

有用微生物およびその野菜生産に及ぼす影響：概説

要約

この概説では、有用微生物（EM、Effective Microorganisms）の性質およびその野菜植物生育や収量、品質、そして保護に及ぼす影響を述べる。EM は、作物生産の向上に用いられる肥沃な土壌から単離した微生物生菌の混合物から成る。EM 技術は、40 年以上前に比嘉照夫博士により日本で開発された。土壌と植物の環境下において、EM がいかに植物病原菌や疾病を抑制、エネルギーを保存し、さらに土壌ミネラルを可溶化することで土壌微生物の生態的均衡を保ち、また光合成効率や生物学的な窒素固定を向上させるかを説明する。発表された研究の 70%において、EM が野菜生育に対して正の影響を持つことが明らかになった一方、30%では大きな影響が見られなかった。野菜収量に対する EM の効果を報告した 22 の研究の中で、今回の調査では 84%が正の影響、4%が負の影響を示し、12%で顕著な影響が見られなかった。結論として、EM が病原菌や疾病の発生を削減し雑草から保護することで野菜の品質や収量を向上させ、維持可能な農業に貢献していることが明らかとなった。

有用微生物（EM）は、作物生産の際に役立つ天然の肥沃土壌から単離された微生物生菌の混合物から成る（Mohan, 2008）。EM は主に土壌の微生物相の生物多様性を増加させ、これにより作物収量も増加すると考えられる。EM の主要成分である光合成細菌は他の微生物と相乗的に働き、植物の必要とする養分を補い、さらに病原微生物の発生を抑えることが報告されている（Condor et al., 2007）。Subadiyasa（1997）により、EM 技術は「自然農業」を支える技術と呼ばれる。EM の理論的な背景は、有用微生物の混合培地を土壌に接種することで、植物の生育や健康により適した環境を形成することである。EM は土壌—植物の生態系に相互作用することで、植物病原菌や他の疾病要因を抑制し、ミネラルを可溶化し、エネルギーを保存し、土壌の生態的均衡を維持し、光合成効率を増加させ、生物学的に窒素を固定させる可能性がある（Subadiyasa, 1997）。

この概説では、EM の性質を説明し、EM がいかに主要温帯野菜の生育や収量、品質や保護に影響を与えるかを述べる。

総括

EM の歴史

EM 技術は 1970 年代初頭に開発された（Higa, 2012）。当時、微生物は様々な生態系から単離され、混合された。しかしこの方法では不成功が続いたことから、その中の数種の微生物が取り除かれ、より単純な混合物が植物に試験的に与えられた。最終的には、主に乳酸細菌や光合成細菌、そして酵母からなる pH3.5 の混合物が 1970 年代の終わりに開発された。この概念は 1986 年に初めて IFOAM

会議で発表された (Higa, 2012)。ここでかなりの注目が集まったため、EM の開発者らによりこの技術はさらに広められた。救世自然農法と EM テクノロジー間の有益な商業協定により、間もなく国内の生態系に良い影響がもたらされ始めた (Higa, 2012)。救世自然農法の第一回会議が 1989 年にタイのコンケンで開催され、次いで 2 年おきにブラジル、米国、フランス、タイ、南アフリカの五大陸で開催され、さらにオセアニアや他の太平洋諸国でも開催された。今日、EM は 100 超の国々で、試験的のみならず実際の商業生産や環境管理のために用いられている (Higa, 2012)。

EM は、光合成細菌 (*Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter sphaeroides*) や乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *Streptococcus lactis*)、酵母 (*Saccharomyces* spp.)、そして放線菌 (*Streptomyces* spp.; Javaid, 2010) などの有用で天然に存在する微生物培地の混合物である。Condor ら (2007) によると、これら微生物は以下のように説明される。光合成細菌 (光栄養細菌) は、独立した自活性の微生物である。この細菌は、根の分泌物や有機物 (炭素)、日光、さらに土壌からの地熱をエネルギー源として、アミノ酸や核酸、生物活性を持つ物質、糖を合成する。植物とは異なり、太陽光の赤外波長帯 (700-1,200 nm) のエネルギーを用いて有機物を生産するため、植物の生育効率を向上させることになる。生産される代謝物は植物に直接吸収されるかもしくは他の細菌の基質として用いられるため、土壌微生物相の生物多様性を増加させる。

光合成細菌を土壌に加えることで、他の EM もまた活性化される。例えば、根圏の嚢状アーバスキュラー菌根菌 (vesicular-arbuscular mycorrhiza : VAM) は、光合成細菌により利用できる窒素化合物 (アミノ酸) が増すと増加する (Condor et al. 2007)。VAM は、土壌中のリン酸塩の溶解度を増加させるので、植物の利用できるリン量が増加する。VAM は、窒素固定細菌である *Azotobacter* と共生することができ、莢豆の窒素固定能を促進する (Condor et al. 2007)。

乳酸細菌は、糖から乳酸を生産する。乳酸は、土壌中で減菌効果を持つため、有害な微生物を抑え、有機物の分解を増加させる (Condor et al. 2007)。乳酸細菌は、リグニンやセルロースなどの有機物の分解を活性化し、これら物質をより速やかに発酵する。乳酸細菌は、連作の際に疾患の原因となる有害微生物 *Fusarium* spp. の生育を抑える。適した条件下において、*Fusarium* spp. は、有害線虫の増加の原因となる。乳酸細菌が *Fusarium* の生育を抑制することで、線虫は徐々に姿を消した (Condor et al. 2007)。

酵母もまた、植物の生育を促進する抗菌性物質を光合成細菌や有機物、そして植物の根から分泌されるアミノ酸や糖から合成する。酵母により生産される植物ホルモンや酵素は、細胞や根の分裂を活性化しうる。これらの分泌物は、乳酸菌や放線菌などの EM にも有用物質を提供する (Condor et al. 2007)。

細菌とカビの間に位置する放線菌は、光合成細菌により分泌されるアミノ酸と土壤有機物から抗菌性物質を生産する。これらの物質は有害なカビや細菌を抑制する。また放線菌は光合成細菌と共生することもできる。したがって、両者は土壤の抗菌活性を増加させることで土壤環境の質を相乗的に促進する (Condor et al. 2007)。

EM には、下記の有用効果が報告されている (Anon, 1995)。

- EM は植物の発芽、開花、着果、そして成熟化を促進する。
- EM は土壤の物理的、化学的、そして生物学的環境を改善し、土壤病原菌や害虫を抑制する。
- EM は作物の光合成能を向上させる。
- EM は発芽や植物の苗立ちを向上させる。
- EM は化学物質の肥料としての効果を高める。

EM の有用効果により、作物の収量および質が高まる可能性がある。EM は殺虫剤として分類されてはならず、また殺虫剤として解釈される化学物質を含まない。EM は微生物の接種剤であり、植物—土壤環境に有用微生物を導入することで害虫を抑制もしくは制御する生物制御剤である。害虫や病原菌は、EM 接種体に存在するこれらの微生物との競争もしくは対立により抑制もしくは制御される (Anon, 1995)。

EM の概念

EM が土壤—植物環境において活性を持ち、さらに相互作用するとされる機構を表 1 に示す。

土壤微生物は、分解性微生物もしくは生合成微生物に大別できる。分解性微生物は、さらに酸化もしくは発酵性分解により分類される。発酵性グループは有用発酵（単に発酵と呼ばれる）もしくは有害発酵（腐敗）に分けられる。生合成微生物は、大気中の窒素のアミノ酸への固定や、光合成による二酸化炭素から有機分子の生産能という生理活性により分類することができる。図 1 に、疾病誘導や疾病抑制、発酵性、もしくは合成土壤への発展につながる、土壤微生物により触媒される有機物転換のフローチャートを示す (Higa および Parr, 1994)。

研究により、EM は有機物とともに添加されなければならないことが示されている。これらは、液体もしくは発酵堆肥として養分に富む有機物（日本ではぼかし肥と呼ばれる）と混合して添加することができる。EM を有機物と共に添加する利点は、EM が有機物を発酵させる能力を持つ点にある。これにより、植物が利用することのできる養分や養分を多く含む有機酸を生産する。葉、特に香辛料や薬効を持つ植物の葉は、微生物溶液により発酵が進むと、新たに疾患の予防効果を持つといわれる (Higa 2012)。EM は作物に直接添加することもできる。研究により、光合成などの生理的要因が向上し、その結果、有機農法の鍵

となる作物収量が向上することが示されている (Higa, 2012)。

作物生産における EM

EM はもともと農業で用いられた (Sangakkara, 2012a)。当初、EM は有機農法もしくは自然農法システムの生産性向上のために適用された。EM は、生物肥料の準備の時間を削減するため、田畑に添加された有機物に直接加えられたり堆肥に添加されたりした。また EM は、ぼかし肥 (粃殻やおがくずなどの廃棄物をキャリアとして作られた堆肥) として加えられたり、コメやトウモロコシ、小麦ふすま、魚粉、油かすなどの窒素を多く含む物質と混ぜ合わされたりした。EM の利点は多くに由来する。例えば、EM と共に堆肥を作る際に有機物から多くの養分が放出される点や、光合成やタンパク合成活性の向上が挙げられる。また研究により、EM を適用することで土壌や植物の耐水ストレスが上がり、炭素の鉱化作用の速度が増し、土壌の特性が向上し、植物根の浸透度が増すことが明らかとなった (Sangakkara, 2012a)。また EM が、害虫や疾患を制御したり抑制したりすることで植物の成長に影響を及ぼすことも多くの国で報告されている (Sangakkara, 2012a)。

長い間、土壌微生物学者や微生物生態学者は、土壌の有用微生物と有害微生物を、その機能や土壌の質や植物の生育、収量、さらに植物の健康に与える影響にしたがって分類してきた。表 I に示されるように (Higa and Parr, 1994)、有用微生物は大気窒素を固定し、有機廃棄物やその残渣を分解し、殺虫剤を解毒し、植物疾患や土壌病原菌を抑え、養分サイクルを活性化し、ビタミンやホルモン、酵素などの植物生育を促す生物活性を持つ化合物を生産する。

研究により、土壌や植物の生態系に EM 培地を接種することで土壌の質や土壌の健康状態も向上することが示された。土壌の質の向上は一般に浸潤や通気、凝集や有機物量の増加、また充填密度圧縮、浸食、そしてクラスト形成の低下により特徴付けられる (Higa and Parr, 1994)。

土壌に EM を適用した後に用いることのできる有用微生物の混合培地が定着したことを計測するための、信頼性のある試験はまだ報告されていない。期待される効果は、EM が土壌に定着し、優勢を示し、さらに安定に活性を示してはじめて現れる。土壌によっては、一度の EM 接種で十分な効果が得られることもあるが、EM の適用を繰り返しても効果を持たないこともある。特に第 1 作期には、繰り返し適用をすることで EM の定着がより速やかに行われる可能性がある (Higa and Parr, 1994)。

EM の応用

Ncube (2008) によると、EM は作物生産に効果があるとともに環境にやさしく、世界ではおよそ 40 ヶ国において、その地域で単離された微生物を用いて異なる市販ブランドや組成の EM が作成されている。EM は農業や園芸作物、環境管理、動物生産、そして水産養殖など様々な用途で用いられる (Ncube, 2008)。そして下記に示すように、これら用途のため、異なる組成の EM が異なる用法により適用される。

1. 土壌へのEMの接種：作物生産の際、調合の異なるEMを土壌に灌注 (soil drench) もしくは植物に直接散布することができる。土壌への接種にあたり、EMを水に1:500の割合で希釈するかもしくは発酵生ゴミ (FKG: fermented kitchen garbage) とともにEMを接種する。EMを発酵魚廃棄物と (FFW: fermented fish waste) もしくは発酵鶏糞 (FCM: fermented chicken manure) とともに接種する場合は、1:300の割合が望ましい。また一般に1ヘクタールあたり2.5メータートン (MT) までのぼかし肥が添加される。高濃度の有機酸は植物根を痛めるため、2.5 MTha⁻¹ を超える投与は植物に悪影響を及ぼす。一般にぼかし肥は、植栽の10~14日前に植物根から10~15cm離して投与する (Ncube, 2008)。
2. EMの葉への散布：EMを植物葉に散布することで、疾患予防や害虫駆除効果が得られる。生育期はじめから散布を開始し、取り入れまで継続する。EMは、1:1000の割合で水、EM-5 (Agri Partners OU, **タルトゥ**, **エストニア**) もしくは異なるEM調合との混合が望まれるが、1:500もしくは1:2,000の希釈でも構わない (Ncube, 2008)。
3. 種子のEMへの浸潤：植栽の前に、種子を0.1%のEM (w/v) 懸濁水に浸潤することもできる。小種子は30分程度、大種子は4~6時間程度浸す。種子は浸した後、日陰で乾燥させることで互にくっつき合うのを避けることができ (Ncube, 2008)、その後田畑に播く。
4. EM灌漑：EMもしくは様々なEM調合物を水に希釈し、灌漑を經由させて頻繁に土壌に与える。水への希釈は1:1,000から1:5,000程度で行い、EMを含む発酵植物抽出物 (FPE: fermented plant extract) を用いることもできる (Ncube, 2008)。
5. 害虫駆除：EMは、植物環境中の有用微生物を誘導することで害虫を抑制もしくは制御する生物制御剤としても用いることができる。EMから発する臭いは害虫除けもしくは疾病予防として役立つ。FPEもしくはEM-5中のEMは、害虫除けとして使用されており、テントウムシやクモ、トンボやカエルに毒性を示さない (Ncube, 2008)。またEMはショウジョウバエを惹き付け、その後主にメスが不妊性となる (Ncube, 2008)。EM接種物に含まれる微生物の競争もしくは拮抗活性が増すにしたいが、害虫や病原菌は抑制もしくは制御される (Ncube, 2008)。

野菜作物に適用するEM量

廃棄物から腐植土に変換される量により、また菌類病の深刻さにもより、EM-Naturally Active (Agri Partners) およびEM-5の投与量は、それぞれ1ヘクタールあたり20~40リットルおよび1~3リットルである。EM調合物は耕起により土壌中に混合する。EM-Naturally Activeの場合、春散布は最低1ヘクタールあたり20L、EM-5の場合は1Lが必要とされる。もし秋処理がなされていない場合は、この投与量は1ヘクタールあたり40Lおよび3Lとすべきである。この投与は、土壌病原菌に拮抗させ、土壌にEMを接種することを目的とする。もし土壌が高濃度の未分解有機物を含む場合は、EM-Naturally Active (Agri Partners) の投与量をさらに20L増加させてもよい。このような処置は、土壌温度は6°Cを超えるときの行うのが望ましく (3月末もしくは4月はじめ)、EM調合物を土壌とかきならすことで

混合する。

試験に用いた EM 調合物のうち、活性 EM と EM-5 の混合物が最も高い効果を示し、有機物の分解や土壌のミネラル化を促進した (Zydlik and Zydlik, 2008)。

成長因子

無作為試験のデータから、EM-Naturally Active (Agri Partners) がニンジンやキュウリ、マメ、ビートおよびトマトの種子の発芽および生長力を、統計学的な有意差で向上させることが明らかとなった (Siqueira et al, 2012)。この EM 調合物をササゲに 1:500 で希釈し与えたとき、牛糞懸濁液を与えた植物と比較して、その発芽および生育が促進された (Sangakkara and Weerasekera, 2012)。EM の適用は、トマトにおける初期結果および根の生育につながったが (Ncube et al., 2011)、白菜の葉や芽の形成には影響を与えなかった (In-Ho and Ji-Hwan, 2012)。1 ヘクタールあたり 0、75、150kg の無機リン酸肥料 (P_2O_5) を 50L の EM-Naturally Active と混合して用いたところ、キャベツの栄養生長および生殖生長が活発化した (Zahoor et al., 2003)。Chantal らは (2010)、1:1,000 に希釈した EM で処理したキャベツで、葉面積が広がり、さらに光合成が向上することを示した。Sangakkara (2012) によると、EM は化学肥料区で生育したインゲンマメには影響を与えなかった。一方、EM は有機添加物を加えた場合にインゲンマメの生育を向上させ、これは特に C:N 比が低い場合に顕著だった。ぼかし肥を用いた場合、化学肥料と比較して植物高には有意な差が見られなかったものの、茎の直径には増加が見られた (Nakano, 2007)。

その一方、Puranapong と Siphuang (2001) が EM をニワトリ、キジ、ブタおよび牛の糞と混ぜてササゲおよび長ナスの生長を調べたところ、植物の生育変数に有意な差は見られなかった。

10 報の発表論文を調べたところ、EM は 70%の研究で野菜の生育に正の影響を与えていた一方、30%では有意差が見られなかった。

野菜および作物収量

EM を加えた糖液を加えたところ、タマネギの収量が平均で 29%増加し、最高級のタマネギの割合は 76%増加した。EM は、マメの収量も 31%増加させた (Daly and Stewart, 1999)。Javaid (2006) は、適当な土壌改良のうえで EM を葉に適用することで、マメの結節形成および収量を向上させた。EM を加えた NPK 改良により、*B. japonicum* を接種することなく粒収量が顕著に増加した (48%) (Javaid, 2009)。Javaid (2006) は、NPK の改良とともに EM を葉に適用することで、マメの結節形成が活発化し、結節数が 217%増加し、また結節バイオマスが 167%増加することを示した。また同様に Javaid (2006) は、NPK 改良の後にマメの収量が 126%増加し、EM を葉に適用した後に緑肥を与えたところ、145%の増加が見られたと報告している。Sangakkara (2012) によると、有機物改

良のもとでは、EM の添加によりインゲンマメの収量および結節形成が、C:N 比の低いものと比較して向上した。

Mohan (2008) は、伝統的なアーユルヴェーダの生育プロモーターである Panchagavya および Armit pani を、EM 技術により作成したぼかし肥と比較することで評価した。その結果、ぼかし肥の処理を施したトマトは、Panchagavya と比べて収量が高く、グリコアルカロイド含量が低かった。鶏糞に EM 接種したものは、トマトの光合成および果実収量を高めた (Xu et al., 2001)。トマトでは、初期のフィールド試験のデータによると、ぼかし肥料もしくは EM-Naturally Active を単回用いたもの、その組み合わせ、さらに無機肥料との組み合わせでは、平均果実重量が未処理のコントロールと比較して有意に増加し、また収穫期間に収穫できる販売可能な収量が増加した (Escano, 1996)。緑肥 (グリシディアの葉など) とともに EM を適用したところ、本研究の間にトマトの収量が有意に増加した。3 年目には、EM によるトマト収量は化学肥料で得られた収量と同等になった (Marambe and Sangakkara, 1996)。Zaenudin (1993) により、EM がトマトの生産量を増加させることからインドネシアでは必要だと結論づけられた。温室では EM を与えたのちに 1 植物あたりのトマトの着果数が減少し、おそらく少数の実に養分が分散されたことにより、トマトの平均重量は増加した (Ncube and Calistus, 2012)。

FPE もしくは EM-5 に含まれる EM の葉への適用により、有機生産されたキュウリに好ましい影響がもたらされた (Condor et al., 2007, 図 III)。

Chantal ら (2010) により、EM が光合成を向上させ、キャベツの収量増加につながることを見いだした。Yadav (2012) は、適度の濃度および頻度で葉に EM を散布することで、作物収量が有意に増加することと結論づけた。ハツカダイコンの場合、未処理のコントロールと比べて試験区で EM 散布 (1:500 希釈) を 15 日おきに受けたものは、70.5% の収量の増加を示した。15 日おきの葉への EM 散布 (1:500 希釈) は、未処理のコントロールに比べてキャベツの収量を 91.6% 増加させた。EM 散布の区画内では、1:1,000 希釈で EM を 45 日おきに散布したキャベツの収量が最も低かったものの、コントロールと比べると依然 9.5% の増加が見られた。このことから、EM が野菜 (ハツカダイコンおよびキャベツ) の生育および収量に好ましい影響をもたらすことが示された。キャベツの研究の結果、EM (ぼかし肥) で処理をした区画では、NPK を鶏糞に加えたものよりも顕著な収量な増加が見られた (Escano, 1996)。種鞘や植物バイオマス、そして微生物密度はぼかし肥を与えた際に最高値を記録した (Nakano, 2007)。キャベツの種子収量は、EM を 1 ヘクタールあたり 150kg の P_2O_5 と組み合わせたときに得られた (Zahoor et al., 2003)。

Kim ら (2012) は、EM もしくは EM 発酵堆肥を用いた処理により、温室におけるホウレンソウおよびコストマリーの収量がそれぞれ 10.4~24.8% および 19.4~32.9% 増加したことを示した。同様に、田畑にお

いて白菜およびハツカダイコンの周期収量は 23.5~57.9%および 38.8~47.2%増加した。

その一方、「微生物茶」(EM の一種、Knewton et al., 2009) は、コラードやホウレンソウの収量に影響を及ぼさず、EM が植物による栄養の取り込みを改善するという仮説を支持しなかった。さらに、「微生物茶」を 2~3 回適用しても、土壌微生物の呼吸やバイオマスに影響は見られなかった (Knewton et al., 2009)。トマトでは、EM のみを適用、もしくは他の改良と組み合わせたとこ、収量の低下が見られ、これは初期もしくは後期に胴枯れ病が発生し、これがまず EM 処理をした苗に影響を及ぼした可能性がある (Ncube et al., 2011)。ぼかし肥もしくは EM-Naturally Active 処理は、レタスの重量や結球数に顕著な差はもたらさなかった (Escano, 1996)。

まとめると、22 の研究報告のうち、その 84%で野菜の収量に正の影響が見られ、4%で負の影響が見られた。また 12%では有意差は観察されなかった。

作物の品質

EM の接種により、ぼかし肥および鶏糞処理を施したトマト果実中のアスコルビン酸濃度 (ビタミン C) が上昇した (Xu et al., 2001)。

未処理 (コントロール) のフダンソウは EM、EM を添加したぼかし肥、もしくは「Greengold」で処理したものと比べて水分含量が高かった。一方、ぼかし肥で処理したフダンソウは、コントロールと比べてアスコルビン酸含量が低かった (Daiss et al., 2008)。EM を添加したぼかし肥で処理したフダンソウは、コントロール植物と比べてリンおよびマグネシウム含量が高かった (Daiss et al., 2008)。EM の植物への適用は、他の未処理植物に比べて高いカルシウム含量につながった (Daiss et al., 2008)。

自家肥料による改良とともに EM を開花期および成熟期に与えたところ、リョクズの NPK 養分が顕著に上昇した。しかし土壌の NPK 改良の場合は、生長後期にのみ EM 適用によって NPK 養分の顕著な増加が見られた (Javaid and Bajwa, 2011)。

植物保護

Escano (1996) は、ぼかし肥のみもしくは EM との組み合わせにより、他の商業習慣と比較して、レタスにおける軟腐病の発生が抑えられると報告している (鶏糞に NPK を 240-60-60 で適用)。

維持可能な農業を達成するための EM 適用研究により、これら微生物は全体論的に (holistic)、主に土壌表層の急速な乾燥を引き起こす粒子凝集の化学的および物理的特性を変えることが示された。土壌表層の乾燥により、菌類の孢子形成が遅れ、子嚢盤の発育が停止し、レタスにおける養分獲得の競争が増すことで、菌核菌が抑制され、抗生作用が高まり、土壌に堆積する菌核菌が減少した (Tokeshi

et al., 2010)。

Sclerotium rolfsii や *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., そして *Rhizoctonia solani* など、疾患抑制土壌で育つレタスの莖や根の腐敗の原因となる病原菌の制御は、土壌の特性や土壌環境が通気や乾燥を促進する方向に変化したことによりもたらされた可能性がある。これが、おそらく土壌の水分含量に差はあるものの、より乾燥した土壌表層に適応しやすく競争力の高い腐生微生物の活性化につながったのであろう。しかし、この仮説の証明にはさらなる研究が必要とされる (Tokeshi et al., 2010)。

同様に、キャベツの軟腐病発生が EM およびぼかし肥の処理により減少した (Escano, 1996)。Xu ら (2012) は、ぼかし肥により改善したトマトの窒素代謝が *Phytophthora* に対する耐性を向上させたのではないかとしている。また Zaenudin (1993) は、EM がインドネシアにおけるトマト栽培で害虫管理のために必要であるとしている。Marambe と Sangakkara (1996) は土地の有機改良のみでトマト生産の際の雑草の生育が抑えられ、年ごとの違いに有意差はないとした。しかし、有機改良とともに EM を添加した一年目には雑草の生育が活発化したものの、その後は顕著な減少が見られた。

EM を FPE や EM-5 に加えて葉に適用したところ、メイガの一種 pickleworm による感染が有機農法により栽培されるキュウリで減少した (Condor et al., 2007, 表 III)。一方 Thaveechai ら (1996) は、EM もしくは SUTOJU (未指定の殺虫成分) がトマトに対する細菌や菌類、またウイルス感染に効果を持たないことを見いだした。

農場で栽培した薬草の一種サンショウを EM 接種体とともに発酵させたところ、アブラナ科へのアブラムシを効果的に制御し、またイチョウやセンダンがトマトについたコナジラミを効果的に制御した (Xu et al., 2008)。

したがって、EM の使用により疾患や害虫の発生を抑え、また雑草から守ることで、野菜を保護することができる。

本研究は、Estonian Agricultural Registers and Information Board から財政援助を受け、Jaagumäe Agro LLC および Jogeve Plant Breeding Institute の協力を得た。

表 I
 土壌品質、作物生産、および植物健康に影響をおよぼす有用および有害土壌微生物の機能 (Higa and Parr, 1994)

有用効果	有害効果
有機廃棄物および残滓の分解	植物疾患の誘導
植物養分のリサイクルおよびその利用可能性の増加	土壌病原菌の活性化
抗生物質および他の生活性化合物の生産	種子発芽の阻害
重金属の複合化により植物への吸収を制限	植物生育および発達の阻害
土壌凝集を改善するための多糖生産	植物毒素生産
大気中窒素の固定	
土壌病原菌の抑制	
殺虫剤を含む有害物質の分解	
植物吸収のための単純有機分子の生産	
不溶性ミネラル養分の可能化	

- 有機物分解
- 酸化分解（好氣的呼吸）
- 好氣的合成微生物
- 外部エネルギーの吸収
- 窒素固定；アミノ酸、糖、有機酸の生産；無機養分の可溶化
- 第2次代謝による抗生物質、ビタミン、ホルモン、他の様々な生物起源物質の生産
- 有機物質の微生物生産
- 酸化分解者
- 二酸化炭素と熱の発散
- 可溶性無機養分の生産
- 植物による吸収
- 疾患抑制性の土壌
- 発酵性分解（嫌氣性呼吸）
- 有用な酵素性発酵
- アミノ酸、糖、アルコール、有機酸、エステル生産、無機養分の可溶化
- 第2次代謝による抗生物質、ビタミン、ホルモン、他の様々な生物起源物質の生産
- 酵素性微生物
- 有機物質の微生物生産
- 第2次代謝による有害酵素抑制物質の生産
- 気体および熱の発散
- 比較的不溶性の無機物質生産
- 疾患誘導性土壌
- 有害酵素性発酵（腐敗）
- アンモニア、硫化水素、メルカプタン、他の有害還元物質の生産、
- 嫌氣性合成微生物
- 外部エネルギーの吸収
- 窒素固定；様々な還元物質からの糖、アミノ酸、有機酸の生産；無機養分の可溶化
- 第2次代謝による抗生物質、ビタミン、ホルモン、他の様々な生物起源物質の生産
- 合成微生物
- 酵素性および合成性土壌

- 植物の最適生長および発達

図 1

疾患誘導、疾患抑制、酵素性（発酵）、もしくは合成土壌の発展に結びつく土壌微生物による土壌有機物の転換（出典：Higa and Parr, 1994）

表 II

EM 適用

- 土壌条件
- 腐植土含量 > 5%、pH7.0、年 1 度の適用
- 負傷度含量約 3%、pH 約 6.0
- 1 年目
- 2 年目
- 3 年目
- 腐植土含量 > 1%、pH < 5.0
- 土壌に適用すべき Naturally Active EM 量（1 ヘクタールあたり）
- Naturally Active-EM は Agri Partners OU, Tartu, Estonia より提供
- 同時有機肥料もしくは緑肥の使用。改善が見られるまで投与量を維持し、徐々に減少させる。

表 III

有機栽培のキュウリおよび pickle worm 感染への EM 適用の影響

- 処理
- 水のみ（コントロール）
- EM を含む FPE
- EM を含む FPE+EM-5
- 収量
- 新鮮重量
- 感染果実収量
- 非感染果実収量
- 4 日ごとに等量で 3 回の葉処理（4 複製）を行った。処理はコントロール（適用なし）、発酵植物抽出物（FPE）（1:500 希釈）、もしくは EM を含む FPE（1:500 希釈）または EM-5（1:500 希釈）。

- データはCondorら（2007）からの出典。各カラムの小文字に続いて表される平均値は統計学的な有意差を示す。