اتحاد المهندسين الزراعيين العرب
الأمانة العامة
دمشق - ص.ب : 3800
هاتف : 3335852 - 3333017
فاكس : 3339227

المؤتمر الفني الدوري الرابع عشر للاتحاد
التكامل العربي في مجـــال
الادارة السليمة للموارد البيئية

تطور التقانات الحيوية وتطبيقاتها
للاستخدامات الزراعية ضمن الإدارة السليمة للموارد البيئية

اعـــداد
د. محمد سعيد الشاطر

نقابة المهندسين الزراعيين في
الجمهورية العربيـــة السورية

عمان - المملكة الأردنية الهاشمية
5 - 8 / 1 / 2002

دراسة حول

تطوير التقانات الحيوية وتطبيقاتها للإستخدامات الزراعية

ضمن الإدارة السليمة للموارد البيئية

مفهوم التقانات الحيوية واستخدامها لإنتاج بعض الأسمدة العضوية -كمبوست النفايات الخضراء -الكمبوست المصنع من قمامة المدن -كمبوست رواسب الصرف الصحي -تقانة إنتاج السماد البلدي الطازج والمتخمر -إنتاج السماد العضوي المتخلف عن إنتاج الغاز الحيوي - الإستفادة من التقانات الحيوية في تحسين خواص التربة -استنتاجات وتوصيات.

إعداد

الأستاذ الدكتور محمد سعيد الشاطر

جامعة دمشق -كلية الزراعة -قسم التربة واستصلاح الأراضي

أعدت الدراسة للمشاركة في أعمال المؤتمر الفني الدوري الرابع عشر لاتحاد المهندسين الزراعيين العرب حول التكامل العربي في مجال الإدارة السليمة للموارد البيئية - الاردن/2002 م

دراسة حول

تطوير التقانات الحيوية وتطبيقاتها للاستخدامات الزراعية ضمن الإدارة السليمة للموارد البيئية

مقدمة:

بلغ عدد سكان العالم (4)مليار عام 1973، ويمكن أن يصبح في عام 2005 أكثر من (7) مليار إنسان، وأن حوالي (10)آلاف شخص يموتون يومياً بسبب نقص الغذاء والعناية الطبية اللازمة، وتتمثل هذه المشكلة بأبسط وأعمق أبعادها..... بانفجار سكاني لم يسبق له مثيل في تاريخ البشرية نتيجة لعوامل مختلفة..... وغذاء محدود.

وقد ترافق هذا الانفجار السكاني بتدهور الموارد الطبيعية المتعددة من تربة ومياه وغطاء نباتي، نتيجة العجز المائي المتزايد وتقلص الرقعة الزراعية، وتدهور نوعية هذه الموارد، وزاد من خطورة الوضع في الوطن العربي تعاقب سنوات الجفاف بتواتر غير منتظم. ويستلزم هذا الوضع الكثير من الحكمة في إدارة الموارد الطبيعية.

ومن المعروف أن المصدر الرئيسي للغذاء هو الإنتاج الزراعي، والذي يعتمد بصورة مباشرة على التربة، والتي تعتبر حتى الآن الوسط الغذائي الأمثل لنمو النبات بصورة إقتصادية علماً بأن الأغذية الصناعية حتى الآن قليلة الأثر، وبالتالي فأن حل المشكلة محصوراً أولاً وأخيراً في زيادة الإنتاج الزراعي ليتناسب مع زيادة عدد السكان. ويتطلب هذا الوضع ادراة جيدة للانتاج الزراعي وخفض الإجهادات التي تتعرض لها الموارد البيئية. ويمكن أن تتدهور الخصائص الكيميائية للأراضي حينما يساء التعامل معها أو يجري استصلاحها بأساليب خاطئة، وتتملح الأتربة التي تحتوي على كميات قليلة من الأملاح نتيجة الاستثمار السيئ لتلك الاراضي، كما ينشأ التدهور أيضاً عن التلوث الذي يعتبر من المشاكل البيئية الرئيسية التي تعاني منها الدول العربية، ويعني تلوث التربة التدمير المؤقت أو المستمر لإمكانات الأرض عن طريق سوء تصريف النفايات من المنشآت المدنية والصناعية وازدياد تراكيز العناصر السامة في الأتربة والمياه نتيجة الاستخدام غير المقنن والعشوائي للمبيدات المختلفة والأسمدة الكيميائية وبعض المنتجات الصناعية...الخ

ويأتي الاستعمال القويم بيئياً والمجدي إقتصادياً للمخلفات العضوية وتدويرها ضمن الإطار العام للإدارة المستدامة للنظام البيئي، وتشكل مكونات النظام البيئي الطبيعي (العوامل المناخية،

والبيدولوجية والغطاء النباتي والحيواني فيما بينها رابطة قوية في حالة توازن حركي دقيق تحافظ على استمراريته واستقراره طالما لم يحدث أي تغير في أحد أو عناصر مكوناته.

جاءت المحاولات الجادة لتطوير التقانات الحيوية وتطبيقاتها للاستخدامات الزراعية مع بداية الثمانيات وبالتحديد عقب موجة الجفاف واحتباس الأمطار لموسم عام 1982 والتي اجتاحت اغلب أقطار الوطن العربي حيث برزت إلى الوجود العديد من الأفكار منها تنفيذ العديد من الدراسات والدورات التدريبية في مجال التقانات الحيوية التي تضمنت معالجة المخلفات النباتية (كالقش)باليوريا أو الأمونيا والصودا من أجل تحسين القيمة العلفية لتلك المخلفات. أو استخدام تقانة التخمير اللاهوائي لتحويل قش القمح أو الشعير أو القمامة المترلية إلى سماد عضوي (كمبوست) يحسن من الخواص الفيزيا - كيميا حيوية للتربة (الشاطر، 1987).

ان التقانات الحيوية المتقدمة Biotchnolgies التي انصبت على المخلفات النباتية، قمامة المدن أو حمأة الصرف الصحي .....) تصنيعاً وتحسيناً لأغراض تغذية الحيوان أو تصنيع الأسمدة العضوية بهدف إعادة استعمالها Reuse وتدويرها Recycling في مختلف الأقطار العربية لم تنل الاهتمام الكافي، ولم يطبق في هذه التقانات (معالجة القمامة، معالجة مياه الصرف الصحي أو الزراعي .....إلا أبسطها وأقلها رفعاً للقيمة المضافة، وأن التقانات الحيوية الحديثة لا تقتصر على تحسين القيمة الغذائية للمخلفات النباتية لأغراض تغذية الحيوانات، بل تتعداه إلى استعمالها في الميادين كافة من زراعة وصناعة وينعكس ايجابياً أيضاً على صحة وتغذية الإنسان.

ولطالما جاءت أهداف هذه المحاضرة للتعرف على الطرائق التي تتضمن تطوير التقانات الحيوية وتطبيقاتها الزراعية لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة، ومن الطبيعي إذن أن يتم تناول كل ما من شأنه رفع القيمة المضافة المتحققة عن إعادة استعمال هذه المخلفات أو تدويرها بصرف النظر عن طبيعة المنتجات (المُخَرجَات) شريطة أن تكون هذه التقانات سليمة بيئياً، ولا تخرج عن اطار الاستعمال المستدم. ويغطي مفهوم التقانات الحيوية أي تقانة يستخدم فيها كائن حي أو جزء من كائن حي أو نواتج عضوية أو غير عضوية من كائن حي لتحقيق الأهداف التالية:

1- استنباط منتج (Product)

2- تعديل وتغير خصائص منتج.

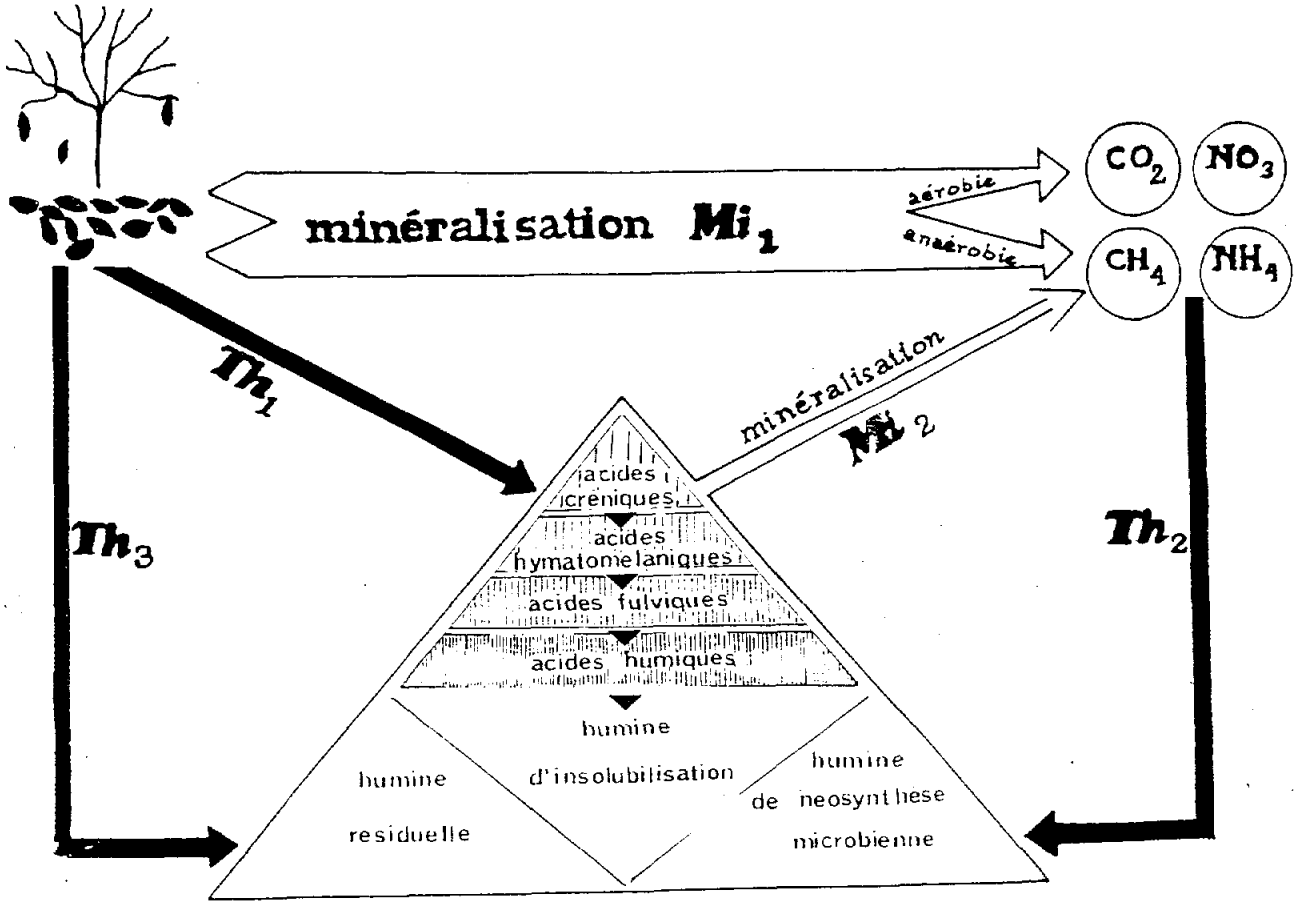
3- تحسين وتطوير خصائص أنواع نباتية وحيوانية.

4- تطوير كائنات دقيقة لاستخدامها في مجالات محددة.

ونظراً لأن التقانات الحيوية تشتمل على العديد من المجالات الواسعة والمتعددة فإننا سنكتفي في سياق هذه الدراسة للتعرض إلى الموضوعات التالية فقط:

أولاً- استخدام التقانات الحيوية لإنتاج بعض الأسمدة العضوية:

يقصد بالأسمدة العضوية كل المخلفات العضوية النباتية والحيوانية أو الإصطناعية (مخلفات الصناعات الغذائية كمبوست قمامة المدن، رواسب كهاريز المدن .....الخ) التي تتفسخ جزئياً خلال عمليات تحضيرها، ويتم تحللها بفعل النشاط الحيوي للتربة وتعطي مركبات معدنية ذوابة أو غازية($NH_3, CO_2, NO^-_3, K^+, Ca^{++}$ ...إلخ)خلال مرحلة التمعدن الأولي minéralisation premaine والتمعدن الثانوي minénalisation secondaire، كما تعطي مركبات دبالية معقدة ويطلق عليها الدبال Humus من خلال عملية التدبل Humification، ويلعب الدبال دوراً هاماً في تحسين الخواص الفيزيا - كيميا حيوية للتربة ويبين الشكل (1) تحلل المادة العضوية في التربة.



الشكل (1) مراحل تطور المادة العضوية في التربة من خلال عمليات التمعدن والتدبل

Jacquin 1980

تتضمن المواصفة القياسية السعودية رقم /5470/ لعام 1996 مثلاً على أن كلمة الكمبوست تخص الخليط العضوي المخمر والمصنع من النفايات العضوية الصلبة المستخلصة من نفايات المدن والمستخدم كمحسن للتربة.

وتشمل على ثلاثة أنواع من المنتجات هي كمبوست النفايات الخضراء، وكمبوست النفايات الصلبة أو المخلوطة وكمبوست رواسب الصرف الصحي، وتعبر كلمة الكمبوست (Compost) عن المادة الناتجة عن تحلل جزئي للمركبات العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة والتي تتواجد أصلاً داخل المخلفات العضوية، ولا يوجد حاجة لإضافتها، وتحت ظروف هوائية حيث يتم التحكم فيها بعناية،كما تشمل مراحل التحضير الهضم تحت ظروف لاهوائية.ويجب أن يكون المنتج النهائي قد تعرض أثناء التحلل للتسخين المستمر وتحت درجة حرارة لا تقل عن 55م ولمدة لا تقل على أسبوع واحد من أجل التخلص من كافة أشكال الجراثيم المرضية.

أ – كمبوست النفايات الخضراء:

ويقصد به الكمبوست الذي تتكون مادته الخام بشكل أساسي من مواد عضوية قابلة للتحلل الحيوي مثل قصاصات الحدائق (مخلفات التقليم مثلا) ونفايات أسواق الخضار والفواكه والمطاعم ومراكز تصنيع الأغذية.

وينشر كمبوست النفايات الخضراء على جميع الأراضي الزراعية دون استثناء، وتمنح له المرتبة أو الدرجة (1) عندما تتوفر فيه الشروط التالية:

- أن يكون المنتج حر الإنسياب ولونه بني مائل للسواد، كما يجب أن يمر 95 % منه على الأقل من خلال منخل قياس قطر فتحاته 12 مم.
- أن لا تكون له رائحة كريهة.
- أن لا يحتوي على عوامل مسببة لسمية النبات، والتي قد تسبب تثبيط لإنبات البذور أو إتلاف للنباتات النامية.
- لا يحتوي على بذور الحشائش أو أجزاء نباتية في حالة قابلة للنمو.
- أن لا يقل محتوى المادة العضوية به عن 35 % من كتلته ونسبة الكربون إلى النيتروجين لا تزيد عن 25: 1.
- لا يقل رقمه الهيدروجيني عن 5.0 ولا يزيد عن 8.
- لا يزيد محتوى الرطوبة بالمنتج عن 35% وزنا.
- لا يزيد محتواه من العناصر الثقيلة الملوثة عن المستويات المذكورة في الجدول (1).

جدول (1) الحدود القصوى لمحتوى العناصر الثقيلة الملوثة

لكمبوست الدرجة (1) والدرجة (2) بالجزء بالمليون

العنصر	الحدود القصوى (جزء بالمليون)		العنصر	الحدود القصوى(جزء بالمليون	
	درجة (1)	درجة(2)		درجة(1)	درجة(2)
الزرنيخ	15	25	الرصاص	120	150
الكادميوم	3	5	الزئبق	1.5	3
الكروم	100	150	النيكل	50	70
النحاس	150	250	الزنك	350	500

ويمكن للكمبوست المنتج من النفايات الخضراء، ولا تتوفر فيها متطلبات الدرجة (1) أن يصنف على أساس الدرجة الثانية وفقاً لمعطيات الجدول (1). ويجب أن يتوفر في كمبوست الدرجة (2) ما يلي:

1- أن يكون خالياً من العوامل المسببة لسمية النبات.

2- أن لا تزيد تراكيز العناصر الثقيلة الملوثة عن المذكرة في الجدول رقم (1).

والتي تخص كمبوست الدرجة (2)

ويصنف المنتج الذي يزيد محتواه من أي من العناصر الثقيلة عن الحد الأقصى المبين للمنتج من الدرجة (2)، ويماثل متطلبات الدرجة (2) الأخرى كمبوست الدرجة (3)، والذي يمكن إضافته على الأراضي الزراعية عند توفر المراقبة الدقيقة لإمكانية تراكم هذه العناصر ووصولها إلى المستويات السامة أو الضارة.

ب- الخليط المخمر (الكمبوست)المصنع من قمامة المدن:

تشكل القمامة إحدى أهم المشاكل في الأقطار العربية، وتتم معالجتها بطرائق مختلفة للتقليل أو إنهاء آثارها الضارة على البيئة. حيث تساهم الغازات المنطلقة عند تخمرها في الهواء إلى تلوث البيئة، وتسرب المياه الناتجة عن تجمعات القمامة إلى الماء الأرضي بالإضافة إلى انتشار الحشرات والقوارض الأمر الذي يشكل خطراً على الصحة العامة.

وتتمحور الأبحاث والدراسات النشيطة في مجال معالجة القمامة إلى مراعاة المقاييس العالمية بالدرجة الأولى عند معالجة تلك الفضلات بغرض الوصول بها إلى حالة الاستقرار (أي تصبح الفضلات مستقرة لا ينتج عنها أي نوع من أنواع الغازات تحت الشروط المختلفة من الحرارة والرطوبة)، ومن ثم يتم طمرها أو حرقها، ويمكن فصل مكوناتها الرئيسية (معادن، ورق، بلاستيك

وزجاج، ليتم العمل على إعادة تدويرها بشكل آمن بيئياً والاستفادة منها في مجالات مختلفة، وتعالج القمامة عادة بإحدى الطرائق التالية:

أ - الطمر ب - الحرق ج - المعالجة الحيوية

تمنع طريقة الطمر والحرق من إمكانية الاستفادة من المخلفات العضوية كمصلحات عضوية تضاف إلى الأرض بهدف تحقيق العديد من الفوائد لاسيما وأن أغلب الأراضي الزراعية في المنطقة العربية تعاني من الانخفاض الشديد لنسبة المادة العضوية في التربة، كما ينتج عن طريقتي الحرق والطمر العديد من المخاطر البيئية بينما يتم إنتاج الأسمدة العضوية الصناعية بظروف من التخمر الهوائي، أو التخمر اللاهوائي أو باتباع النظامين من أجل تخمير المخلفات العضوية، ويمكن أن يضاف بعض المركبات المعدنية أو العضوية لمساعدة الكائنات الحية الدقيقة وتنشيطها للقيام بوظيفتها في تحلل المادة العضوية وإنتاج المركبات الدبالية.

ويقصد بكمبوست القمامة: الناتج النهائي للقمامة التي ترحل يومياً من المدن والتجمعات السكنية حفاظا على الصحة العامة بعد أن تعامل منفردة أو مندمجة (مع الرواسب الناتجة عن تنقية المياه المستعملة في التجمعات السكنية والمصانع) بطرائق معينة بعد إزالة المواد القابلة للتفسخ، وتتم عملية التخمر بظروف متحكم بها حيث تعطي تلك المخلفات العضوية بعد تمام نضجها كتلة عضوية متجانسة في القوام واللون، وتتمتع بخواص فيزيائية وكيميائية وحيوية جيدة تصلح لجميع مجالات الزراعة النباتية، ويوجد في سوريا حالياً أربعة معامل لإنتاج الكمبوست في كل من حلب واللاذقية وحماه ودمشق، و تتوقف كمية القمامة التي يطرحها الفرد على النمط الغذائي للفرد وعلى تطور نظام حياته.

ويتم تحويل القمامة إلى كمبوست بعد إخضاعها إلى عدة معاملات مختلفة تختلف باختلاف نظم العمل المعد لهذا الغرض:

- يتم عادة وصول القمامة إلى حفر الاستقبال حيث تعالج معالجة ميكانيكية أولية تهدف إلى استبعاد الأجزاء الخشنة والشاذة (كإطارات السيارات ومحركات الغسالات أو البرادات أو الأثاث المنزلي ...إلخ.
- يتم فرز القمامة وتصنيف مكوناتها الرئيسة عند توفر الإمكانيات الضرورية من أجل إعادة تدويرها والاستفادة من بعض مكوناتها (كالمعادن، الورق، والزجاج...).
- تقطع القمامة وتفتت وتغربل ثم تؤخذ الأجزاء المارة عبر ثقوب الغرابيل لتوضع في أكوام متطاولة في ساحة التخمير وبارتفاع يتراوح ما بين (2-5م)، ويتم تهوية الأكوام إما عن طريق تقليب الكومة أو عن طريق حقن الهواء بطرائق خاصة إلى داخل كومة السماد. وتستمر المرحلة الأولى من التخمير ما بين (8-10 أيام) حيث يكون التخمر سريعاً ثم يتباطأ تدريجياً حتى مرحلة النضج التي

تتراوح ما بين (3 إلى 4 أشهر). ويفضل عند تصنيع القمامة بهذه الطريقة إعادة طحن الكمبوست وغربلته مجدداً للتخلص من قطع الزجاج والمواد الأخرى المتبقية بعد إنتهاء فترة التحضير وقبل استخدام الكمبوست في تسميد الأراضي الزراعية.

- كما يمكن تحويل القمامة بالتسارع إلى كمبوست حيث تدخل القمامة في هذا النوع من المعامل بعد إزالة المواد المعدنية والغريبة (كالزجاج والبلاستيك) إلى اسطوانة دوراة يتراوح طولها ما بين 20-30م وقطرها ما بين 3-4م، وتترك القمامة داخل الاسطوانة من 36 إلى 72 ساعة بهدف تمام مزجها وتجانسها كما يتم حقن الهواء والرطوبة داخل الاسطوانة من أجل تشجيع عمل الأحياء الدقيقة ودفع عملية التخمر، ثم تفرغ القمامة بعد إنتهاء التخمر على غربال أبعاد فتحاته تتراوح ما بين 20-25مم لفرز الجزء الناعم عن الجزء الخشن حيث يؤخذ الجزء الناعم ليوضع بصورة أكوام متطاولة تترك حتى تنتهي عمليات التخمر التي تستغرق ما يعادل شهرين، ويستبعد الجزء الخشن وغير قابل للتخمر بعملية الحرق أو الطحن.

ويمكن نثر كمبوست القمامة المفرد أو المندمج مع رواسب تنقية المياه الملوثة بعد وصوله إلى مرحلة النضج إذا توفرت فيه الشروط المذكورة في كمبوست النفايات الخضراء والمذكورة سابقاً، كما يجب ان لا تزيد نسبة احتوائه على القطع المعدنية والزجاجية (المواد الخام) عن 1% من وزنه. ويصنف المنتج الذي لا يفي بمتطلبات الدرجة (1) على أساس أنه من الدرجة (2) بعد استيفاء المتطلبات المذكورة في الجدول (1). أما المنتج الذي يزيد احتوائه من أي من العناصر الثقيلة عن الحد الأقصى الموضح للمنتج من الدرجة (2) ويماثل متطلبات الدرجة (2) يصنف على أساس الدرجة (3). ويمكن استخدامه في الأغراض الزراعية مع المراقبة المستمرة لإمكانية تلوث التربة بالعناصر الثقيلة.

ج- كمبوست رواسب الصرف الصحي:

أدت محدودية الموارد المائية في الأقطار العربية، وعدم انتظام توزعها وتنامي الطلب عليها نتيجة معدلات التزايد السكاني المرتفعة وارتفاع وتيرة التنمية الاجتماعية والإقتصادية إلى ظهور دلائل العجز المائي والذي تجلى في استثمار مكثف للمياه الجوفية، وتردي نوعية المياه لبعض الأحواض المائية، وعلى الرغم من تنفيذ العديد من المشاريع المائية لخزن المياه، ووضع الخطط الاستثمارية لكامل المياه التقليدية المتاحة والعمل على الاستخدام الأمثل لهذه المياه من حيث ترشيد الاستهلاك وإدخال تقانات حديثة وإجراء البحوث عليها فإن وضع المياه التقليدية يبقى عاجزاً عن تلبية الاحتياجات المتنامية في المستقبل، وعليه فان إيجاد البدائل لزيادة الموارد المائية يتوجب الاستقصاء والتحري ضمن خطة تطوير الموارد المائية غير التقليدية ومنها معالجة المياه العادمة التي يمكن استخدامها كجزء لا يتجزأ من الاستراتيجية المائية في خدمة الأغراض المختلفة والحد من تلوث مياه الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية ومياه الصرف الصحي بالعديد من الملوثات مثل المنتجات البترولية وفضلات المعامل الكيميائية

ومركبات التنظيف ومبيدات الأعشاب والحشرات وبعض الفضلات العضوية، وتعتبر المخلفات البترولية من أخطر الملوثات للمياه بسبب بقائها بقعا سابحة على السطح لا تستطيع الأحياء الدقيقة من تحليلها أو تخزينها كما أنها تمنع النور والهواء من ملامسة سطح الماء وبالتالي تمنع التبادل الغازي، ويصبح الماء غير صالح للاستعمال بسبب تلف الكائنات الحية الدقيقة، والتي تلعب دوراً هاماً في تأثير الأوكسجين والآزوت على الحياة المائية، كما يعتبر الماء حاملاً وناقلاً للجراثيم والطفيليات الممرضة مثل الضمات الهضمية وأكياس الزحار والبلهارسيا والديدان والعصيات التيفية والفيروسات وخاصة فيروس التهاب الكبد.

يتبين مما سبق أهمية معالجة المياه العادمة قبل السماح بتصريفها في الطبيعة نظراً للآثار السلبية على البيئة، وتعتبر طريقة تصفية المياه العادمة بالرشح عبر الكتل الرملية من الطرائق الهامة والفعالة وقليلة التكاليف في الحصول على مياه مصفاة تصل إلى 90% تقريباً. ولقد خطت دول عربية عديدة خطوات كبيرة للاستفادة من المياه العادمة فأقامت محطات التنقية المتعددة الأغراض حيث مثلاً نفذت في المغرب بمنطقة أغادير تجربة هامة لإقامة محطة تصفية المياه العادمة بالرشح عبر الكتل الرشحية، والتي تعتمد على الاستفادة من النشاط الحيوي للاحياء الدقيقة الموجودة في زيادة فعالية عمليات التنقية والتخلص من الملوثات المختلفة بهدف إعادة استخدام المياه المعالجة ثانية ومنع تلوث المنطقة وإعادة الحياة الطبيعية فيها. كما ينتج عن محطات معالجة المياه المختلفة مجموعة من الرواسب أو الوحل كناتج ثانوي يترسب في قاع أحواض الترسيب، وتستخدم حمأة الصرف الصحي في تخصيب الترب الزراعية منذ زمن بعيد، وهناك العديد من المؤسسات الصناعية التي تبحث عن أفضل الطرائق الناجحة والسريعة في تخمير هذه الرواسب

وإنضاجها بقصد الحصول على مواد ذات قيمة غذائية عالية تقدم للتربة تراكيز جيدة من العناصر المعدنية وبصورة ميسرة للنبات إضافة إلى المادة العضوية التي تؤدي إلى تحسين خواص التربة المختلفة. (الشاطر 1987).

وتختلف كمية المادة العضوية في رواسب المياه العادمة باختلاف فصول السنة فهي عالية في فصل الصيف ومنخفضة في فصل الشتاء، وتقدر كمية المادة العضوية القابلة للتخمر في الرواسب بحدود 10%، وتخمر الرواسب عادة بوضعها في أكوام كبيرة تغطى بالتراب، وتترك للتخمر الحيوي خلال مدة تتراوح ما بين 3 إلى 4 أشهر، كما يمكن إضافة رواسب المياه العادمة إلى القمامة الطازجة فتزيد من كميتها وتحسن من نوعيتها.ويتكون كمبوست رواسب الصرف الصحي من الرواسب الناعمة النسيج التي تتجمع في أحواض معالجة الصرف الصحي الذي ينتج من الأحياء السكنية، ولا يسمح عادة بنشر كمبوست رواسب الصرف الصحي على المحاصيل الزراعية التي تلتهم دون

طبـــــخ (مثل مكونات السلطة الخضراء)، ويجب أن يتوفر في كمبوست رواسب المياه العادمة لكي يسمح بإضافته للأراضي الزراعية ما يلي:

- يجب أن تتوفر جميع المتطلبات المذكورة في كمبوست النفايات الخضراء، والتي ذكرت سابقاً.
- يجب أن لايزيد محتواه من بكتريا الكوليفورم عن 1000 خلية أو 3 خلايا من بكتريا الســـــالمونيلا للغرام من المادة الجافة.
- يجب أن لا يزيد محتواه من العناصر الثقيلة عن القيم المذكورة في الجدول (2)

جدول (2) الحدود القصوى لمحتوى العناصر الثقيلة الملوثة في كمبوست رواسب الصرف الصحي (جزء بالمليون)

العنصر	القيمة	العنصر	القيمة
الكادميوم	20	الرصاص	800
الكروم	1000	السلنيوم	100
النحاس	1000	الزنك	3000
الزئبق	20	الكروم+ النحاس	4000
النيكل	200	+ النيكل + الزنك	

لا يسمح باضافة كمبوست رواسب الصرف الصحي للأراضي التي يكون مســـتوى العنـــاصر الثقيلة يزيد عن القيم المبينة في الجدول (3).

جدول (3) الحدود القصوى لمحتوى العناصر الثقيلة في الأراضي التي لا يسمح باضافة كمبوست رواسب الصرف الصحي لها (جزء بالمليون)*

العنصر	محتواه في التربة	العنصر	محتواه في التربة
النيكل	50	الكادميوم	2
الرصاص	100	الكروم	150
السلنيوم	10	النحاس	100
الزنك	300	الزئبق	1

- المحتوى الكلي للعنصر المستخلص من التربة بالطرائق المتعددة في مراجع علوم التربة.

ولا يسمح بأية حالة من الأحوال إضافة الكمبوست الذي لا يفي بمتطلبات محتواه من العناصر الثقيلة والميكروبات المسببة للمرض للأراضي الزراعية بما في ذلك أراضي المراعي والحدائق والملاعب المستخدمة لغرض الترفيه.

هذا وقد ركزت معظم الدراسات العلمية على أمرين في غاية الأهمية، وهما استخدام الفضلات العضوية بمصادرها المختلفة (قمامة، فضلات مصانع، فضلات الصرف الصحي .....) لتحسين الصفات الفيزيائية والكيميا حيوية للترب. واستخدام المياه العادمة بعد تنقيتها لسد النقص الحاصل والحاجة المتزايدة لمياه الري لضمان الاستثمار المستمر لأنواع الأراضي. كما ركزت ندوة استصلاح الأراضي الرملية (زيدان 1998)على استخدام قمامة المدن وفضلات المصانع والصرف الصحي السائلة والصلبة كونها مصادر رخيصة للمواد العضوية ولمياه الري بالمقارنة مع المصادر الأخرى، ومن المعروف أن هذه المصادر الرخيصة تشكل سبباً من أسباب التلوث البيئي، وترى معظم دول العالم ضرورة التخلص منها، وتنصح السلطات البيئية باستخدامها في الإنتاج الزراعي بعد معالجتها للتخلص أو التقليل من عناصرها الضارة. وترى أن هذا الخيار يحقق الهدف البيئي والهدف الإقتصادي بآن واحد.

د- تقانة إنتاج السماد البلدي الطازج والمتخمر:

تؤلف هذه التقانة بديلا قويماً وإقتصادياً للإستفادة من المخلفات الزراعية وتحويلها إلى أسمدة عضوية ذات تركيب كيميائي مختلف تبعاً لنوع الحيوانات وعمرها ونظام تغذيتها والفرشة المستخدمة في امتصاص المواد السائلة التي تطرحها الحيوانات.

ويتألف السماد البلدي الطازج من العلف الحيواني الذي تعرض خلال عملية الهضم (من قبل حيوانات المزرعة) إلى تحلل جزئي أو كلي سواءً بعمليات الهضم أو بواسطة عمل البكتريا وبهذا يكون السماد البلدي الطازج مؤلفاً من مواد نباتية متحللة كلياً أو جزئياً ممزوجة بالقش المستخدم كفرشة في مراقد الحيوانات والمبلل بالمفرزات السائلة مع أنواع متعددة من البكتريا والكائنات الحية الدقيقة، ويضاف السماد البلدي الطازج أو المتخمر جزئياً إلى الترب الطينية والثقيلة بغرض زيادة كمية المواد الخشنة فيها خلال فصل الخريف (الذي يعتبر أفضل موعد لإضافة الأسمدة البلدية غير الناضجة من أجل إتاحة الفرصة لتحلله في التربة قبل الزراعة).

ومما يؤخذ على التسميد في فصل الخريف أن الشتاء القادم سوف يعمل على تشجيع عمليات عكسي النترجة Denitrfication والغسل، وفي جميع الأحوال يجب طمر السماد مباشرة في التربة لمنع فقد الأمونيا وخاصة في المناطق كثيرة الرياح والمشمسة، وتتم عملية خلط السماد البلدي مع التربة بواسطة محاريث قرصية بعد نثره.

أما السماد البلدي المتخمر فيتألف من العلف الحيواني الذي تعرض خلال عملية الهضم (من قبل حيوانات المزرعة)إلى تحلل جزئي أو كلي سواءً بعمليات الهضم أو بواسطة عمل البكتريا وممزوجاً بالقش المستخدم كفرشة في مراقد الحيوانات والمبلل بالمفرزات السائلة مع أنواع متعددة من البكتريا والكائنات الحية الدقيقة ويحدث للسماد البلدي تغيرات مختلفة أثناء مراحل تحضيره تتمثل بتغيرات سريعة ناشئة عن بكتريا هوائية يرافقها إنتشار كميات كبيرة من الحرارة، وتتحرر العناصر المعدنية الداخلة في تركيب المادة العضوية أثناء تخمر المواد الكربوهيدراتية والآزوتية وتصبح بأشكال قابلة لإفادة النبات فالفوسفور والبوتاس الناتج عن تحلل (تفسخ) المادة العضوية المهيأة بشكل جيد نجدهما بأشكال كيميائية تفوق في جودتها ما هو موجود في الأسمدة الكيميائية (الشاطر والقصيبي، 1997).

ومن العرف أن هناك جزءاً من الآزوت يفقد عن طريق الرشح أو التطاير، ولتحسين كمية الآزوت في السماد البلدي، يفضل دائماً. جمع السوائل الناتجة عن كومة السماد واستعمالها في ترطيب الكومة من وقت إلى آخر.

وفي جميع الحالات يراعى عند تحضير السماد البلدي اتخاذ الاحتياطات الضرورية للإقلال من فقد المواد السمادية، ويتم ذلك بوضع السماد الطازج في أكوام متراصة جيداً ورطبة غير مبللة، وتغطيتها بالقش أو التراب، كما يفضل عدم تقليب الكومة السمادية، وأن توضع فوق قاعدة إسمنتية غير نفوذة للحد من رشح السوائل داخل التربة، ويفضل أن يكون سطح الكومات السمادية وجوانبها قائمة، بعيدة عن المواقع التي تجري فيها المياه السطحية.ويحتوي السماد البلدي (الأسطبل) على جميع العناصر الأساسية لتغذية النبات . ويبقى السماد البلدي المتخمر أغنى بالمواد الغذائية من السماد الطازج، ويعود ذلك إلى التركيز الناتج عن إنكماش الكتلة السمادية وإنخفاض وزنها بما يعادل 50 % . وتضاف عادة بعض المواد الكيميائية أو الطبيعية إلى السماد البلدي للإقلال من فقد الآزوت، ويتجلى دور المواد الحافظة في منع التحلل الحيوي لليوريا $(NH_2)_2CO$ والمركبات الآزوتية الأخرى، وتقوم المواد الحافظة بتحويل المركبات القابلة للتطاير أو الفقد على شكل غاز إلى أملاح تبقى في السماد، وقد يستعمل لهذا الغرض بعض الأحماض مثل حمض الفوسفور أو حمض الكبريت أو حمض كلور الماء أو بعض أملاح هذه الأحماض مثل نيترات الكالسيوم أو كبريتات الكالسيوم.

ويوجد العديد من الطرائق لحفظ السماد البلدي وتحضيره، وسنكتفي بتعداد هذه الطرائق دون الخوض في تفصيلها:

1- تخزين السماد وتحضيره داخل الإسطبل.

2- النقل المباشر إلى الحقل.

3- تخزين السماد داخل هنكارات التربية أو الزرائب أو التصوينات غير المسقوفة حيث تترك الحيوانات لتسير بحرية فوق السماد وتضغطه في طبقة متراصة.

4- تحضير السماد البلدي وحفظه في أكوام خارج الإسطبل.

5- تحضير السماد البلدي حسب نظام (Bihu) أو التخمر الميتاني.

6- تحضير السماد البلدي وحفظه بالتجفيف.

يتوقف العمق الذي يضاف إليه السماد البلدي في التربة على نوع التربة المراد إضافة السماد إليها حيث يطمر السماد البلدي لعمق أقل في الأرض الثقيلة والرطبة مقارنة للترب الخفيفة ذات البناء الجيد، كما يجب عدم المبالغة في طمر السماد لأن زيادة العمق تمنع النترجة وخاصة في الترب الثقيلة ويضاف السماد البلدي عند الرغبة في زراعة النباتات الجذرية والدرنية على عمق أكبر مما هو عليه عند زراعة المحاصيل العادية ويفضل عادة إضافة السماد البلدي والمتخمر إلى الترب الكلسية والرملية بقصد رفع السعة التبادلية الكاتونية لهذه الأراضي والمحافظة على العناصر المعدنية وعدم فقدها إلى الأسفل بالرشح مع مياه الري في حين تضاف الأسمدة العضوية الطازجة أو المتخمرة جزئياً إلى الترب الطينية والثقيلة بهدف زيادة كمية المواد الخشنة فيها.

هـ- تقانة إنتاج السماد العضوي المتخلف عن إنتاج الغاز الحيوي، ومقارنة خصائصه مع الأسمدة العضوية:

تؤلف تقانة إنتاج الغاز الحيوي أحد البدائل المجدية إقتصادياً وبيئياً لطمر أو حرق المخلفات النباتية أو الحيوانية أو البشرية (جدول 4)، وتعطي هذه التقانة الحيوية طاقة نظيفة ورخيصة الكلفة ومتجددة ،ويتخلف عنها أيضاً سماد عضوي طبيعي غني بالعناصر الخصوبية (العناصر الكبرى والعناصر الصغرى) والعديد من المركبات المنشطة للنمو النباتي وأحياء التربة، ويخلو من المسببات المرضية والآفات الحشرية وبذور الأعشاب الضارة).

يماثل تركيب البيوغاز تركيب الغاز الطبيعي (الأحفوري)، ويحتوي البيوغاز على كل من الميتان (CH_4) والذي يبلغ 40-70% من مكوناته، ونسبة ضئيلة من الهيدروجين 1-4% إضافة إلى وجود أول أوكسيد الكربون CO وثاني أوكسيد الكربون CO_2 وبخار الماء، ويتوقف معدل إنتاج الغاز على نوعية وطبيعة المخلفات العضوية المتخمرة حيث أن نسبة الليغنين (الخشبين) في المخلفات النباتية تخفض معدل إنتاج الغاز الحيوي نظراً لبطء تحللها مقارنة بالسيللوز أو الهيميسيللوز، كما تؤثر أيضاً درجة حرارة وسط التخمر وزمن مكوث المخلفات في المخمر. يوجد العديد من نماذج المخمرات اللاهوائية لإنتاج الغاز الحيوي أهمها النموذج الهندي والصيني اللذان يتشابهان في مبدأ عملهما ولكنهما يختلفان في مواد بنائهما.

جدول (4) أهم المواد العضوية المستخدمة لإنتاج البيوغاز

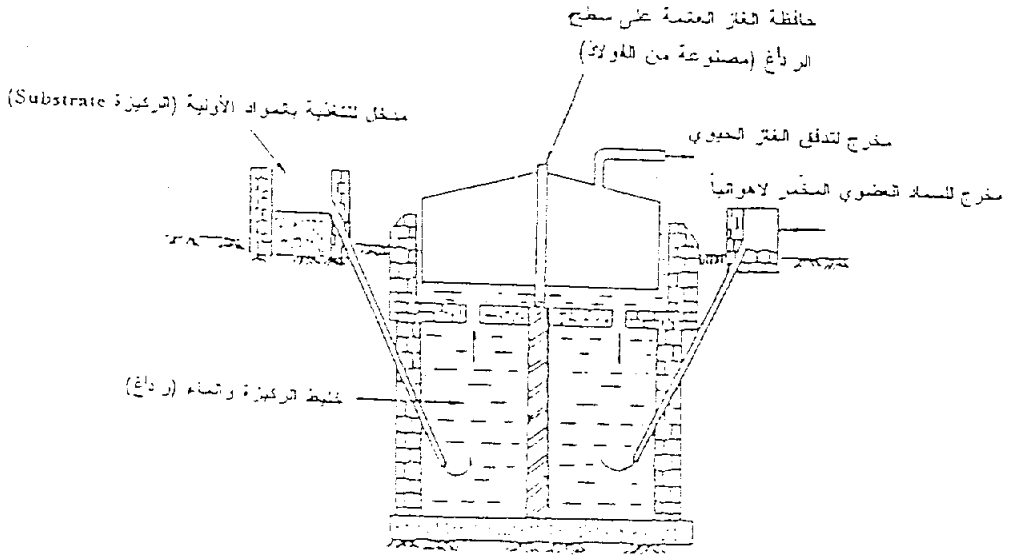
نـــــــــــــــوع المخلفات	
زراعية	قشر المحاصيل الحبية (قمح، شعير وشوفان...إلخ) مخلفات محاصيل الذرة الصفـــراء، الشوندر السكري...إلخ الأعشاب الضارة، مخلفـــات التقليـــم المطحونـــة، لحـــاء الأشجار.
حيوانية	روث الأغنام والأبقار مع الفرشة، زرق الدواجن ومخلفاتها، مخلفات المسالخ (بقايـــا الأحشاء والدم...، مخلفات المسامك.
بشرية	غائط وبول، قمامة المدن السكنية.
مخلفات عصـير الفواكـــــه والصناعـــات الغذائية	بقايا عصير الفواكه (العنب الحمضيات، التفاح والجزر...) مخلفات تصنيع الخضـار وحفظها (البندورة، البازلاء إلخ) تفل كسبة القطن بعد عصرها، بقايا التبغ وبـــذور مخلفات الشاي، مخلفات صناعة السكر والصناعات القطنية والنسيجية.

حيث يبنى النموذج الصيني من الحجارة أو الطوب، وتغطى جدرانه الداخلية بطبقة من الإسمنت لمنع التسرب. ويتألف من قبة وقاعدة على شكل نصف كرة وتغطى القبة بغطاء محكـــم بـــه فتحـــة وأنبوب لتدفق الغاز الذي يتجمع تحت غطاء القبة ومع تقدم عملية التخمر اللاهوائية وتحرير الغـــاز الحيوي يرتفع ضغط الغاز الذي يدفع بسطح السائل المتخمر صعوداً عبر فتحتي الدخـــول والخـــروج وبمقدار يوازي ضغط الغاز المتحرر نفسه.أما النموذج الهندي فيشاد تحت الأرض بشكل إسطواني مـــع حاجز إسمنتي في الوسط يخترقه زند معدني مصمت ينـــزلق ضمن أنبوب مفرغ في وسط قبة معدنيـــة حافظة يمكن لها أن ترتفع أو تنخفض تبعاً لارتفاع ضغط الغاز أو إنخفاضه تحتـــها ويـــزود المخمـــر بحوضين فوق سطح الأرض حيث يؤلف الأول مدخلاً للمادة الأولية التي ستخمر وحجرة لخلطها مـــع الماء أما الحوض الثاني فيكون في مستوى أخفض من الأول ويؤلف مخرج المادة العضويـــة المتخمـــرة المتخلفة عن عملية التخمر اللاهوائية، ويتصل الحوضان بجسم المخمر بواسطة أنبوب قطـــرة 15.24 سم، و يوضع بشكل مائل الشكل (2) وقد تم تشييد نموذج هندي مصغر في مزرعة كلية الزراعـــة بخرابو /البلخي.2001/وتحقق تقانة إنتاج الغاز الحيوي الفوائد التالية:

1- توليد مصدر طاقي نظيف ومتجدد.
2- إنتاج سماد عضوي متميز خال من الروائح وبذور الأعشاب ومســـببات الآفـــات المرضيـــة والحشرية.

3- المحافظة على نظافة البيئة الريفية والصحة العامة وجمالية الطبيعة العامة في الريف.

4- تأمين مصدر إضافي للعائلة الريفية أو تحقيق نوع من الاستعمال ، وتدوير الفضلات المختلفة بظروف آمنة بيئياً.



الشكل (2) أجزاء المخمر

سماد الغاز الحيوي:

تقوم الأحياء الدقيقة اللاهوائية مثل جنسي(Methanosarcina .Methanobacteria) بالتخمر الميتاني الذي يفضي إلى إنطلاق غازي الميتان وثاني أو كسيد الكربون.

$$CH_3CO_2H \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

ويتخلف عن هذا التخمر سماد عضوي يضاهي الأسمدة المحضرة هوائياً كالسماد البلدي أو كمبوست القمامة ، ويتفوق عليهما بخلوه من الجراثيم المرضية والحشرات وبيوضها وبذور الأعشاب والطفليات النباتية وبين الجدول (5) تركيب سماد البيوغاز ومقارنته مع بعض الأسمدة العضوية الشائعة في سورية كما يتصف سماد البيوغاز بكونه عديم الرائحة مما يسهل استعماله قريباً في دور السكن والحدائق العامة والمنزلية.

الجدول (5) مقارنة مكونات سماد البيوغاز مع بعض الأسمدة العضوية المستخدمة في سوريا

نوع المادة العضوية الجافة هوائيا	بعد التخمر (يوم)	C%	N%	P%	K%	C/N	رماد %
السماد المتخلف عن الغاز الحيوي	25	33.41	2.50	0.660	1033	13.3	32.1
سماد المزرعة/زبل/	90	32.15	2.55	0.572	1.30	12.6	26.9
كمبوست القمامة	42	24.9	1.36	0.208	0.66	17.8	65.41

ولقد أوضحت الدراسة التي قام بها (البلخي 2001) تفوق معاملة سماد البيوغاز في زيادة إنتاجية القمح عند مقارنته بالمعادلة التي أضيف إليها السماد البلدي أو كمبوست القمامة ،كما تعرضت تلك الدراسة أيضاً للعديد من العوامل المتعلقة بأثر تلك المخلفات على خواص التربة الكيميائية والخصوبية.

ثانيا– الإستفادة من التقانات الحيوية في تحسين خواص التربة الخصوبية والكيماحيوية:

إتجهت الأنظار منذ نهاية القرن الماضي نحو استخدام بعض الأحياء الدقيقة التي تعيش في التربة كوسيلة لتحسين خصوبة التربة وتزويد النباتات بإحتياجاتها من العناصر الغذائية المختلفة (Hussin et al 1996)ويقصد بمصطلح الأسمدة الحيوية مختلف الأشكال التي تتضمن إضافة الأحياء الدقيقة أو مفرزاتها المحضرة سابقاً بصورة مستخلصات أو معلقات.....كما يمكنها أن تمد أو تساهم في تزويد النباتات المزروعة بعنصر أو اكثر من العناصر المعدنية الهامة لتغذية النبات،وقد تبين أن لهذه الأسمدة دوراً هاماً في تحسين النمو النباتي وزيادة إنتاجيته (Gaur.1985).

يؤدي التوسع والتركيز على استخدام التقانات الزراعية المتطورة إلى زيادة الإنتاج وتحسين نوعيته، ويقلل من الآثار السلبية المترتبة عن سوء الإستخدام وضمن هذا الإطار تعتبر تقنية استخدام

المخصبات الحيوية من أهم التقانات الزراعية المتطورة من خلال الاستخدام الآمن والمتكامل للأسمدة الكيميائية (المعدنية) والحيوية (الميكروبية والعضوية).

لقد أصبح واضحاً أن الأفراط في استخدام الأسمدة المعدنية نتيجة التشجيع لدعم المدخلات الزراعية في كثير من الأقطار العربية دون حساب للإحتياج الفعلي من الأسمدة المعدنية قد فرز الكثير من الآثار السلبية وأيضاً نتج عن برامج الإصلاح الإقتصادي في العديد من الأقطار العربية بتحديد أسعار الأسمدة وبالتالي رفع أسعارها مما أدى إلى عجز صغار المزارعين عن استخدامها في الزراعة بسبب عدم توفر مصادر التمويل الذاتي،مما له أثر واضح في تدني الإنتاجية وإنعكاس ذلك على الحياة الإقتصادية والاجتماعية للريف.

وبناء على ما تقدم برز مفهوم التسميد المتكامل وهو الجمع بين التسميد الكيميائي والتسميد الحيوي سواءً كان عضوياً أو ميكروبياً بهدف المحافظة على خصوبة التربة خاصة، وأن معظم أراضي الأقطار العربية تقع في مناطق جافة أو شبه جافة ، وتتميز بقلوية عالية(درجة تركيز الأيون الهيدروجيني أكبر من 8.5 في أغلب الحالات)بجانب إفتقارها للمادة العضوية والنشاط الحيوي واللذين يمثلان أحد المكونات الرئيسية في منظومة التربة الثلاثية (الفيزياء –كيمياء حيوية)، وتلعب الأسمدة الحيوية الميكروبية دوراً هاماً في تثبيت النتروجين الجوي تكافلياً (Symbiotic) مع المحاصيل البقولية ولا تكافلياً (Non- Symbiotic) مع المحاصيل غير البقولية وأيضاً تيسر وإذابة الفوسفور بكتيريا وفطريا ويتواصل جهد الجامعات والمراكز البحثية والمنظمات العربية في وضع البرامج الملائمة لنشر استخدام المخصبات الحيوية للحد من تلوث البيئة بالكيماويات الزراعية ، وأن استخدام المواد العضوية وتثبيت النتروجين وتيسير وتذويب الفوسفور حيوياً لتحسين خصوبة التربة وإنتاجيتها من أهم القضايا التي اهتمت بها الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO) وهيئة التنمية الدولية السويدية(S I DA) منذ عام 1982 ، وقد تم عقد العديد من الندوات لتطوير واستخدام ونشر المعلومات المتاحة عن إنتاج الأسمدة الحيوية (الميكروبية والعضوية) والتي أصبحت ضرورة للغاية بعد موجة الجفاف الشديد الذي أصاب كثيراً من بلدان العالم ولاحتواء مشكلة تدهور الأراضي Land Degradation وتهدف هذه الدراسة إلى إستعراض شامل لإنواع التنوع الميكروبي المفيد للزراعة، وتوفير المعلومات الأساسية عن خصائص إنتاج واستخدام الأسمدة الميكروبية في الزراعة بهدف تحسين خصوبة التربة وإدارتها في النظم البيئية على أسس مستدامة، وبما يتفق مع مقررات قمتي الأرض في البرازيل عام 1992 ونيويورك عام 1997 بضرورة ربط التنمية بالبيئة.

تعتبر الأسمدة الحيوية الميكروبية مصادر غذائية للنبات رخيصة الثمن جداً إذا ما قورنت بالأسمدة المعدنية، وتنتج الأسمدة الحيوية والكائنات المجهرية باختيار الميكروب المناسب وإكثاره في مزارع

ملائمة ثم نقل النمو إلى حامل مناسب حيث يحفظ تحت ظروف مناسبة لحين استعماله كلقاح للبذور أو التربة. ومن أمثلة الأسمدة الحيوية الميكروبية ذات الأهمية الزراعية والإقتصادية الكبيرة:

أ - لقاحات الريزوبيوم للبقوليات، والتي بدأ تسويقها منذ سنوات طويلة على نطاق تجاري في بلاد عديدة، وأصبحت مؤخراً تستعمل كلقاحات للتربة والبذور في أغلب بلدان العالم.

ب - المنتج المسمى Azotobacterin المحتوي على A.chroococcum الذي يضاف للتربة ليمد النبات باحتياجه من الآزوت خلال تثبيته الآزوت تكفالياً.

ج - استخدم ميكروب الآزوسبير يللام كلقاح لبذور النجيليات وكمثبت لآزوت الهواء الجوي خاصة في الدول النامية نظراً لصعوبة الحصول على ما يكفي من الأسمدة الآزوتية المعدنية.

د- أتاح التقدم العلمي في البحوث الخاصة بالفرانكيا كمثبت للآزوت في غير البقوليات إلى إنتشار هذه الكائنات كلقاحات بالأراضي المختلفة لزيادة إنتاجيتها.

هـ تساهم الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للآزوت في إمداد نبات الرز بجزء كبير من إحتياجاته الآزوتية إضافة إلى ما تفرزه من مواد منشطة للنمو لذا أصبح إنتاج لقاحات من الطحالب الخضراء المزرقة تجارياً في كثير من بلدان العالم مثل الهند والصين من أجل استخدام اللقاحات المنتجة في الأراضي المزروعة بالرز .

و- تأكد في السنوات الأخيرة دور الآزولا في مزارع الرز من حيث تثبيتها الآزوت وكسماد عضوي للتربة. وتنمى الآزولا (نباتات سرخية) في مزارع مائية مناسبة لاستخدامها كلقاح في مزارع الرز كما يمكن تنميتها في مزارع الرز بعد إجراء عملية التشتيل.

ز- يضم التسميد الحيوي لقاحات لكائنات دقيقة لها دور هام في تيسر فوسفات التربة للنبات ، ومن هذه اللقاحات ما يلي:

1- لقاح فطريات الميكوريزا Mycorrhiza الذي يفيد كثيراً في المحاصيل خاصة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية التي تعاني تربتها من زيادة تثبيت الفوسفات بها.

2- المنتج المسمى Phosphacterin والذي يحتوي على بكتريا Bacillus megatherium var phosphaticum ذات الكفاءة العالية في إذابة الفوسفات غير الذائبة في التربة، وينتشر إستخدام هذا اللقاح في بلدان أوربا الشرقية ودول الاتحاد السوفيتي سابقاً لزيادة تيسر الفوسفات بالتربة الزراعية.

ح- تركزت دراسات الباحثين في روسيا على إنتاج بكتريا السيليكات والتي لها القدرة على تحرير البوتاسيوم من الصورة غير الصالحة وتحويله إلى الصورة الصالحة لامتصاص النبات، وقاموا بإنتاج هذه البكتريا في صورة مخصب عرف باسم السيليكوبكترين حيث يقوم هذا المخصب بتحليل المعادن السيلكاتية، وتيسر البوتاسيوم بصورة قابلة لإفادة النبات.

ومن الضروري في سياق هذه الدراسة من إعطاء فكرة عن أهم مبادىء التقانات الحيوية التي ساهمت في تحضير المخصبات واللقاحات الحيوية التي لها أثر واضح في تحسين خواص التربة وإغنائها بالعناصر الغذائية الضرورية للنبات مثل (الآزوت، الفوسفور، البوتاسيوم ...الخ) مما انعكس إيجابياً على الإنتاج الزراعي وسلامة البيئة الريفية.

أ- إستخدام الأحياء الدقيقة في تحسين ذوبان الصخر الفوسفاتي المضاف للتربة كسماد فوسفاتي:

بدأت المحاولات الأولى لدراسة تحرير الفوسفور القابل للإفادة من الصخر الفوسفاتي (Phosphate Rock) باستخدام الأحياء الدقيقة التي تستوطن المحيط الجذري منذ ما قبل مطلع القرن العشرين عندما لوحظ إزدهار النمو للنباتات الملقحة بالبكتريا المحللة للفوسفات في مزارع رملية مخلوطة مع الصخر الفوسفاتي حيث تعتبر أغلب المركبات المعدنية للفوسفور غير ذائبة وميسرة للنباتات، ويمكن للكثير من الكائنات الحية الدقيقة أن تقوم بتحويلها إلى الصورة الذائبة، ولقد وجد أن 10 % إلى 50 % من العزلات البكتيرية المختبرة. لها القدرة على إذابة مركبات فوسفات الكالسيوم وأن أعداد البكتريا المذيبة لصور الفوسفات غير الذائبة في التربة قد تتراوح ما بين 10^5 إلى 10^7 في الغرام. وقد وجد أن أنواع الأحياء الدقيقة النشطة في هذا المجال تتبع أجناس Aspergillus, pseudomonas, Mycobacterium, Micrococcus, Bacillus, Flavobacterium, penicillium, Fusarium بالإضافة إلى غيرها من الأجناس الأخرى، وتنمو هذه البكتريا والفطريات في بيئات غذائية تحتوي على فوسفات ثلاثية الكالسيوم، $Ca_3 (PO_4)_2$ أو الصخر الفوسفاتي أو ما يشابهه من المواد الأخرى غير الذائبة كمصدر وحيد من الفوسفات، ولا يقتصر فعل الأحياء الدقيقة على القيام فقط بتمثيل الفوسفور بل إنها تقوم بتمويل جزءاً كبيراً منه إلى الصورة الميسرة للنبات بكميات تزيد عن إحتياجاتها الغذائية، فإذا أضيفت الفوسفات غير الذائبة في صورة معلق إلى بيئات الآجار الغذائية فانه يمكن تميز السلالات المسؤولة عن إذابة الفوسفات بتكوينها هالة رائقة حول المستعمرة النامية، ولا يقتصر دور الأحياء الدقيقة على إذابة أملاح فوسفات الكالسيوم فقط بل إنها تعمل أيضاً على إذابة أملاح فوسفات الحديد والألمنيوم والمنغنيز وغيرها من مركبات الفوسفات الأخرى. يعتبر قيام الأحياء الدقيقة بإنتاج الأحماض العضوية الدور الأساسي في تحويل مركبات الفوسفور غير الذائبة إلى الصور الذائبة وفي بعض الحالات الخاصة تقوم الأحياء الدقيقة الذاتية التغذية الكيميائية بأكسدة النشادر أو الكبريت إلى حمض الآزوت أو حمض الكبريت ثم تقوم الأحماض المعدنية والأحماض العضوية بتحويل $Ca_3 (PO_4)_2$ إلى فوسفات ثنائية أو أحادية للكالسيوم، مما يؤدي في المحصلة النهائية إلى توفير كميات مناسبة من الفوسفور الميسر للنبات.

تعتبر عملية أكسدة عنصر الكبريت وسيلة بسيطة وفعالة في توفير الصور الذائبة من الفوسفور والتي يمكن للنبات أن يستخدمها، وعلى سبيل المثال فإنه عند تحضير خليط من التربة أو السماد

العضوي مع الكبريت المعدني والصخر الفوسفاتي فإن استمرار عملية أكسدة الكبريت إلى حمض الكبريت بواسطة البكتريا من جنس thiobacillus سوف يصاحبها زيادة في حموضة المخلوط مع إنتاج الفوسفات الذائبة، كما أن تآزت أملاح النشادر يؤثر إلى حد كبير نسبياً في إنتاج الفوسفور الذائب من الصخر الفوسفاتي في كومات الأسمدة، ويمكن في المستقبل استخدام تقنية الأكسدة الحيوية لأملاح النشادر أو الكبريت في أغراض تجارية للإستفادة من الصخر الفوسفاتي وتحويله إلى أشكال أكثر إفادة لتغذية النبات. ولقد تنامت الدراسات والبحوث في مجال استخدام الأحياء الدقيقة المحللة للفوسفات (Ricardo et al 2000, Kim et al 1998, kucey1983)

ب- استخدام الأحياء الدقيقة في تحسين التغذية الآزوتية للنبات:

يعتبر الآزوت من أكثر العناصر المعدنية عرضة للتحولات بفعل الأحياء الدقيقة للتربة، ويتعرض الآزوت للعديد من التحولات التي تحدث في وقت واحد والتي تشتمل على مركبات عضوية وغير عضوية ومتطايرة. ويمكن التعبير عن هذه التحولات بصورة دورة يتحرك بداخلها هذا العنصر في اتجاهات مختلفة حسب تأثير الأحياء الدقيقة، بتحول جزء بسيط من مخزون الآزوت الغازي بالجو إلى مركبات عضوية بواسطة بعض الأحياء الدقيقة التي تعيش على حالة حرة أو التي تعيش بصورة متعايشة مع بعض النباتات حيث تمدها بما تحتاجه من الآزوت، ويستخدم الآزوت الموجود في البروتينات والأحماض الأمينية لأنسجة النبات بواسطة الحيوانات حيث يتحول الآزوت داخل أجسام تلك الحيوانات إلى مركبات بسيطة وأخرى معقدة، وعند تعرض أجسام الحيوانات والنباتات للتحلل بواسطة الميكروبات تنطلق الأمونيا التي تستخدمها النباتات أو تؤكسد الى نترات، وقد تفقد الأيونات الأخيرة بواسطة الغسل من التربة أو تستخدم في تغذية النبات. أو تختزل مرة أخرى إلى أمونيا أو آزوت غازي لكي تفقد في الجو المحيط مكملة بذلك دورة الآزوت، وتشتمل الأجزاء من دورة الآزوت والتي تتحكم فيها النشاطات الميكروبية على العديد من التحولات القائمة بذاتها، ومن أهم هذه الآليات تثبيت الآزوت الجوي تكافلياً ولا تكافلياً.

1- تثبت الآزوت الجوي لا تكفالياً:

تعمل الزراعة الكثيفة بشكل خاص على فقد كميات كبيرة من الآزوت الهام والموجود بكميات محدودة في التربة ولقد عرفت السنوات الأخيرة تطوراً ملحوظاً في صناعة الأسمدة الكيميائية والتي لا تفي حتى الآن إلا بمقدار محدود من الإحتياجات الزراعية من عنصر الآزوت، ومن ناحية أخرى فإن تثبيت الآزوت حيوياً بواسطة الكائنات الحية يعمل على معادلة ميزان الآزوت، وبالتالي فإنه من الضروري تشجيع الأحياء الدقيقة المسؤولة عن هذا النشاط الحيوي حتى يعود للتربة جزءاً من الآزوت المفقود والاستفادة من الكميات الكبيرة للآزوت الغازي الموجود في الغلاف الجوي.

يعتبر الحصول على أحد السلالات البكتيرية المثبتة للآزوت الجوي لا تكفالياً من الأمور السهلة حيث يتخذ نمو هذه السلالات في بيئات مخبرية خالية من المركبات الآزوتية دليلاً على إمكانية تلك البكتريا من تمثيل الآزوت الغازي، وغالباً ما تظهر التقديرات الكيميائية زيادة محدودة في محتوى الآزوت الكلي لمثل هذه البيئات. وتشير العديد من الدراسات أن الأحياء الدقيقة التالية تستطيع أن تنبت الآزوت الجوي: عدد من الأكتينوميسيتات، سلالات من فطر Mucor، Cladosporium، Botrytis، penicillium, Phoma وAspergillus وكثير من الخمائر. ولقد ظهرت حديثاً بعض الطرائق التحليلية الحساسة التي تغلبت على أوجه القصور الملازمة للطرائق الوصفية والكمية التي استخدمت على نطاق واسع في التجارب المعملية والحقلية في مجال تثبيت الآزوت الجوي. فمثلاً:

لا تعتبر طريقة كلداهل المستخدمة في تقدير التغير في محتوى الآزوت الكلي مناسبة في حساسيتها لإظهار التغيرات القليلة في كميات النتروجين المثبت، كما وأن طريقة حساب التغير في أحجام غاز الآزوت الجوي على الرغم من إمكانية استخدامها إلا أنها تعتبر طريقة شاقة ومرهقة، ويوجد طريقتان تتلاءمان بصورة خاصة مع الظروف التي يتم أثناءها تثبيت الآزوت الجوي بمعدلات ضئيلة حيث تستخدم الأولى منهما نظرية الآزوت $^{15}N_2$ وتستطيع الأحياء المثبتة للآزوت من استخدام الغاز وإدماجه في بروتوبلازم الخلايا، وعلى الرغم من الحساسية الفائقة لهذه الطريقة في تقدير الكميات الضئيلة من الآزوت المثبت إلا أنها لم تنتشر إنتشاراً واسعاً نظراً لتكاليفها المرتفعة نسبياً حيث تستلزم توفر غاز النظير للآزوت وأجهزة مطياف الكتلة Mass spectrometer والتي تعتبر باهظة الثمن أما الطريقة الثانية فتقيس مقدرة الميكروبات على تكوين غاز الايتلين ($H_2C=CH_2$) من غاز الأستلين ($CH\equiv CH$) معتمدة في ذلك على أن الأحياء الدقيقة التي لها القدرة على تثبيت الآزوت الجوي (أي اختزال غاز النيتروجين الذي يحتوي الجزيء منه على رابطة ثلاثية) يمكنها إختزال جزء الأستيلين الذي يحتوي على رابطة ثلاثية مع إختلاف وحيد هو تكون الأمونيا في العملية الأولى نتيجة لإختزال الآزوت الغازي واختزال الأستيلين إلى إيتلين فقط في العملية الثانية وفقاً للمعادلات التالية:

$$N\equiv N \longrightarrow 2NH_3$$

$$HC\equiv CH \longrightarrow H_2C = CH_2$$

وتتميز الطريقة الأخيرة بحساسيتها وباحتياجها إلى كل من غاز الأستيلين غير المكلف وإلى أجهزة التقدير الكروماتوغرافي الغازي الواسعة الإنتشار في المعامل المختلفة.

وباستخدام هذه الطرائق الملائمة للحكم على مقدرة الأحياء الدقيقة على تثبيت النتروجين الجوي أمكن إثبات كفاءة العديد من الأنواع التي كان يشك في قيامها بمثل هذا النشاط. ويعتبر جنس الآزوتوباكتر Azotobacter من أكثر أنواع البكتيريا التي حظيت بنصيب وافر من الدراسة والإهتمام، وتتميز بكتريا الآزوتوباكتر بأنها هوائية حتماً حيث يعتبر معدل تنفسها من أكبر المعدلات

مقارنة بالبكتريا الهوائية الأخرى، وتقع درجة الحرارة المثلى لنموها بالقرب من 30مْ وتنحصر كفاءة الآزوتوباكتر على تثبيت الآزوت الجوي ما بين 5 إلى 20 ملغرام نتروجين لكل واحد غرام من السكر، مع العلم أنه قد تم الحصول في بعض الأحيان على كميات تفوق 30 ملغرام من النيتروجين بينما تنتشر الطحالب الخضراء المزرقة بكثافة عددية كبيرة في الأراضي الغدقة، وتؤدي زيادة الإضاءة إلى تشجيع عملية تثبيت الآزوت الجوي التي تقوم بها الأنواع النشطة من الطحالب الخضراء المزرقة بينما تعمل الإضاءة الشديدة إلى تثبيط هذه العملية.

ويجب توفر الشروط الأساسية التالية لحدوث عملية تثبيت الآزوت الجوي بمعدلات ملموسة:

1- توفر أعداد كافية من البكتريا الفعالة.

2- سرعة تكون الخلايا الحديثة حيث أن إستخدام الآزوت الجوي يرتبط مباشرة بنمو تلك الخلايا.

3- أن أغلب الآزوت الموجود بخلايا الأنواع النشطة لا بد وان يكون مصدره الآزوت الجوي وتبين بالحساب انه يلزم توافر أعداد تقرب من 10^7 خلية لكل غرام تربة وذلك لتثبيت (2 كغ آزوت لكل هكتار).

التلقيح بالأحياء الدقيقة المثبتة للنتروجين لا تكافلياً:

أدت صآلة أعداد الأحياء الدقيقة المثبتة للآزوت الجوي في الحقول الزراعية مع الحاجة الزائدة إلى سد العجز في الأسمدة الآزوتية الضرورية لتأمين إنتاج زراعي مناسب إلى تشجيع المحاولات التي أجريت بهدف تشجيع تثبيت الآزوت الجوي حيوياً، وقد استخدم في بعض الأحيان لهذا الغرض لقاحات تحتوي على بكتريا الازوتوباكتر أو الطحالب الخضراء المزرقة حيث تضاف إلى التربة أو إلى بذور النباتات ومن المحاصيل التي تستفيد من لقاح الآزوتوباكتر الذرة الشوفان والقمح والشعير والشوندر السكري والبطاطا والبندورة والقطن... وتبلغ معدلات الزيادة في المحصول قرابة 10% ولو أن هناك بعض التقارير العلمية التي تشير إلى حدوث معدلات أكبر من ذلك.

2- تثبيت الآزوت الجوي - تكافلياً:

أدى الإستنزاف الدائم للمصادر الآزوتية الموجودة في التربة إلى الإهتمام المتزايد بالطرائق المختلفة التي تؤدي إلى الحفاظ على المصادر المحدودة من هذا العنصر ونظراً لأن الأسمدة الطبيعية والكيميائية تغطي فقط جزءاً من إحتياجات الزراعة من المركبات الآزوتية لذا كان ضرورياً تشجيع تثبيت الآزوت الجوي حيوياً.ومن المعروف أن النباتات والحيوانات الراقية لا تحتوي على الإنزيمات الضرورية لعملية تثبيت الآزوت الجوي، وعلى الرغم من ذلك فقد تنشأ في بعض الأحيان علاقة تكفالية بين نوع من النباتات وأحد أفراد الكائنات الحية الدقيقة والذي يكون من أهم نتائجها إستخدام الآزوت الجوي والإستفادة منه، ومن أهم الأمثلة في هذا الخصوص العلاقة التكافلية التي

تنشأ بين النباتات البقولية والبكتريا التابعة لجنس الريزوبيوم (Rhizobium)حيث تعتبر العقد الجذرية التي تظهر على جذور هذه النباتات المقر الذي يشهد حدوث هذه العلاقة، وتمثيل الآزوت الغازي.

وتعمل البقوليات التي تتكون عليها العقد بدرجة كافية على تثبيت الآزوت الجوي بمعدلات وفيرة كما يلي.

جدول (6) معدلات تثبيت الآزوت الجوي تكافلياً

نوع المحصول	كغ N مثبت/هكتار /السنة	نوع المحصول	كغ N مثبت /هكتار / السنة
البرسيم الحجازي	335 - 125	فول الصويا	115- 65
البرسيم الأحمر	190- 85	لوبيا العلف	130 - 65
البسلة	150 - 80	الحلبات	155 - 90

تحتوي معظم الأراضي على عدد قليل من بكتريا الريزوبيا ذات الكفاءة الكبيرة في إحداث العدوى على جذور المحاصيل البقولية. ومن الشائع ملاحظة أن 1-25% من بكتريا الريزوبيا الموجودة في تربة ما تتميز بقدرة بطيئة على إحداث العدوى، و 50 % منها ذات قدرة متوسطة في حين وجد أن 25 % منها فقط ذات كفاءة كبيرة في إحداث العدوى.

لذا فإن تلقيح التربة بسلالات نشطة من بكتريا الريزوبيا تنتج عنه تأثيرات إيجابية كبيرة ذات أهمية زراعية بالغة، ويوجد العديد من الطرائق المستخدمة في تلقيح الأراضي بالريزوبيوم، وأول ما اتبع الطريقة البدائية التي تعتمد على إضافة كميات من التربة التي سبق زراعتها بالمحصول البقولي، ولكن من أهم عيوب هذه الطريقة أنها لا تعمل على إنتقال محتويات التربة من بكتريا الريزوبيا النشطة فقط بل أيضاً تساعد على انتقال الكائنات الممرضة للنبات وبذور الحشائش العديدة إلى الأراضي الجديدة، وبعد ذلك استخدمت طرائق أفضل تعتمد على إستخدام العقد المتكونة على جذور نباتات نفس النوع البقولي ، والتي تضاف لبذور النباتات قبل زراعتها وذلك بعد تفتيتها وخلطها بالماء. ومن الطرائق الأخرى الشائعة الآن استخدام بكتريا الريزوبيا المنماة معملياً والمعلقة في محاليل سائلة أو صلبة، وتعتمد هذه الطريقة أساساً على تغطية البذور بمعلق من خلايا البكتريا سبق تنميتها في بيئات سائلة أو صلبة، وتستخدم حالياً لقاحات بكتيرية على صورة صلبة وذلك عن طريق خلط معلق البكتريا النامية في بيئات سائلة باستخدام أجهزة تخمير كبيرة الحجم بمادة حاملة مثل الدبال الرطب أو مادة عضوية من أصل نباتي مطحونة جيدا أو خليطا من المادة الأخيرة والفحم النباتي، وتضاف مثل هذه اللقاحات الصلبة إلى البذور قبل الزراعة مباشرة وبعد تبليلها بالماء.

تتأثر عملية تثبيت الآزوت الجوي تكافلياً بنوع المحصول البقولي المزروع، درجة كفاءة بكتريا الريزوبيا السائدة على تكوين العقد، محتوى التربة من الآزوت المعدني أو مركبات الآزوت الأخرى

القابلة للتمعدن، الكميات المتاحة من عنصري الفوسفور والبوتاسيوم، ورقمPH التربة ومدى توفر بعض العناصر المغذية الأخرى مثل (الموليبديوم، الكوبالت).

ومن المعروف أهمية اضافة البكتريا الخاصة لكل صنف نباتي لأن النمو النباتي يكون ضعيفاً عند عدم إضافة الملقح المناسب. مما ينعكس على انخفاض إنتاجية الهكتار الواحد من المادة العلفية إلى ما يعادل 50% من الناتج العام كما يؤثر ذلك سلبياً على المحاصيل الحبية المزروعة بعد المحاصيل العلفية البقولية وتجري عملية إضافة الملح البكتيري لبذور النباتات في السنة الأولى عند الزراعة لاول مرة في الأرض وبعد هذه الفترة تتكون العقد البكتيرية بشكل طبيعي وبكمية كافية لتأمين حاجة النباتات البقولية منها في السنوات اللاحقة.

وتظهر العقد الفعالة له بحجم كبير وبلون زهري حول الجذور وبعد (7-9) أسابيع من الإنبلت ويمكن الاستدلال عليها بالحفر حول الجذور.

3- استخدام ملقحات فطر المايكوريزا في الزراعة:

يعني مصطلح المايكوريزا التعايش بين الفطر وجذر البنات وهى علاقة تكافلية ما بين الفطر والنبات العائل أي علاقة تبادل منفعة، وعندما يتكون فطر المايكوريزا داخل الجذر فان الفطر يصبح جزءا لايتجزأ من النظام الجذري. وينتشر فطر المايكورايزا في أي نوع من أنواع الترب، ولقد تم التعرف على مجموعتين من فطر المايكورايزا:

أ - المايكورايزا الخارجية (Ectomycorrhizae) وتصيب 3 % تقريباً من النباتات ومعظمها أشجار حراجية.

ب - المايكورايزا الداخلية (Endomycorrhizae) وتتكون من أربعة أنواع وأهمها النوع الذي يكون arbuscles وهو الأكثر انتشاراً، ويصيب حوالي 80 % من النباتات التي تعيش على سطح الكرة الأرضية بما فيها المحاصيل الحقلية والبستانية وتتميز العلامة ما بين النبات والفطر بعدة مميزات أهمها:

1- اعتماد الفطر في جميع حياته على النبات المضيف،، بينما يعتمد النبات على وجود الفطر في تحسين نموه بل أحياناً وجوده.

2- لا يوجد نوع فطر متخصص في نوع معين من النبات بل الفطر يغزو عدة أنواع من النباتات والعكس صحيح.

3- أفضل منفعة يحصل عليها النبات عندما يتم التوافق الفعال ما بين نوع الفطر ونوع النبات.

يبدأ الفطر في غزو الجذر بواسطة الهيفا التي يكون مصدرها السبورات الموجودة في التربة أو من نبات مجاور مصاب بالمايكورايزا. وعند وصول الهيفا إلى سطح الجذر يبدأ نوع من التخريش في خلايا البشرة، ومن ثم تنمو إلى طبقة القشرة (Cortex) بواسطة التفرعات التي تشبه الشجرة وتسمى

(Arbuscles) وتنتشر المايكورايزا على طول الجذور مشكلة نقاط اختراق للجذور، وتنمو في التربة المحيطة مشكلة شبكة واسعة من المايسليوم ملتصقة مع حبيبات التربة، مما يزيد من سطح الجذر المعرض للتربة ويؤدي إلى زيادة امتصاص العناصر المعدنية والماء، ومن أهم تأثيرات فطر المايكورايزا على النبات والتربة تتمثل بما يلي:

أ – تحسين تغذية النبات من خلال زيادة امتصاص العناصر قليلة الحركة في التربة مثل الفوسفور، الزنك والنحاس وغيرها.

ب – تحسين نمو وتطور النبات من خلال تحسين نمو الجذور والنمو الخضري للنبات.

ج – تحسين تحمل /مقاومة النبات لمهاجمة نمو وتطور الكائنات الممرضة حيث يعمل المايكورايزا كواقي حيوي من الأمراض.

د– تحسين تحمل /مقاومة النباتات لعوامل الإجهاد البيئي مثل الجفاف والملوحة وغيرها.

هـ تحسين البناء الأرضي وتكوين تجمعات التربة (Soil Aggregates)

توجد العديد من العوامل البيئية والعمليات الزراعية التي قد تؤثر على فعالية فطر المايكورايزا في تحسين نمو وتطور النباتات ومنها:

- تقلل المستويات العالية من الفوسفور والنيتروجين في التربة من تكون الفطر وفعاليته.
- قد يؤثر سلباً التفاعل مع الميكروبات الموجودة في وسط النمو على فعالية الفطر.
- يتأثر نوع وتوزع فطر المايكورايزا بالكثافة الزراعية، تعقيم التربة، استخدام المبيدات الكيميائية، إضافة المواد العضوية .....الخ.

تعتمد أنظمة الإنتاج النباتي وخصوصاً ما يتعلق بالفاكهة ونباتات الزينة والأشجار الحراجية على استخدام الأشتال المزروعة في أوساط نمو صناعية (غير التربة) أو في الأصص أو في مشاتل تعقم تربتها مما يترتب عليه عدم وجود المايكورايزا في أوساط النمو تلك بالإضافة إلى أن استخدام الأكثار بالانسجة النباتية ينتج عنه الغياب الكامل لفطر المايكورايزا في وسط النمو. لذا فان استخدام تقانة فطر المايكورايزا قد يكون مهماً جداً في تحسين نمو النباتات وحمايتها من الأمراض ومن الاجهادات البيئية مثل الجفاف والملوحة وغيرها.

لقد أصبحت لقاحات فطر المايكورايزا متوفرة بشكل تجاري حالياً، ولكن الأكثار يواجه مشاكل عدة ومن أحدى مشاكلها إنتاج لقاحات بشكل كبير (mass production)

لأن الفطر يتعايش بشكل إجباري مع النبات العائل، لذلك فلا بد من اكثاره على جذور حية مما يتطلب وقتاً طويلاً.

ويمكن تطبيق تقانة المايكورايزا بشكل رئيسي على المحاصيل التي تحتوي على مرحلة تشتيل مثل المحاصيل البستانية والمحاصيل المزروعة بالبذور أيضاً، وتكون الفائدة القصوى من استخدام تقانة

المايكورايزا ممكناً باستخدام السلالة الفعالة ضمن نظام توافقي ما بين النبات /الفطر/ وسط النمـــو. وبشكل عام كلما كانت الإصابة بالفطر في وقت مبكر من عمر النبات كانت الفائدة من اســتخدام المايكورايزا أكبر.

4- استخدام الآزولا كسماد أخضر:

تعيش نباتات الآزولا(من النباتات السرخسية) طافية فوق سطح الماء وتتكاثر خضريــاً وتــبرز أهميتها في تثبيت الآزوت عوضاً عن استخدام الأسمدة الكيميائية النيتروجينية. اذ يؤدي إغراق حقــول الرز بالماء إلى فقدان نيتروجين السماد الكيميائي بصورة غازات تخسرها التربة. ويشمل هذا الفقـــد أوكسيد النتروز وأكسيد النيتريك والأمونيا، ويفضل زراعة الآزولا في حقول الرز التي تعاني عادة من نقص النتروجين، وتثبت الآزولا حوالي 15 كغ نيتروجين /هكتار في اليوم.

تزرع الآزولا بهدف الحصول على الكتلة الحية ومن ثم استعمالها كسماد اخضر لقدرتهــا علــى تثبيت النتروجين وجعله متوفراً للرز، ويمكن أكثار الآزولا في المشاتل بصورة مبكرة وبفترة قصيرة لسد حاجة المساحة الواسعة المعدة لزراعة الرز وبدخل ضمن نطـــاق المشـــاتل القنـــوات والـــبرك أو أي مسطحات مائية فضلاً عن إمكانية إستخدام حقول الرز وخاصة في المراحل الأخيرة من إكثـــار الآزولا وتستخدم الآزولا كسماد أخضر بثلاث طرائق:

أ-تنمى الآزولا كمحصول منفرد من الحقل من 20-30 يوماً قبل زراعة الرز ثم تضـــاف الآزولا إلى تربة حقول الرز مرة أو مرتين بنثرها أو خلطها مع التربة بواسطة عمليات الحراثة.

ب-تنمى كمحصول مختلط إذ تضاف الآزولا لأول مرة أو مرتين أسفل نبـــات الـــرز أو بـــين الخطوط ويسمح لها بالنمو وتكوين الحصيرة (تغطية الحقل وتستمر هذه الفترة عادة ما بـــين 20-40 يوماً) إذ بعد اكتمال الكساء الأخضر للرز من خلال تحقيق أقصى مرحلة للتفـــرع والنمو تموت الآزولا طبيعياً نتيجة عدم نفاذ الضوء إليها، ومن ثم تحللها بواسطة الفطريات.

ج-تنمى في الحالتين كمحصول منفرد ومحصول مختلط.

5- استخدام الطحالب الخضراء المزرقة:

تستخدم الطحالب الخضراء المزرقة بصورة واسعة عند زراعة الرز حيث تقوم بتثبيت النيتروجين اللازم لنمو محصول الرز بالإضافة لإفرازها لفيتامين ب 12. وفيتامين ج وأوكسينات وكلها تســـاهم مساهمة فعالة في تحسين نمو نبات الرز.

- وضمن هذا السياق يمكن التعرض للمخلفات العضوية من أصل حيواني والتي تشتمل على ما يلي:

أ - مخلفات ذبح الحيوانات مثل الدم المجفف ومسحوق اللحم ومسحوق الحوافـــر والقـــرون وتكون عادة هذه المخلفات غنية بمحتواها من الآزوت وتعتبر أسمدة عضوية مركزة ومفعولها سريع ولا توجد خطورة في استعمالها لجميع المحاصيل.

ب -أسمدة السمك وتضاف كبقايا جافة أو رطبة أو كمسحوق سمكي، وتعطي الآزوت والفوسفور وهي أسمدة عضوية مركزة مثل مخلفات المجازر (مثل سماد هاريسون العضوي السمكي).

ج - مسحوق العظام: تعتبر العظام من أقدم الأسمدة الفوسفاتية المستعملة ولكن استعمالها اقتصر على المحاصيل البستانية، ويحضر مسحوق العظام الخام بطحن العظام ويحوي على 2 - 4 % آزوت و22- 24 % خاص أكسيد الفوسفور، ويذوب 40 % من مسحوق العظام في حامض الستريك. أما مسحوق العظام المعالج بالبخار فيحضر بمعالجة العظام بالبخار أولاً لإزالة المواد الجيلاتينية وغيرها ثم يطحن ويحتوي على نسبة بسيطة من الآزوت و22- 30 % خامس أكسيد الفوسفور، ويذوب 70 % منها في حامض الستريك، ويعتبر مسحوق العظام المعالج بالبخار أفضل من مسحوق العظام الخام نظراً لغناها بالفوسفور ولكن كليهما بطيء المفعول، وتكون فاعليته أعلى في الترب الحامضية.

6- استخدام بكتريا السليكات Silicate في تيسير عنصر البوتاسيوم في الترب:

يختلف محتوى الأراضي من البوتاسيوم اختلافاً كبيراً حيث تتراوح كميته الكلية في الأرض ما بين 0.5 -2.5 % وعادة ما تكون الكمية كبيرة في الأراضي الناعمة النسيج مثل الأراضي الطينية، وتقل كلما كان النسيج خشناً كما هو في الأراضي الرملية والكلسية، ويوجد البوتاسيوم في الأراضي على عدة صور مختلفة في درجة صلاحيتها للنبات:

أ - بصورة معادن وفلزات (فيلدسبار وميكا) يدخل في تركيبها البوتاسيوم وهو غير قابل لافادة النبات (unavailable)

ب - بوتاسيوم مثبت بين وريقات معادن الطين وغير قابل للتبادل (Fixed)

ج - بوتاسيوم متبادل.

د - بوتاسيوم ذائب في المحلول الأرضي.

ويعتبر كلاً من البوتاسيوم الذائب والمتبادل مفيدان للنبات، بينما يعتبر المثبت متوسط الصلاحية. أما البوتاسيوم الموجود في المعادن فيعتبر غير مفيداً حيث يجري تحوله إلى بوتاسيوم ذائب بمعدل بطيء جداً.

دور التقانة الحيوية في حل مشكلة البوتاسيوم:

قام باحثين من دول الاتحاد السوفيتي سابقاً بدراسة الدور الفعال الذي تلعبه الكائنات الدقيقة في تيسر كل من البوتاسيوم، السيليكون والألمنيوم، وتمت الإشارة إلى بكتريا السيليكات والتي لها القدرة على تحرير البوتاسيوم في الصور غير الصالحة وتحويله إلى الصور الصالحة لامتصاص النبات. وتم إنتاج هذه البكتريا بصورة مخصب حيوي عرف بالسليكوبكترين حيث يقوم هذا المخصب الحيوي بتحليل المعادن السيلكاتية وتيسير البوتاسيوم بصورة صالحة لإفادة النباتات.

أوضحت الأبحاث أن بكتريا السيليكات تتواجد باعداد كبيرة في منطقة جذور(ريزو سفير) العوائل النباتية مقارنة بالتربة، وتتم عملية العزل على بيئة الكسندروف المعدلة حيث تظهر مستعمرات بكتريا السيليكات على شكل قطرات مائية لامعة جداً وهي في غاية الشفافية مثل الزجاج مما يميزها عن أي بكتريا أخرى تظهر على البيئة. أما الخلايا فتتميز بأنها محاطة بكبسولة كبيرة جداً وذات لزوجة عالية جداً. ومن المعروف أن بكتريا السيليكات تنمو على بيئة خالية من النيتروجين فهي O ligonitrophilic .

وتتكون الجراثيم في بيئة الأجار المغذي فقط والجرثومة بيضاوية الشكل أما أن تكون وسطية أو تحت طرفية وتستخدم البكتريا العديد من المواد الكربوهيدراتية أهمها السكر وز والغلوكوز.

تنقسم الآراء في تفسير ميكانيكية عمل بكتريا السيليكات ويمكن تلخيصها بما يلي:

1- يرى البعض أن الكبسولة التي تحيط بالخلايا هي التي تلعب الدور في عملية التيسير حيث وجد أن هناك كميات كبيرة من السيليكون والألمنيوم الذائبة متراكمة في الكبسولة إثناء عملية تجوية معدن Aluminosilicate ، وتتكون الكبسولة اللزجة من polysacharides وتحتوي على أحماض اليورنيك وأيضاً مجاميع الفينول والكربوكسيل، وتتفاعل هذه المركبات بدورها مع العناصر الكيميائية المتخصصة جداً في المعادن. وتساهم في تجوية السيليكات.

2- يرجع الفضل إلى الأحماض العضوية التي تفرزها بكتريا السيليكات في عملية تجوية السيليكات، ومن هذه الأحماض حمض الستريك، حمض الأكساليك وحمض الطرطريك، كما أن البكتريا لها القدرة على إفراز بعض الأحماض المعدنية مثل حمض الآزوت وحمض الكبريت وأيضا حمض الهيوميك الذي يفرز من هذه البكتريا أثناء تحلل البقايا النباتية أو التي تلعب دوراً هاماً في عملية التجوية.

3- يرى البعض أن التجوية تعود إلى عمليات انزيمية بحتة، ولكن لم تحدد طبيعة تلك الأنزيمات.

4- يرى البعض أن بكتريا السيليكات تقوم بعملية التجوية من أجل حصولها على الطاقة، ويمكن اختبار كفاءة عزلات بكترية محللة للسيلكات في تيسير البوتاسيوم مخبرياً بواسطة تلقيح البكتريا المراد اختبار كفاءتها في بيئة الكسندروف السائلة والمضاف إليها أي معدن بوتاسي لكي يكون هناك مصدر

للبوتاسيوم، وليكن مثلا الأورثوكلاز حيث يضاف بنسبة 1 % بصورة K_2O، ثم تتم عملية التحضين للدوارق لفترة معينة ولتكن شهراً، وتتم في نهاية فترة التحضين تقدير كلاً من PH البيئة والبوتاسيوم الذائب باستخدام (Flame photometer) كدليل على تيسير البوتاسيوم بفعل البكتريا.

أشارت العديد من الدراسات إلى نجاح استخدام بكتريا السيليكات كمخصبات حيوية حيث تم التلقيح بالبكتريا على محاصيل زراعية مختلفة، وكانتت النتائج جيدة جداً حيث أدى التلقيح إلى زيادة كمية المحصول وزيادة مقاومته للأمراض، وقد أشارت دراسة حديثة إلى إمكانية تلقيح بكتريا السيليكات مع مثبتات آزوت الهواء الجوي التكافلية واللاتكافلية مستخدمين في ذلك محصولي الفول والقمح وكانت النتائج إيجابية عند وجود بكتريا السيليكات مع A.CHROOCOCIAM بالنسبة لنبات القمح و R.leguminoserum بالنسبة لنبات الفول على النمو ونشاط انزيم النيتروجينيز والمحصولية، وأيضاً محتوى الأوراق والحبوب والبذور من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. ويتمثل التأثير الايجابي لبكتريا السيليكات على النباتات المختلفة بما يلي:

أ – زيادة معدل الامتصاص لعنصر البوتاسيوم نظراً لأنها تقوم بعملية تيسيره من الصور غير الصالحة إلى الصور السهلة الميسرة.

ب – زيادة معدل امتصاص كل من عنصري الفوسفور والنيتروجين

ج – تحسين النمو الجذري للنباتات والذي يلعب دوراً هاماً في عملية امتصاص العناصر المعدنية المختلفة من التربة.

ومن هذا العرض الوجيز لاستخدام التقانات الحيوية وتطبيقاتها في الأغراض الزراعية تبرز أهمية التسميد أو التخصيب المتكامل والذي يعني على وجه التحديد رفع كفاءة إستعمال الأسمدة الكيميائية بجانب المصادر البديلة من موارد المخصبات الحيوية المتجددة سواءً كانت عضوية أو حيوية (بيولوجية)، أي أن التسميد المتكامل هو الجمع بين التسميد الكيميائي والعضوي والحيوي بهدف المحافظة على خصوبة التربة لضمان استمرارية الزيادة في الإنتاج الزراعي مع عدم الاخلال بالتوازن البيئي وسلامته.

استنتاجات وتوصيات:

1- يوفر التسميد المتكامل العملات الصعبة الضرورية لاستيراد الأسمدة الكيمائية.

2- تقليل التلوث البيئي الذي يحدثه التسميد الكيميائي منفرداً.

3- تحسين الانتاج كماً ونوعاً بما يتناسب مع معايير المواصفات العالمية (الأيزو).

4- توفير العناصر اللازمة للنمو مثل النيتروجين، الفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الصغرى أيضاً.

5- استخدام السماد الأخضر، خاصة في الأراضي حديثة الاستزراع التحسين خواص التربة الفيزيائية - كيميا حيوية بحرث المحصول البقولي في الأرض المزوروعة بها عند فترة الأزهار.

6- تكثيف الدراسات والبحوث لنشر التقانات الحيوية في تحضير المحسنات العضوية واللقاحات الميكروبية.

7- تشجيع ونشر إنتاج الأسمدة العضوية واللقاحات البيولوجية في مختلف الأقطار العربية.

8- تطوير مختبرات تحاليل التربة والنبات لإنتاج اللقاحات البيولوجية في مختلف البلدان العربية.

9- تكثيف البحوث لدراسة فعالية تطبيق تقانة التسميد المتكامل في الأنواع المختلفة من الأراضي.

10- دراسة الآثار الإقتصادية والإجتماعية الناتجة عن استخدام تقانة التسميد المتكامل.

11- تحويل قمامة المدن إلى سماد بعد معالجتها فنياً وبأسلوب آمن بيئياً.

12- الاستفادة من مخلفات المجازر من الدم واللحم والهياكل العظمية غير الصالحة للاستهلاك الآدمي بتحويلها إلى أسمدة.

13- تصميم مشروعات المجاري وانشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي للإستفادة من الرواسب الغنية بالمواد العضوية والآزوت.

14- استخدام فائض بذرة القطن المقشورة وغير المقشورة وزرق الطيور والدواجن (براز وبول الدواجن) في استزراع الأراضي الرملية.

15- نشر تقانة الغاز الحيوي كبديل لحرق الفضلات الحيوانية وتحويلها إلى غاز حيوي مع الإستفادة من المواد العضوية المتخلفة عن هذه التقانة لتستخدم كسماد غني بالمواد المخصبة.

16- انشاء وتطوير عمل الشبكة العربية للأسمدة الحيوية والعضوية.

17- من الضروري تعديل المناهج الزراعية التي تدرس في كليات الزراعة بحيث تواكب المتغيرات المتجددة في استخدام التقانات الحيوية للأغراض الزراعية ضمن الإدارة السليمة للبيئة.

18- السعي الحثيث لنشر فرز القمامة بدءاً من المنازل بهدف إعادة استعمال مكوناتها (الزجاج- البلاستيك ...الخ) وتدويرها بشكل مناسب لتصنيع الاسمدة العضوية وحماية البيئة من أشكال التلوث المختلفة.

المراجع

- أبا عقيل هاني /1996/ تأثير التشميس وإضافة سماد الدواجن على أعداد الفطور في التربة ونمو وانتاج القطن والتركيب الكيميائي للتربة (أطروحة ماجستير) كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة جامعة الملك عبد العزيز/ جدة / السعودية .
- الباسل علي وجمال الدين حسين /1992/ مقدمه في تكنولوجيا الغاز الحيوي الدورة التدريبية حول استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي. الفيوم/ جمهورية مصر العربية.
- البلخي أكرم /2001/ توصيف المادة العضوية المتخلفة عن انتاج الغاز الحيوي ودراسة حركتها في نوعين من الترب (أطروحة ماجستير) قسم التربة واستصلاح الأراضي-كلية الزراعة /جامعة دمشق.
- الحمودي خالد عبد الرحمن /1993/تقرير عن المشاركة في ندوة التصحر واستصلاح الأراضي في منطقة دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية التي عقدت في البحرين ما بين 22-1993/11/25 .
- الحمداني محمد عبد الخالق /2000/الميكوريزا واهميتها للنباتات .مجلة الزراعة والتنمية الزراعية في الوطن العربي .العدد الثالث ص 38-45.
- السيد سعدي عباس /1998/تأثير كل من بكتريا الريزوبيا والبكتريا المذيبة للفوسفات على امتصاص العناصر الغذائية وانتاج محصول العدس مجلة الأبحاث الزراعية المصرية 3/76/
- الشاطر محمد سعيد/1987/تأثير إضافة بعض المخلفات العضوية على الانتاجية الزراعية واستصلاح تربة بنية مغسولة (أطروحة دكتوراه) المعهد الوطني متعدد التقانات في اللورين / فرنسا.
- الشاطر محمد سعيد /1994/ استخدام N15 لدراسة العلاقة بين تمعدن الكتلة الميكروبية وتعضي النتروجين المؤتمر العربي الثاني للإستخدامات السليمة للطاقة الذرية -القاهرة من 5-1994/11/9.
- الشاطر محمد سعيد /1995/ استخدام مخلفات تنقية المياه الملوثة في تحسين الخواص الفيزيائية للتربة (زيادة الماء المفيد)مؤتمر الخليج الثاني للمياه البحرين من 5-9 تشرين الثاني.
- الشاطر محمد سعيد /1996/تأثير قش البرسيم على تحولات الفوسفور المتاح في تربتين مختلفتين وتحت تأثير مستويين مختلفين من الرطوبة . مجلة باسل الأسد لعلوم الهندسة الزراعية العدد الثاني ص 141-152.
- الشاطر محمد سعيد /1997/:فعالية امتصاص البرسيم للفوسفور المضاف بصورة سوبرفوسفات أو فرشة الغنم - مجلة باسل الأسد لعلوم الهندسة الزراعية .العدد الثالث ص37-48.
- الشاطر محمد سعيد /1998/ أثر إضافة المخلفات المدنية المختلفة على تطور المعادن الثقيلة في التربة مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية العدد 3 ص621-642.
- الشاطر محمد سعيد /1998/توزيع السماد الآزوتي بصورة النظير N15 في الأجزاء المتبدلة من التربة .مجلة البحوث الزراعية العربية العدد الثاني ص 189-202.
- الشعبي صلاح /1989/ الكيماويات الزراعية ودورها في تلوث البيئة .مجلة المهندس الزراعي العربي العدد 26 ص23-30.
- الشيمي سمير أحمد /1995/ البيوغاز وحماية البيئة من التلوث .مجلة أسيوط للدراسات البيئية العدد الثامن يناير ص 97-110.

- الغندور اسماعيل /1987/ النشاط الميكروبي والفوسفور الميسر في التربة (أطروحة ماجستير) قسم التربة كلية الزراعة/ عين شمس / جمهورية مصر العربية .
- بخاري عاطف /1993/ الاستفادة من المخلفات الزراعية في اقليم الشرق الادنى دراسى تكنولوجيا اقتصادية FAO.
- دلالي باسل كامل /1995/ التكنولوجيا الحيوية والبيئة.مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي العدد الثالثي ص 25-57.
- ديب بديع والشاطر محمد سعيد /2001/ دراسة حول الحالة الكيميائية للتربة السورية لمكافحة التصحر -دمشق سوريا.
- زيدان علي /1998/استصلاح الاراضي الرملية في الوطن العربي -ندوة استصلاح الأراضي الرملية .ابو ظبي من 28-30/11/
- فارس فاروق /1999/ تقانات الاستعمالات الملائمة بيئياً والمجدية اقتصادياً للمتبقيات الزراعية النباتية وامكانيات تطبيقها في دول الاقليم.الندوة الاقليمية حول تقنيات استعمال المخلفات الزراعية وتدويرها في البيئة-المنظمة العربية للتنمية الزراعية .دمشق في 5-7/6/1999 .
- ماستروف محمد شريف والهيل أيمن /1991/التلوث الصناعي وأثره على البيئة والتنمية ندوة البيئة والتنمية ما بين 2-4 آذار دمشق / سوريا .
- محمد علي وعامر علي ومصطفى محمود /1996/ استخدام حمأة المجاري في مصر .مركز البحوث الزراعية /الجيزة /مصر العربية .
- ميخائيل توفيق واسطفانوس وانطون جمال الدين /1997/استجابة محصول القمح للتلقيح الميكوريزي والتسميد العضوي -المجلة العلمية لكلية الزراعية جامعة القاهرة المجلد 48 العدد الأول.
- صابر محمد (1993) نظم الزراعة العضوية الأحيائية، مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي العدد الرابع ص 26-32.
- يوسف عايد شذي والمعاضيدي جبار فرحان (1999): استخدام نبات الآزوت في تسميد حقول الأرز، مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي العدد الثالث ص 31-37.