بكتيريولوجيا التربة[1]

التربة الزراعية — يراد بالتربة الزراعية الطبقة السطحية من الارض الصالحة لنمو النبات وسمكها من ١٥ الى ٢٠ سنتيمتراً تقريباً وهي على الدوام غاصة بالكائنات الحية الدنيا من مكروبات ونباتات فطرية وبروتوزوا وحشرات لا عدد لها . وتلي هذه الطبقة طبقة ثانية تعرف بتحت التربة الا ان هذه اقل علاقة بالزراعة من تلك

كيف تكونت التربة الزراعية — تكونت التربة الزراعية بادئ بدء من الصخور المتفتتة والاجزاء المنحلة منها بعوامل طبيعية وكيماوية فحملت مياه الامطار تلك الاجزاء وقذفت بها الى السهول والاودية والانهار والبحار فاختلطت ببقايا كائنات حية كانت تعيش قبل هذا التاريخ اخصها كربونات الكلسيوم وفصفاتهُ وبعد احقاب طويلة تراكمت حتى تكون منها طبقة ثخينة

حدثت بعد ذلك تغيرات جيولوجية حُسرت المياه بسببها عن المواد المذكورة فظهرت كارض صلبة وعادت عرضة للعوامل الطبيعية المختلفة من ماء وهواء وثلج وغيرها فككتها وحملت اجزاءها الى امكنة اخرى . والتربة الزراعية بالرغم عن تعرضها للمؤثرات الطبيعية والكيماوية منذ عصور جيولوجية بعيدة لا تزال باقية الى اليوم كما كانت تقريباً . وهذا ما يستدل منهُ على ان لاجزائها الصغيرة اقتداراً على مقاومة عظيمة لتلك المؤثرات . وبقاؤها الى اليوم كما كانت في اول التاريخ واضح من مقارنة اجزائها باجزاء الطبقة التالية لها فانهُ لا يوجد بين احجام الاجزاء في الطبقتين فرق تقريباً مع ان الاولى كانت معرضة للمؤثرات المذكورة ولا تزال معرضة لها الى اليوم والثانية مصونة عنها . ومع ما تقدم لا يمكن القطع بان اجزاء التربة الزراعية ثابتة لا تتغير اذ المعلوم ان ماء المطر باشتماله على الحامض الكربونيك يذيب قليلاً من اجزاء التربة الزراعية بدليل ان ماء الارض يشتمل دائماً على كميات قليلة من مركبات الكلسيوم والمغنيسيوم والسليكون وغيرها ذائبة فيهِ وبناء على ذلك فمن الممكن القول بان كل جزء من اجزاء التربة يفقد مقداراً ضئيلاً جداً من المركبات القابلة للذوبان في الماء وبان تلك الاجزاء على تقادم زمنها الطويل تذوب مادتها تدريجاً وبلا انقطاع

(1) Soil Bacteriology

ان التربة الزراعية الى هذا الحد تكون صالحة نوعاً ما لانماء النباتات بما توفر فيها من المواد المعدنية الاّ ان صلاحيتها هذه تعتبر ناقصة لعدم وجود المواد الآلية فيها . وعلى ذلك فهي محتاجة في تكوينها الى اصلاح آخر سدّاً لهذا النقص

يبتدئ هذا الاصلاح بظهور النباتات في البقاع التي تكثر فيها مياه الامطار وتكون الحرارة مناسبة فتغطي سطح التربة المذكورة وتستمد النباتات غذاءها المعدني من المواد الذائبة من اجزاء التربة فقط . فاذا ماتت وانحلت ردت جميع تلك المواد الى التربة ثانية فاذا عادت النباتات الى الظهور ثانية كان لها مصدران للغذاء مصدر المواد الذائبة من اجزاء التربة مباشرة ومصدر المواد التي كانت في جسم النباتات الاولى والاول معدني صرف والثاني معدني وآلي . ففي البقاع الطبيعية التي تترك فيها النباتات وشأنها تستخدم المواد الغذائية المعدنية مرة بعد اخرى الى ما لا نهاية لهُ . والنباتات بطبيعتها تعيد الى التربة اكثر مما تستمدهُ منها لانها في مدة حياتها تركب مواد نشوية وسليلوزية وبروتينية وغيرها من المواد الآلية وهذه تضاف بعد موتها الى التربة . فتحلل وتحدث فيها تغييراً عظيماً بالنظر لاشتمالها على قوى كامنة[1] فيها كانت قد استمدتها من ضوء الشمس بعملية تمثيل الكربون التي تعملها النباتات الخضراء . ويكون الفرق بذلك عظيماً بين التربة التي اضيفت اليها مواد آلية وبين التربة المعدنية الاصلية من وجهة ان الاولى تشتمل على مصادر للقوى وان الثانية ليس فيها شيء من ذلك

ان التربة الزراعية بمجرد توفر القوى الكامنة في المواد الآلية فيها تصلح لكن الاحياء الدنيا المتنوعة وعلى الاخص مكروبات الارض التي تعرف بفوائدها الاقتصادية الكثيرة . فخصوبة الارض وصلاحيتها التامة للزراعة ناتجتان عن عمل هذه الاحياء الدنيا اذ منها ما يسبب تعفن المواد الآلية نباتية كانت او حيوانية ومنها ما يحدث تفاعلات كيماوية اخرى كعمليات النترجة وعكسها وتثبيت النتروجين الجوي في الارض او في جذور النباتات القرنية الى غير ذلك

كثرة المكروبات الارضية وعددها — توجد المكروبات بكثرة هائلة في طبقة قريبة من سطح الارض حيث يكثر الهواء والرطوبة وتكون الحرارة في درجة ملائمة فيتراوح عددها بين ١٠٠٠٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠ مكروب تقريباً في كل جرام واحد من الطبقة المذكورة . فالاراضي الرملية بالنظر الى جفافها وقلة المواد الآلية فيها لا يتجاوز عدد المكروبات

(1) Potential Energy

فيها ١٠٠٠٠٠ مكروب في كل جرام واحد منها . وكثير من الاراضي الصفراء المزروعة تحتوي على عدد من المكروبات يقدر بالملايين في كل جرام . اما الاراضي الطينية «الثقيلة» فعدد المكروبات فيها يكون قليلاً لقلة تخللها بالهواء واتراكم الحوامض فيها والمواد الاخرى التي لا تلائم حياة المكروبات ولذلك تكثر فيها النباتات الطفيلية . اما الاراضي الطينية التي تكون مشتملة على كثير من المواد الآلية فقد يرتفع عدد المكروبات فيها الى ٥٠ مليوناً او اكثر في كل جرام منها حسب صلاحيتها . وعلى العموم فكلما اعتنى بفلاحة الارض وحرثها زاد عدد المكروبات فيها بنسبة مطردة فارض البساتين بالنظر لتعهدها بالفلاحة دوماً وكثرة تسميدها بالمواد الآلية تحتوي على عدد من المكروبات اكثر من غيرها . ففي كل جرام منها ما يتراوح بين ٥٠٠٠٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠٠٠٠ مكروب

ان اكبر عدد من المكروبات يوجد في الارض يكون على عمق يتراوح بين ٥ سنتمترات و٢٥ سنتيمتراً من سطحها لان المكروبات بالقرابها من سطح الارض كثيراً تبيد او تقل بتأثير ضوء الشمس واذا ابتعدت عن سطح الارض كثيراً بادت او قلت لعدم توفر الشروط الملائمة لحياتها وتكاثرها . وعليه فمن الممكن ان يصل الانسان الى طبقة من الارض تحت التربة الزراعية خالية من المكروبات تماماً . يؤيد ذلك البحث الذي اجراه العالم هوستون[1] فانه وجد ان الجرام الواحد من سطح الارض يحتوي من المكروبات على ١٦٨٨٠٠٠ في الطبقة القريبة وعلى عمق ٣٠ سنتيمتراً من سطحها يحتوي على ١١٠٠٠٠٠ وعلى ٩٠ سنتيمتراً يحتوي على ١٧٤٠٠٠ وعلى ١٨٠ سنتيمتراً يحتوي على ٤١٠ مكروبات

الشروط اللازمة لحياة المكروبات الارضية — تتركب التربة الزراعية من اجزاء صغيرة صلبة كالحبيبات تتفوق في عددها حد الحصر كل جزء منها محاط بغشاء رقيق جداً من الماء تعيش فيه المكروبات . فرطوبة هذه الاجزاء شرط اولي لحياة هذه المكروبات وتكاثرها وكذلك عنصر الاكسجين المطلق ضروري لحياة الانواع الهوائية منها . وان احسن نسب الرطوبة الارضية لنمو المكروبات وتكاثرها ما بلغ فيه سمك الغشاوة المائية المحيطة بكل حبيبة ترابية من ١٠ الى ٢٠ ميكرون لان الغشاوة المذكورة اذا كانت على هذه النسبة تسمح للهواء بتخلل اجزاء التربة من جهة ومن جهة اخرى فانها تعتبر كافية لحمل مواد الغذاء اللازمة الى المكروبات ونقل الافرازات والمواد الضارة بعيداً عنها . فاذا زاد سمك الغشاوة المائية عن تلك النسبة نقصت كمية الهواء الداخل وقلت حركة انتشار الاغذية حول المكروبات .

(1) Houston

والحصول على غشاء من الماء معتدل السمك تختار التربة الناعمة الدقيقة الحبيبات المعروفة بكثرة مسامها الداخلية والتي تكون فيها نسبة الماء اعلى منها في الاراضي الخشنة . فمثلاً متوسط النسبة المذكورة في الاراضي الرملية الخفيفة على الاعمال الزراعية يتراوح بين ٨ و ١٠ في المائة وزناً ويرتفع في الاراضي الطينية «الثقيلة» الى ١٦ و ٢٠ في المائة

وكذلك الحرارة المناسبة شرط لازم لحياة المكروبات الارضية ودرجة الحرارة التي يجب ان تكون في الاراضي الزراعية الجيدة هي ٢٥ بمقياس سنتغراد في الغالب اذ مكروبات النترجة تبدأ عملها ببطء على الدرجة ١ سنتغراد بينما مكروب تثبيت النتروجين الجوي في جذور النباتات القرنية[1] وغيرها من المكروبات الارضية[2] تستطيع النمو حتى لو انخفضت[3] درجة الحرارة الى ٥ سنتغراد . وعلى الجملة فمن المعلوم ان درجة الحرارة ترتفع ببطء في الاراضي الدقيقة الحبيبات المعروفة بالناعمة لانها تحفظ كميات عظيمة من الماء بعكس الاراضي الخشنة فان درجة حرارتها ترتفع بسرعة . ولهذا السبب تكون مزروعات الاراضي الرملية اسرع نضجاً من مزروعات الاراضي الطينية . والمعروف ان لون التربة بما له من قوة عكس الاشعة الشمسية الواقعة عليه او امتصاصها ذو تأثير في حرارة التربة وكذلك تمهد الارض بالحرث والخدمة يساعد كثيراً على رفع حرارتها

ومن الشروط اللازمة لحياة المكروبات الارضية ان لا تزيد الحموضة كثيراً اذ ليس الفتك بالمكروبات من تأثير الحموضة فيها . والحموضة الارضية ان لم تعادل باضافة بعض القلويات المصلحة اليها فقد تزايد درجة تشيئاً حتى تكون خطراً على المكروبات . تنشأ الحموضة في الاراضي عادةً من وجود الحوامض والاملاح الحمضية التي تكون على الخصوص من اصل آلي . ففي الاراضي التي لا تعمل فيها يد الانسان والمزوج الطبيعية المتروكة تكافأ القلويات الناتجة عن انحلال المركبات السليكاتية وغيرها مع الحوامض الناشئة من المواد الآلية فيبطل بعضها فعل بعض وتبقى صلاحيتها للمكروبات . اما الاراضي التي تعمل فيها يد الانسان بالزراعة فتكثر الحموضة وتزداد بنقاد بعض ما فيها من القواعد القلوية كالجير وغيره التي تنفد بنقل محصولاتها وبسبب استخدام الاسمدة الصناعية الحمضية كسفوق الفصفات وكبريتات النشادر وغيرها . ان اكثر انواع المكروبات الارضية المهمة لا ينمو مطلقاً او ينمو ببطء زائد تحت

---

(١) سوموردوناس رادسيكولا Pseudomonas Radicicola (٢) مثل باسلوس سبتيلس B. Subtilis ومثل مكروبات البوريا Urea Dacteria (٣) من الثابت ان المكروبات الارضية لا تموت بانخفاض الحرارة الى درجة التجمد

تأثير البيئة الحمضية ولذلك تراعى ضرورة تسميد الاراضي الزراعية الحمضية بالجير او بمركباته المختلفة للحموضة

وكذلك من الشروط الاساسية لحياة المكروبات الارضية توفر المقادير المناسبة من الغذاء الصالح بين اجزاء التربة . فارتفاع نسبة المواد النشوية او السكرية او السليلوزية او البروتينية مثلاً له تأثير واضح في ازدياد او نقصان عدد المكروبات وانواعها عموماً وعلاقة بعضها ببعض وعملها . فمثلاً وجود كمية قليلة من الجلوكوز يساعد مكروبات النترجة وازدياد هذه الكمية يضعفها . وتنوع المواد الغذائية غير الآلية نافع في حياة المكروبات الارضية اذ بعضها يؤثر ان يعيش على مادة منها دون اخرى فمكروبات النترجة التي تفضل ان يكون ضمن غذائها كربونات المغنسيوم . ومكروبات ثآليل جذور النباتات القرنية التي تفضل كربونات وكبريتات الكلسيوم على غيرها . ومكروبات تثبيت النتروجين الجوي في الارض فانها تفضل فصفات الكلسيوم وكربوناته على غيرها وهلم جرًّا

ولا تعيش المكروبات الارضية مستقلة عن الاحياء الاخرى السفلى بل تشترك معها في البيئة وتتنازع البقاء مع كثير منها . فما ينازعها البقاء العفن ويعرف في الانكليزية باسم « المولد » [1] يعيش في الاراضي الحمضية والاراضي المحتوية على كمية وافرة من المواد الدهنية او الكربوهيدراتية . وكذلك تنازعها البقاء حيوانات سافلة منها انواع البروتوزوى التي تعيش في الارض وتفتك بالمكروبات فتكاً ذريعاً . وقد اشار العالمان رسل [3] وهتشنسن [2] بضرورة تعقيم الارض منها تعقيماً جزئيًّا بالحرارة او باستخدام بعض المركبات الكيماوية المطهرة التي تتطاير كالتولوين [4] والكلوروفورم والزيلول [5] وثاني كبريت الكربون [6] وغيرها فعندها ان ذلك يؤدي الى تقليل هذه الآفة او قتلها . ولا يظن ان جميع الاحياء السافلة الارضية تنازع المكروبات الارضية بقاءها فتلحق الضرر بها على الدوام اذ هناك بعض انواع من نباتات الانجي السافلة تتبادل النفع [7] مع المكروبات ويعتبر وجود كل منها مفيداً للآخر . فمثلاً مكروبات تثبيت النتروجين الجوي في الارض التي تعرف بالازوتوباكتر [8] تستفيد من وجودها مع انواع من الانجي وتنتفع بما صنعت من النشا والسكر المخضرين

---

(١) Mould نبات نطري دقيق جدًّا ينمو على الاجسام الآنية في الارض ويوجد كثيرًا على الزبل الذي يحضر حادًّا ولذلك يسمى به (٢) E. J. Russell و(٣) H. B. Hutchinson عالمان انكليزيان اشتركا في بحث عن التعليم الجزئي للارض وتأثيره على تكوين الاغذية للنبات (٤) Toluene (٥) Xylol (٦) Carbon bisulphide (٧) Symbiosis (٨) Azotobacter

تحت تأثير الكلوروفيل فيها بمساعدة ضوء الشمس فتستفيدها للحصول على قوتها الحيوية وفي مقابل ذلك تستفيد الالجي كما تستفيد النباتات عموماً من نتروجين الهواء المحضر لها بواسطة هذه المكروبات . وعلى هذا النظام الحيوي تحسن صفات الاراضي الطبيعية ويتوفر فيها غذاء النباتات بتبادل النفع الواقع بين هذه المكروبات والالجي

تعدد انواع المكروبات الارضية — تختلف انواع المكروبات الارضية وتتعدد كثيراً . فقد تمكن العلماء من فصل عدد عظيم منها واثبتوا ان كثيراً من انواعها يتطرق الى الارض بوسائل كثيرة . فبعضها يضاف اليها مع بقايا النباتات وفضلات الحيوانات التي تستخدم سماداً والبعض الآخر ينقل اليها بماء المطر ومياه الصرف والمراحيض الى غير ذلك . وكثير منها يصل الى الارض تحت ظروف خاصة فيعتبر وجوده عرضياً كما في الحال في كثير من جراثيم المكروبات المرضية التي تنتقل مع براز الانسان والحيوان الى الارض . وهناك انواع كثيرة ملازمة لسكنى الارض دائماً كمكروبات التعفن واليوريا والنترجة وعكس النترجة وتثبيت النتروجين وغيرها . وقد اشتغل العالم لوهنس[1] بفصل المكروبات الدائمة السكنى في الارض لمعرفة انواعها وعددها فوجد ان الجرام الواحد من الارض يشتمل على ما يأتي

	في شهر يناير	في شهر يوليه
مكروبات التعفن	٣٧٥٠٠٠٠٠	٥٠٠٠٠٠٠٠
» اليوريا	٠٠٥٠٠٠٠٠	٠٠٥٠٠٠٠٠
» النترجة	٠٠٠٧٥٠٠٠	٠٠٠٢٥٠٠٠
» عكس النترجة	٠٠٥٠٠٠٠٠	٠٠٥٠٠٠٠٠
» تثبيت النتروجين	٠٠٠١١٢٥٠٠٠	٠٠٠٠٧٥٠٠٠

من هذا يتبين ان مكروبات النترجة ومكروبات تثبيت النتروجين يتناقص عددها في مدة فصل الصيف و يتزايد في مدة الشتاء والظاهر ان سبب ذلك عدم احتمالها الجفاف في مدة الصيف كما يحتملهُ غيرها من المكروبات . وكذلك اثبتت ابحاث العلماء الذين وقفوا على تربية المكروبات الارضية في بيئات صناعية كالطباق الجلاتين[2] والاجار[3] والسليكا وغيرها ان معظم اجناسها يكون عصوي الشكل وتبلغ نسبتهُ الى مجموعها من ٧٠ الى ٨٠ في المائة

(١) F. Lohnis عالم المانى له مؤلفات كثيرة في البكتيريولوجيا الزراعية اهمها مؤلف على النترجة وعكسها (٢) Gelatin plates (٣) Agar

تقريباً . والمكروبات المكروية تكون نسبتها اقل من ٢٠ او ٢٥ في المائة احياناً اما المكروبات الخلوية والسارسينية فهي قليلة العدد . واشهر انواع المكروبات العصوية التي توجد في معظم اراضي الحقول والبساتين ما يعرف بالاسماء الآتية باسيلوس سبتيليس وباسيلوس ميكويديس[1] وباسيلوس مزنتيريكوس[2] وباسيلوس ڤلجاتوس[3] وباسيلوس بيوترفيكوس[4] وغيرها

ولا يعلق العلماء اهمية كبرى على اشكال هذه المكروبات الارضية وانما يهتمون بوظائفها الحيوية اكثر من كل شيء آخر . فهم يراقبون بالتدقيق ما يحدث من التغيرات الكيماوية في المواد النتروجينية وغير النتروجينية اثناء تعفن المواد الآلية وانحلالها في الارض بواسطة طوائف مخصوصة من المكروبات . اذ بعض الطوائف من صفاته تحليل المواد البروتينية لينشأ عنها املاح النشادر والبعض يحول هذه الاملاح الى املاح النتريت فالنترات . وقد تحيل هذه الاملاح ثانية الى مواد بروتينية في اجسام افراد الطائفة التي كونتها او في اجسام افراد طائفة اخرى او تحل الاملاح نهائياً بواسطة طائفة مخصوصة فيتصاعد عنها نتروجين مطلق . وهناك طائفة من المكروبات الارضية في استطاعتها ان تدخل عنصر النتروجين الجوي في تركيب بعض المواد الآلية غير النتروجينية فتسبب تثبيته . وطوائف اخرى ذات علاقة كبرى بانحلال السليلوز لينشأ عنه غاز الميثان والهيدروجين او تحويل الغازات المذكورة الى مركبات اخرى وطوائف تؤثر في استحالة الكبريت ومركباته من صورة الى اخرى وكذلك طوائف تؤثر في الحديد ومركباته على هذا النسق . من هذا تتبين الاهمية العظمى التي يعلقها العلماء على ما في المكروبات الارضية من الوظائف الحيوية . وبناء على ذلك فمن المتحتم ان تكون دراستها بمراعاة تلك الوظائف لا بمراعاة اشكالها فقط وان تضاف كل طائفة الى عملها وكل مكروب يشترك في هذا العمل الى طائفته بصرف النظر عن شكله

محمود مصطفى الدمياطي
مدرس بمدرسة الزراعة العليا بالجيزة

(١) B. Mycoides (٢) B. Mesentericus (٣) B. Vulgatus
(٤) B. Putrificus