacillus megaterium*, *B. subtilis* und *B. polymyxa* gehören, die alle grampositiv sind, was ihre Fähigkeit unterstreicht, Endosporen (oval oder zylindrisch) zu produzieren, die sie vor verschiedenen Arten von Stress schützen, was ihnen Widerstandskraft verleiht und dazu beiträgt, ihre Isolierung in verschiedenen Lebensräumen und sogar in Umgebungen mit extremen Bedingungen zu verbessern. Da es sich um Saprophyten handelt, sind die meisten Arten mit einer großen Vielfalt an Böden und Substraten verbunden. Andere Gattungen von Bakterien, die in diesen Produkten vorkommen können, sind gramnegativ wie: *Azobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense* und *Pseudomonas fluorescens*. Diese Bakterien haben eine Affinität zum

Exsudat der Pflanzenwurzeln, und diese Mikroorganismen haben wiederum Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und die Produktivität der Pflanzen durch Stickstofffixierung und Solubilisierung von Mineralien wie Phosphaten, wo *Azobacter chroococcum* wirkt. PGPR-Bakterien sind in der Lage, sich an die verschiedenen phänologischen Stadien von Pflanzenkulturen anzupassen und assoziativ, endophytisch und/oder symbiotisch zu sein. Ihre metabolische Vielfalt fördert das Pflanzenwachstum und die Kontrolle von Krankheitserregern.

Eine andere Art von Mikroorganismen, die in Biodüngern vorkommen, sind Pilze der Gattung *Trichoderma*. Die Arten dieser Gattung sind mit der Rhizosphäre assoziiert oder können endophytisch verwandt sein, so dass sie das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen fördern können, indem sie Phytohormone wie Auxine und Gibberelline produzieren; außerdem produzieren sie organische Säuren (Glykon-, Rauch- und Zitronensäure), die den pH-Wert des Bodens senken und die Solubilisierung von Phosphaten, Magnesium, Eisen und Mangan fördern; Elemente, die für den Pflanzenstoffwechsel lebenswichtig sind. Innerhalb dieser Gattung finden wir Arten wie *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. reesei*.

Ektomykorrhizapilze und Endomykorrhizapilze, zu denen auch die Formulierung von Biodüngern gehört, gehen symbiotische Verbindungen mit den Wurzeln von Gefäßpflanzen ein. Der Unterschied besteht darin, dass bei den Ektomykorrhizen das Myzel in die Wurzel eindringt, ohne in das Innere der Zellen vorzudringen, im Gegensatz zu den Endomykorrhizen, bei denen der Pilz in das Innere der Wurzelzellen eindringt. Die in den Endomykorrhizen vorhandenen Arten sind *Glomus intraradices*, *G. mosseae*, *G. brasilianum*, *G. clarum*, *G. deserticola*, *G. etunicatum*, *Gigaspora margarita*, bei denen die Hyphen des Pilzes in die Zellen des Wurzelepithels der Pflanze eindringen, einen großen Mantel um die Wurzeln bilden und zwischen deren Rindenzellen interagieren und einen Mantel bilden, der der Pflanze bei der Aufnahme von Wasser und Mineralien hilft, eine Aktivität, bei der der Pilz auch von Nährstoffen profitiert.

Die Ektomykorrhizapilze, die als Wirkstoff in Biodüngern verwendet werden, sind *Pisolithus tinctorius*, *Rhizopogon amylopogon*, *R. bilosuli*, *R. fulvigleba*, *R. luteolus*, *Laccaria bicolor*, *L. laccata*, *Scleroderma citrini*, *S. cepa*. Seine Funktion ist der Austausch von Nährstoffen. Wenn der Pilz mit den Wurzeln interagiert, erhält er Kohlenstoff von der Wirtspflanze, während die Pflanze gleichzeitig Phosphor und Stickstoff über die Hyphen des Pilzes aufnimmt. Diese Verbindung verbessert die Effizienz der Nährstoffaufnahme aus den Wurzeln und erhöht die Produktivität der Pflanze.

