منشورات الجامعة اللبنانية

قسم الدراسات الزراعية

١

للحفاظ على تربة لبنان

الدكتور كمال مدوّر
دكتور مهندس في العلوم الزراعيّة
رئيس الاتحاد اللبناني للحفاظ على البيئة

بيروت ١٩٨١

التوزيع: المكتبة الشرقيّة - ص.ب: ١٩٨٦ - بيروت، لبنان

الإهداء

إلى أُمّي
وَزَوجَتي
وَأولاديْ

تقديم

على وفرة ما يصدر عن المطابع في البلاد العربية، اليوم، من مؤلفات وابحاث علمية وادبية وفنية، لا نزال بحاجة ماسة الى ابحاث علمية وعملية تعود على البلاد العربية بالفائدة العملية المتوخاة من مثل هذه الابحاث. ولعل مؤلّف الدكتور كمال مدوّر هو من الابحاث العلمية النادرة في هذا المضمار، وهو خلاصة ابحاث عن نوعين من التربة اللبنانية درسها المؤلف خلال ممارسته لعمله كمهندس زراعي، واجرى عليها التجارب العملية، سنة بعد سنة، وموسمًا بعد موسم، واستخلص من نتائج اختباراته معرفة اعمق لخصائص التربة، وما تحتاج اليه من معونة المزارع للطبيعة: يعطيها كي تعطيه، ويغذيها كي تغذيه.

لم تدفع هذه الدراسة القيمة بصاحبها لنيل شهادة «دكتور – مهندس» فحسب، لكنها في الوقت ذاته، وعلى الصعيد العملي قد ساعدته على تكوين مركّب «عضوي – نباتي» دلّت التجارب على فعاليته القصوى واثره الملموس في استصلاح الأراضي.

وفي الحقيقة، ان شخصية الدكتور كمال مدوّر العلمية تكتمل بشخصيته المحبّة للطبيعة، التي كرّس لاحد أهم عناصرها، اي التربة، سنوات عديدة من حياته، حتى انه أصبح يعيش مع هذه الفكرة، ولها، الا وهي فكرة المحافظة على الطبيعة، في زمن كثرت فيه الدعوات، من كل حدب وصوب، ومن كل فرد متخصص ومؤسسة

متخصصة، وعُقدت الندوات، وأُسست الجمعيات في سبيل دعوة الناس والمزارعين على الاخص، الى تخليص الطبيعة من الضياع.

لقد بنى المُؤلف دعوته الى حب الطبيعة على اسس علمية مرتكزة على عاطفة واعية، وعلى نشاط واندفاع لا يكلّ ولا يملّ.

ان هذا المؤلَّف القيم، يضيف الى اهميته العلمية التي ذكرت، اهمية لغوية نحن في اشدّ الحاجة اليها في وقتنا الحاضر، لأن المؤلَّف المذكور يوفّر للباحثين والدارسين والمؤلفين في اللغة العربية تعابير علمية في اللغة العربية لا غنى عنها عند الكلام عن الزراعة والتربة بوجه خاص، ومما يضيف لمؤلفه قيمة فريدة من نوعها في وقتنا الحاضر.

وانني بهذه المناسبة، اذ اثني على المؤلّف وجهده العلمي الموفق الثناء العطر، ارجو له التوفيق في اغناء مكتبتنا العربية العلمية، وعلى ابراز الدور اللبناني في هذا المجال، وان يبقى عاملاً ناجحًا في خدمة العِلْم والوطن.

الدكتور جورج طعمه
رئيس الجامعة اللبنانية

مقدّمة

«انتج اكثر فأكثر» هذا هو السبيل الوحيد للحصول على امان واطمئنان حقيقي في حقل التغذية، وهذا ما صرّح به وزير الزراعة الاميركي الأسبق «ايرل بوتز» في روما قبيل انعقاد المؤتمر العالمي للتغذية في الخامس من تشرين الثاني من العام اربعة وسبعين بعد التسع مائة والألف.

ففي الحقبة الراهنة، وقد خطا العالم شوطًا في الربع الأخير من العصر العشرين، حيث الكثير من المجتمعات الاستهلاكية والبلدان الصناعية تشكو الترف والتضخم من جهة، والبطالة والتقلّص الاقتصادي، من جهة اخرى، نجد ان ثلثي البشرية تشكو من سوء التغذية ومن الجوع على حدّ سواء. ومن قبيل التحديد، كما صرّح المهندس الدكتور ادوار صوما، المدير العام لمنظمة الأغذية والزراعة (الفاو)، بمناسبة انعقاد المؤتمر العالمي للاصلاح الزراعي والتنمية الريفية في روما (تموز ١٩٧٩)، ان أكثر من مليار نسمة في العالم يعانون اليوم بؤسًا وفقرًا، وان اكثر من نصف مليار نسمة يعانون سوء تغذية فادحًا، وقد وصف هذا الوضع بانه «مأساة وفضيحة». تجاه هذا الواقع المرير، هل من سبيل للخلاص سوى انماء الريف ورفع الانتاج الزراعي؟ فمن المهم اذًا، لا بل من المفيد معرفة جميع العناصر التي تحدّد الإنتاج، ووضعها في اطارها الحقيقي والواقعي. كما انه لا يختلفنّ احد بانه، بالإضافة الى عناصر الانتاج المعروفة كرأس المال واليد العاملة والتقنية الزراعية، يجب الأخذ بعين الاعتبار ايضًا عنصر «التربة» واعطاؤه الأهمية القصوى. هذه التربة، التي تكوّن البيئة الصالحة التي تنمو فيها وعليها المادة الغذائية، ورغم الجهود التي بذلها العلم الحديث في انمائها وتحسينها، تبقى بعيدة المنال عن ايفاء غايتها تجاه التفجير الديموغرافي والسكاني الذي يشهده المجتمع المعاصر. وفي الوقت الذي تتمنى فيه

البلدان الفقيرة ان يتم تبادل السلع الغذائية بينها وبين البلدان الغنية المصنعة بشكل يؤمن لها مستوى معيشيًا لائقًا ويرفع عنها كابوس البؤس وخطر المجاعة، نرى، ويا للأسف، بأن الهوة ما برحت تتسع بينهما: فالبلدان المنتجة تزداد تخمة والبلدان المتخلفة تزداد بؤسًا.

في اوائل تاريخ البشرية المعاصر كان يقدر عدد سكان الكون بمئتي مليون نسمة، وبخمس مائة مليون في حوالى منتصف القرن السابع عشر. وخلال الثلاثة اجيال المنصرمة، ارتفع التكاثر البشري بشكل ملحوظ بحيث اصبح عدد الناس عام ١٩٥٠ يقارب المليارين والنصف، ليصل الى ستة مليارات بعد حلول العام الالفين. وما التذكير بهذا الخط التصاعدي الا للاقرار والاعتراف بأن التكاثر السكاني في العالم لم يكن ليتم لو لم يرافقه تقدم في الانتاجية الزراعية التي كان قوامها ثلاثة: تحسين خصوبة التربة، وتحسين السلالة النباتية، ومكافحة اعداء المزروعات من حشرات وأمراض واعشاب مضرة. ولكن رغم هذا التقدم فانه لا يزال هناك اليوم ملايين الناس يموتون جوعًا في مناطق العالم الثالث حيث يزداد عدد الولادات مليون كل خمسة ايام. وفي حين يسجل النمو الديموغرافي ٢,٦ ٪ سنويًا، حسب احصائيات (الفاو) في المناطق ذاتها، ليجعل عدد سكانها ٤ مليارات في ما بعد العام الفين، فان نمو الانتاج الزراعي للشخص الواحد كان صفرًا بالمائة (٠ ٪) في الحقبة ما بين ١٩٥٠ و ١٩٧٥. فيستنتج من ذلك وبصورة مقتضبة، انه في آفاق العام الفين سيكون سكان العالم مقسومين الى فئتين: فئة غنية متخمة تقدر بـ١,٣٠٠ مليار نسمة تعيش في اهراءات العالم (اميركا الشمالية، اوروبة، اوستراليا)، وفئة في المناطق المصنفة «العالم الثالث» عليها ان تكافح وتجهد لتصل الى الاكتفاء الغذائي وتدر بحوالى ٤ مليارات نسمة. وكما قال البروفسور «بورلوغ» اب الثورة الخضراء الحائز على جائزة نوبل للسلام، ان التكاثر السكاني في العالم المقدر بـ٦٦ مليون نسمة سنويًا يستوجب زيادة انتاجية الحبوب والحنطة بـ٢٧ مليون طن في السنة.

تجاه هذه الحقائق المؤلمة والمذهلة احيانًا، فما احرى بالإنسان ان يعمله لدرء خطر «المالتوسية» وتأمين ما يسمّى اليوم بالأمن الغذائي، سوى رفع الانتاجية الزراعية، والمحافظة على التربة التي تشكّل اهم عناصر تلك الإنتاجية، ثم تم العمل على المحافظة

على بيئة التربة اي التوازن الذي اوجدته الطبيعة بين التربة والكائنات المجهرية الحية، اي البكتريات او الميكروبات التي تعيش في التربة نفسها، فتعطيها الزخم والحيوية بتسهيل تفكك العناصر الغذائية لتأمين انتاج افضل. فمن هذا المنطلق. كانت الدوافع التي آلت بي الى اجراء ابحاث على تربة لبنان من حيث علاقتها بالبكتريات وبالمادة العضوية التي تكوّن مصدرًا وغذاءً لتلك البكتريات، وشرحها، اي الأبحاث، بصورة مبسطة بقدر الإمكان في هذا الكتاب. وقد يعذرني القارئ اذا ما ورد احيانًا في سياق النص تعابير تقنية غير مألوفة لدى القارئ العربي.

فهذا الكتاب ليس مجرد دراسة فنية «اكاديمية» تتوارد فيها النظريات العلمية، انما هو وليد نتائج الدراسات العلمية والاختبارات العملية التي قمت بها طيلة خمس سنوات متتالية على نوعين من التربة في لبنان: التربة الكلسية الحوارية البيضاء، والتربة الحمراء الخالية من المادة الكلسية، والتي كانت، اي الدراسات، مادة للاطروحة التي نلت على أساسها الدكتوراه، دكتور – مهندس في العلوم الزراعية، من المعهد الوطني العالي للبيولوجيا وكلية العلوم في جامعة ديجون – فرنسا.

وقد تركزت الدراسات والتجارب التي اجريتها في الحقل، اي على الطبيعة، وفي المختبر على السواء، على دور المادة العضوية في الحفاظ على التربة واخصابها، وتأثيرها على تكاثر الكائنات المجهرية الحية، اي الميكروبات او البكتريات بشكل اخص، ودور هذه الكائنات المجهرية، او بعض فصائلها، على خصوبة التربة وزيادة الانتاج الزراعي. كما ان الدراسة تبرز العلاقة والتفاعل بين البكتريات والمادة العضوية وتأثير الواحدة على الأخرى، ثم تأثير الاثنتين معًا على التربة ومن ثم على الإنتاج. وبعد اظهار دور كل من التربة ومن البكتريات وتأثير المادة العضوية على كل منهما، اخلص الى استنتاج الدور المهم الذي تلعبه المادة العضوية المتآتية من الأسمدة العضوية الطبيعية وخصوصًا الاصطناعية في الحفاظ على خصوبة التربة وزيادة الإنتاج الزراعي. كما اني، من خلال التحاليل والتجارب في تسميد النبات بالأسمدة العضوية المشار اليها، تمكنت من ابراز دور عناصر المادة العضوية لا سيما الكاربون والنتروجين، وتحديد معدلها، الذي اسمّيه المعدّل الكاربو نتروجيني، الملائم لتربة لبنان. ولا بدّ من التنويه بأن نوعي التربة الحمراء والبيضاء التي اجريت عليهما

التجارب، يمثّلان بشكل عام، الترب الماثلة الواقعة على شرقي حوض البحر الأبيض المتوسط الممتدة من الشاطئ اللبناني حتى شبه الجزيرة العربية بما فيها اراضي المملكة العربية السعودية والخليج العربي.

وأخيرًا، وبعد تحديد الدور الذي تلعبه كل من المادة العضوية والبكتريات، وبالاستناد الى النتائج التي اعطاها نوع معين من التربة مسمّد بنوع معيّن من الأسمدة العضوية، اخلص الى استنتاج طرق علمية لتسميد التربة بالمادة العضوية تهدف في آن واحد الى الحفاظ على التربة، والحدّ من إنجرافها، والاحتفاظ بخصوبتها، بفضل المواد العضوية، والى زيادة الانتاج الزراعي. واني آمل ان تكون دراستي هذه عن المادة العضوية والبكتريات او الكائنات المجهرية الحية في التربة، محاولة علمية متواضعة قد تساعد على حل لغز من الغاز الطبيعية، الذي، اذا ما تمكّن المزارع النبيه من ادراكه، يعود عليه بالنفع الأكيد. كما ارجو ان تكون هذه المحاولة ايضًا حافزًا لي ولغيري لمتابعة الأبحاث في هذا المضمار، على نواحي متعددة، كان من المتعذّر الولوج في خضمها والاحاطة بجوانبها في اطار بحث معيّن ومحدّد الجوانب.

ان تربة لبنان، كسائر التُرَب الواقعة على الحوض الشرقي للبحر الأبيض المتوسط، هي ذات مناخ متوسطي حيث تبقى الحرارة بحدود معتدلة، فلا برد قارس ولا حرّ محرق، تكوّن الحقل الملائم والمهم لدراسة المادة العضوية وتحركها وتفاعلها واندثارها. ونظرًا للتفاعل الموجود بين المادة العضوية، مصدر عنصرَي الكاربون والنتروجين، وبين الكائنات المجهرية الحية المعروفة بالميكروبات او البكتريات، والتي هي عناصر مهمة في اخصاب التربة، ونظرًا لتأثير الواحدة على الأخرى، فلا يعقل ان يصار الى درس المادة العضوية في تربة معينة دون الأخذ بعين الاعتبار هذه الكائنات المجهرية الحية.

ان النظريات الحديثة العائدة الى تكوين التُرَبْ تأخذ بعين الاعتبار اكثر فأكثر دور الكائنات المجهرية الحية في هذا التكوين. ان العالِمَيْن «اوبير» و«بولان» (١٩٦٧)، يحددان التربة بكونها «نتيجة تغيير وتحويل وتحريك وتنظيم طبقات الأرض العليا تحت تأثير الحياة والمناخ وتقلبات الطاقة الاحيائية». كما ان العالِمْ «دوميرغ» (١٩٧٠)، يعتبر بأن هذه النظرية تتلائم تمامًا مع سنّة «علم البيئة» بمفهومها الضيّق، اي بيئة الكائنات المجهرية او الميكروبات، بأن هذه الكائنات

المجهرية الحيّة لا تتأثّر بمفعول البيئة التي تحيط بها أو المكان التي تعيش فيه فحسب، انما تعمل على تغيير خصائص هذه البيئة وهذا المكان. بمعنى آخر، اذا كان تركيب الكائنات المجهرية الحية في التربة أو ميكروبات التربة، وعملها وفعلها يتأثّر بنوع التربة وطبيعتها، فان للكائنات ذاتها من الناحية الأخرى، تأثير مباشر على طبيعة التربة ومركباتها العضوية وعلى خصائصها الفيزيائية وتركيبها. اذًا، ان درس التربة من الناحية الفيزيائية، اي درس طبيعتها، ومن الناحية الكيميائية، أي درس مركباتها وتفاعلاتها، لا ينفصم عن درس الكائنات الحية التي تعيش فيها، سواء اكانت مجهرية او نباتات او ميكروبات او حيوانات صغيرة بمعنى ميكروسكوبية او مجهرية.

فانطلاقًا من هذا الواقع وهذه الحقائق، ان الغاية من درس المادة العضوية في تربة لبنان هي اولاً، معرفة النوعين الأساسيين من التربة ومدى تفاعلها مع المادة العضوية والكائنات المجهرية الحية. وهذا التفاعل يتمّ بوجود الأسمدة الطبيعية، لا سيما سماد الماعز، والأسمدة العضوية الاصطناعية، مستعملة كليهما، اما لحالها واما ممزوجة مع الأسمدة المعدنية كسماد فوسفات الأمونيوم. ثم بالدرجة الثانية، معرفة مدى امكانية الأسمدة العضوية الاصطناعية، بأن تحلّ مكان الأسمدة الطبيعية، بالحفاظ على التربة والحد من انجرافها، وعلى الكائنات المجهرية الحية في التربة باستمرارية تكاثرها. فمتى عرفنا دور المادة العضوية، المتأتية من الأسمدة الطبيعية أو الأسمدة العضوية الاصطناعية، في الكائنات الحية والميكروبات، ودورها في الحفاظ على التربة وعلى خصوبتها، نستطيع عندئذ، على ضوء نتائج التجارب، استخلاص قاعدة أو طريقة للتسميد، تحافظ على التربة وعلى الخصوبة فيها، وتحد من انجرافها، يمكن النصح باعتمادها من اجل انتاج افضل.

ان الخصب او الخصوبة او الاخصاب، هو مقدرة التربة على تأمين انبات النباتات الزراعية وتكملة دورتها الحياتية واعطاء انتاجها بأسرع وقت ممكن. ولكن هذه الخصوبة متعلقة الى حد كبير بعمل وحيوية العوامل التي تميز التربة، وهي العوامل الفيزيائية والكيمائية والإحيائية او البيولوجية. فمتى اتحدت هذه العوامل وتوفّرت في التربة، فانها تعمل منها موطنًا خصبًا لحياة النباتات.

على الصعيد العالمي، ان خصوبة التربة تكاد تكون مهدّدة. ويجمع البحاثة بأن افتقار التُرَب في العالم يزداد بشكل مقلق. فعلماء جامعة «غوتنغن» في المانيا

الاتحادية، وبعد ان جردوا كل المساحات غير المستثمرة في العالم، وصلوا الى نتيجة مذهلة، وهي ان خصوبة الأراضي الممكن استعمالها زراعيًا، تتدنى بسرعة قصوى. فقد تبيّن لهم بأن هناك مساحات شاسعة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية تندثر وتقحل، وان التُرَب الصالحة للزراعة تضعف وتفتقر الى حدّ انها تهدّد الانتاج الزراعي في العالم باسوأ الكوارث. فقد تبين في عشرات السنين الأخيرة، ان سوء استعمال التربة، سواء بالزراعات المكثفة، أو بعدم استعمال المادة العضوية، أو بالاسراف في استعمال الأسمدة الكيماوية، دون مراعاة التوازن الاحيائي، ادّى الى تلوّث التربة واتلاف مساحات زراعية تزيد على المليارى هكتار.

وفي آسيا الجنوبية، ان مساحات تقدّر بمئات الملايين من الهكتارات قد اتلفت بسبب سوء الاستعمال. وبرأي البروفسور «ريهم»، مدير معهد الزراعات الاستوائية في الجامعة المشار اليها، انه من المتعذّر اعادة هذه المساحات الى الحالة الانتاجية الطبيعية. فان قطع الأشجار والنباتات او حرقها، يؤدّي الى فقدان عناصر النتروجين من التربة، كما ان عناصر غذائية اخرى، كالفوسفور والبوطاس والكالسيوم، تصبح بحكم المفقودة بحيث، اما تتقاذفها الأمطار، واما تذهب هدرًا باعماق التربة لعدم وجود المادة العضوية اللازمة التي تكون بمثابة كلابة تلتقط المواد الكيمائية، اي المواد الغذائية، وتعمل على تفككها بفضل البكتريات، وتقدمها غذاءً جاهزًا للنباتات. اما في مناطق اخرى في العالم، فالحالة تسير من سيّئ الى اسوأ كما يقول البحاثة ذاته. ففي الفيليبين، ان ثلاثة ارباع المساحات المزروعة مهدّدة بالقحل، وجزيرة «جافا» خسرت حوالي نصف مساحاتها الزراعية، ومدغشقر فقدت تسعين بالمائة من ارضها المزروعة ايضًا تحت فعل الفيضانات. كما ان حالات مماثلة عرفت في الحبشة، وتنزانيا، والموزانبيق وراوندا وبوروندى. وفي الولايات المتحدة الأميركية ايضًا، فان وضع الأرض الزراعية لا يختلف عما سبق. فمنذ عام ١٩٣٣، ان استغلال الأراضي الزراعية بشكل مكثف بالزراعات الموحدة الممكننة، ادّى الى انجراف التربة بشكل رهيب، اذ ان ٢,٣٥ مليون كيلومتر مربّع في منطقة الوسط الغربي (الميدل وست)، قد أُتلفت واصبحت غير صالحة للاستعمال الزراعي. ولو توفرت بعض الاحصائيات الأخرى، لوجدنا ان اللائحة ستطول، وان شبح الكارثة سيبسط يديه على بلدان أخرى. وهنا يجمع الباحثون على القول بأنه، اذا ما اراد العالم أن يتفادى كارثة

مجاعة لا مثيل لها في تاريخ البشرية، فما عليه الا ازالة المسببات، ويكون ذلك بتحريش المساحات القاحلة، وبالتقليل من الزراعات الموحدة، وبعدم الاستغناء كليًا عن الحيوانات الداجنة باحلال الآلة مكانها، وخصوصًا واخيرًا، باغناء التربة بالمادة العضوية.

وبالنسبة الى لبنان حيث ان تربية الأبقار والماعز ومزارع الدواجن، مصدر المادة العضوية من السماد الطبيعي يتضاءل عامًا بعد عام، (١٩٦٤ كان عدد الأبقار ١٠٤ آلاف رأس وعدد الماعز ٥٠٠ الف رأس، فاصبح عام ١٩٧٢ هذان الرقمان: ٦٧ الفًا للابقار و٣٥٤ الفًا للماعز والتناقص مستمر)، وحيث ان تسميد التربة بالمادة العضوية يخف تدريجيًا بفعل ندرة الأسمدة الطبيعية، فان بحثنا سيتركز في اطار دراسة المادة العضوية والتربة، على اقامة التجارب في الحقل وفي المختبر على نوع من السماد الطبيعي، وهو سماد الماعز «النكوِّب»، وعلى نوعين من الأسمدة العضوية الاصطناعية، وهما سماد هوموباكترا، وسماد بلانكتون. كما ان استعمال هذه الأسمدة سيكون، اما بمفردها اي كل نوع على حاله، واما ممزوجة بسماد معدني كيمائي هو فوسفات الأمونيوم، المعروف بالديامونيوم فوسفات. واخيرًا سنحاول معرفة تأثير كل من الأسمدة العضوية التي استعملت على الكائنات المجهرية الحية في التربة، بالنسبة لنموها وتكاثرها وتأثيرها على نمو النباتات، وخصوصًا معرفة دورها في اغناء التربة بالمادة العضوية، وبالتالي تأثيرها على الانتاج.

ان لبنان الزراعي هو كناية عن فسيفساء مزروعات ممتدة على مساحة ٢٢٠ الف هكتار من اصل ٤٠٠ الف هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة، اي ما يوازي ٢٢ بالمائة من مساحته البالغة مليون هكتار. والأراضي الزراعية تتألف من سهول وتلال ومنحدرات بمساحات زراعية تقريبًا متوازية. ففي المنحدرات والتلال، ان انشاء بساتين التفاح بشكل جلول اوقف انجراف التربة. كما ان سهل عكار وسهل البقاع والسهول الممتدة على الشواطئ من الشمال الى الجنوب، معظمها تشكّل مراكز زراعية مهمة وذات ثقل في هيكلية لبنان الاقتصادية. الا ان التربة، العائدة الى كل من هذه التكوينات الطبيعية، او التي عملت فيها يد المعول والآلة، هي ضعيفة بفعل الاستثمار المكثف، أو الاستثمار العائلي التقليدي، حيث لم يراع المزارع قط بيئة التربة، او التوازن البيولوجي الاحيائي من جهة، والغذائي من جهة أخرى. وبمطلق

الأحوال ان التربة قليلة العمق، وأحيانًا غير موجودة بالمعنى العلمي للكلمة، ونادرًا ما تصل فيها نسبة المادة العضوية الى الاثنتين بالمائة، وهي النسبة المقبولة في الأراضي الخصبة. اما مناخات لبنان فهي متعددة بتعدد طبيعة مناطقه الجغرافية. فضمن مساحة لبنان الضيقة يسيطر المناخ شبه المتوسطي على المناطق الشاطئية، والمناخ المعتدل في المناطق الجبلية، والمناخ الشبه الصحراوي في منطقة البقاع وسهله كما في سهل عكار. وما جغرافية الانتاج الزراعي الا صورة عن جغرافية المناخ، بحيث ان كل مناخ يعدّ التربة الى نوع معيّن من المزروعات، او الى عدة أنواع متشابهة من حيث متطلباتها من الحرارة والرطوبة والبرد. وهذا ما يميز الزراعة اللبنانية بالتنوع، بحيث ينتشر على الاثنتين والعشرين بالمائة من المساحة الصالحة للزراعة، حوالي الخمسين نوعًا من الزراعات، اهمها التفاح والإجاص والخوخ والمشمش والجنارك والدراق والحمضيات والموز والكرز والزيتون ودوار الشمس والقمح والزراعات الخضرية وزراعات الحبوب وغيرها.

وأخيرًا من أجل سبر غور التربة ومعرفة علاقة الكائنات المجهرية الحية بها وتأثيرها عليها اي على التربة، وتأثير هذه الأخيرة على تلك الكائنات المجهرية، وعلاقة الفئتين بالأسمدة العضوية وبدور هذه الأسمدة في الحفاظ على التربة وفي الإنتاج الزراعي، من اجل معرفة وحصر كل هذه الظاهرات، وجب اتباع تجارب عديدة في الحقل وفي المختبر على نوعي التربة المشار اليهما سابقًا: اي التربة الحمراء، في محطة تجارب تربل في البقاع، التابعة لمصلحة الأبحاث العلمية الزراعية (وزارة الزراعة اللبنانية)، والتربة الحوارية البيضاء، في محطة لبعا في الجنوب قضاء جزين، التابعة للمصلحة الوطنية لنهر الليطاني. وهذه التجارب حتمت اجراء تحاليل فيزيائية وكيمائية وبكترويولوجية تقارب الثمانمائة تحليل لكل نوع من التربة، قبل الاستعمال اي قبل الزرع، وبعده. كما ان درس الدورة الحياتية للنتروجين اظهرت بوضوح خصائصه، وتأثيرها على الانتاج، وهي النشدرة اي التقاط النتروجين أي الآزوت وتفككه، ثم النترجة، اي تحويله الى نترات سريع الذوبان، بفضل التأكسد، وأخيرًا تقويض النترجة، اي تفكك النترات وتبخرها او استهلاكها من قبل النبات. هذه الخصائص ستساعد على تحديد فعالية المادة العضوية المستعملة في التسميد، ومدى تجاوب كل من نوعي التربة معها. وعلى ضوء هذه التفاعلات

والنتائج، يمكن استخلاص او تحديد طريقة او طرق علمية لتحسين التربة، وبالتالي لتحسين الانتاج الزراعي

ولا بد من الاشارة الى انه، قبل الولوج بدرس التربة وشرح التجارب ونتائجها، وقبل الوصول الى التحاليل البكتريولوجية، من المفيد جدًا اعطاء لمحة ولو وجيزة، عن بيئة لبنان وجيولوجيته وموقعه الجغرافي وعن المناخ والحرارة والأمطار والمياه والأنهار. كما ارجو لفت نظر القارئ الكريم الى الصفحة الخاصة في مستهل هذا الكتاب، المشروح فيها بعض المصطلحات العلمية التي قد يتعذّر على القارئ غير الاختصاصي فهمها.

المؤلف

شرح بعض العبارات العلمية

المواد البوليسكاريدية

مواد لزجة مجلّة تفرزها البكتريات او الكائنات المجهرية الحية.

البكتريات

كائنات مجهرية اي ميكروسكوبية حية تعيش في التربة وتتكاثر في الموطن الملائم لها.

قابل التمثيل

صالح للتفكك لكي يتغذى به النبات.

الشاهد او الشواهد

المقاطع من التربة التي اجريت عليها التجارب والتي لم تسمّد، بالمقارنة مع المقاطع التي وضعت فيها الأسمدة.

المعدل الكاربونتروجيني

المعدّل او المعادلة الحاصلة بين مادة الكاربون وبين مادة النتروجين: $\frac{\text{كاربون}}{\text{نتروجين}}$

تركيز شوارد الهيدروجين

معدّل الحموضة في التربة، ويترجم كما يلي:

دون الرقم ٥ : حموضة

بين الرقم ٦–٧ : معتدل اي لا حمضي ولا قلوي (كلسي)

من الرقم ٧ وما فوق : قلوي أو كلسي

النتروجين

المادة الآزوتية المتفرعة من النشادر وهي احدى المواد المعدنية الثلاث المغذية للنبات: (الأزوت – الفوسفات – البوطاس).

فوسفات الأمونيوم

مواد مركبة من الفوسفات والأمونيوم او النشادر.

اليوريا

سماد كيماوي ناتج عن تفاعل الأمونيوم او النشادر مع الغاز الكاربوني.

النشدرة

تفكك المادة العضوية لتعطي الأمونيوم او النشادر، كما تصح في تفكك السماد الآزوتي ليحرّر الآزوت.

النترجة

تفكك النشادر ليعطي النترات وهو الآزوت المؤكسد.

تقويض النترجة

تفكك النتروجين الذي يكون قد اصبح بحالة النترات ليتبخّر بشكل غازات او ليعود الى حالة النشدرة.

ميكرون

جزء من مليون

المالتوسية

نسبة الى «مالتوس» العالم الاجتماعي الاقتصادي الانكليزي القائل بأن المادة الغذائية تنمو حسب قاعدة حسابية بسيطة كجمع ثلاثة مع ثلاثة لتعطي ستة، في حين الناس يتكاثرون حسب قاعدة هندسية تصاعدية كضرب ثلاثة بثلاثة لتعطي تسعة.

الهوموس

مادة رمادية اللون، متفرعة عن المادة العضوية الناتجة عن النباتات، ومكونّة من الحوامض الامينية والفينولية والآزوتية. لها دور رئيسي في اصلاح التربة وتغذية النبات.

الفصل الأول

البيئة

١. موقع لبنان الجغرافي وطبيعته الفيزيائية

يقع لبنان بين خطي العرض ٣٣ درجة و٤ و٣٤ درجة شمالاً، وبين خطي الطول ٣٥ درجة و٤٠ و٣٦ درجة شرقًا، ويحتل على البحر الأبيض المتوسط مركز الوسط في شاطئه الشرقي مطلاً عليه بواجهة طولها ٢١٠ كلم. تبلغ مساحة لبنان ١٠٤٠٠كلم٢، وتحده سوريا من الشمال والشرق، وفلسطين من الجنوب والبحر الأبيض المتوسط من الغرب.

تغلب على لبنان صفة البلد الجبلي حيث تنتظم تضاريسه في سلاسل جبلية كبرى موازية للشاطئ، اتجاهها من الشمال الشرقي الى الجنوب الغربي. اما الشاطئ، فهو بصورة عامة قليل التعاريج، تظهر فيه بعض الخلجان الواسعة (خليج عكار، وخليج شكا، وجون جونيه، وخليج مار جرجس)، وبعض الرؤوس (رأس ميناء طرابلس، رأس شكا ورأس بيروت). واذا كانت الأرصفة الصخرية نادرة، فيما عدا رؤوس شكا وبيروت، فان السهول الساحلية ضيقة، ومتقطعة احيانًا، تنخفض في الشمال من عكار وفي جنوبي النهر الأولي، ويتراوح متوسط عرض السهل بين كيلومترين وثلاثة كيلومترات، وينتهي على البحر بشاطئ رملي مستقيم.

تمتد خلف الشاطئ مباشرة سلسلة جبال لبنان الغربية بالغة ذروة ارتفاعها في القرنة السوداء ٣٠٨٣م، مؤلفة حاجزًا يبلغ متوسط ارتفاعه ٢٢٠٠م، وتخترقه بصعوبة بعض الممرات المرتفعة، كممر ضهر البيدر الذي تجتازه طريق دمشق – بيروت، وارتفاعه ١٥٥٠ مترًا، وممر الأرز الذي يبلغ ارتفاعه ٢٦٠٠م. ويبعد الخط، الذي ينتظم بقمم الجبال الغربية، موازيًا للساحل، مسافة ٣٠ كلم عن البحر. وتنحدر هذه السلسلة عاموديًا على البقاع من جهة الشرق، بينما تنحدر بهدوء

نحو الغرب. مؤلفة في انحدارها هضابًا ومرتفعات تتدرج في ارتفاعها من الشاطئ نحو الداخل حتى علو ١٠٠٠ م او ١٢٠٠م. يخترق هذه المرتفعات عدد كبير من الأنهار الصغيرة التي تصب في البحر بعد ان تتدحرج من أودية عجيبة رائعة كوادي قاديشا ونهر ابراهيم.

ويشتد التقطع احيانًا فتتحول الهضبة الى حروف ضيقة تجتازها الطرق وتقوم عليها القرى. وتطل على هذه المرتفعات من الشرق القمم الصخرية او الجبال التي ترتفع احيانًا فوق ٢٥٠٠م.: القمومة ٢٢١٥ م ، والمكمل ٣٠٨٣م، والمنيطرة ٢٠٧٢م، في الشمال، وصنين ٢٦٢٨م، والكنيسة ٢٠٩١م، في الوسط، ويتدنى علو جبل الباروك الواقع جنوبي ممر ضهر البيدر ليبلغ ١٩٤٨م.

تنحصر ما بين المرتفعات المتباعدة، القريبة من الساحل والقمم العالية الجرداء، منطقة وسيطة ضيقة ذات اهمية اقتصادية كبرى، وتعود اهميتها الى توافر ينابيع مهمة تتفجّر من سفوح الجبال، والى وجود منحدرات سالكة ذات اراضي خصبة ومناخ جيد. كل هذه الأسباب جعلت، من القسم الأعلى لمجرى الأنهار والوديان الكبرى، منطقة القرى الآهلة بالسكان، وبساتين لزراعة التفاح، ومراكز للاصطياف ولممارسة رياضة الشتاء اي التزلج.

تبلغ السلسلة الجبلية اقصى ارتفاعها، واتساعها شمالي مدينة بيروت، خاصة في قضائي جبيل والبترون. وتقع في الشمال، بين البحر والجبل، منطقة منخفضة اكثر اتساعًا، هي مرتفعات عكار التي يتراوح علوها بين ثلاثمائة متر وستمائة متر، ومنخفض الكورة الذي يتراوح علوه من مائتي الى ثلاثمائة متر. وتنعكس الآية جنوبي بيروت، اذ يتناقص العلو بصورة بارزة للعيان، ولا سيما خارج محور جبلي الباروك ونيحا، فبتلاشي اثره قرب منعطف الليطاني الكبير شمالي مرجعيون.

وتتألف التضاريس عندئذ من مرتفعات يتراوح علوها بين ٦٠٠ و١٢٠٠م، شمالي نهر الأولي، بينما تنخفض كثيرًا في الجنوب اذ يبلغ ارتفاعها ما بين ٤٠٠ و٦٠٠م، ولا تزيد عن هذا الارتفاع الا في جبل عامل جنوبي القاسمية والذي يعلو ٩٠٠ م. ويلاحظ في هذه المنطقة، أيضًا، وجود شبكة واسعة من الوديان العميقة تخترق المرتفعات وتؤلف موانع تعيق المواصلات، وتحول دون الاستفادة من الأرض في الزراعة.

تمتد بين سلسلتي جبال لبنان الغربية والسلسلة الشرقية وهدة البقاع الطويلة الداخلية التي تؤلف سهلاً ضيقًا يتراوح عرضه ما بين ١٠ الى ١٥ كلم، ويبلغ متوسط ارتفاعه ٩٠٠ م.

تشتد وعورة البقاع في طرفيه بينما تستوي ارضه بميل قليل نحو الجنوب بين بعلبك والقرعون. وبعد ان يستمر في الارتفاع حتى يبلغ علوه حوالي ١١٠٠م. في منطقة بعلبك، فان الوهدة الوسطى تنخفض متسعة شمالاً باتجاه بحيرة حمص. ينبع من هذا المنخفض نهر العاصي الذي يجري في واد منقطع وعميق. وتغلق سهل البقاع في الجنوب مرتفعات وهضاب، الجبل الغربي ٥٠٨م، وجبل الضهر، التي تتخللها وديان عميقة وعرة يجري فيها الليطاني.

تؤلف سلسلة الجبال الممتدة شرقي سهل البقاع الحدود الطبيعية مع سوريا، وتتألف في قسمها الشمالي من الجبل الشرقي الضخم الذي يبلغ اقصى ارتفاعه في طلعة موسى ٢٦٢٩م، مكونًا بذلك حاجزًا يبلغ متوسط ارتفاعه حوالي ٢٠٠٠ م، لا يجتازه اي ممر سالك. وتتوالى جنوبي هذا الجبل مجموعة وهاد ومنخفضات تمر فيها طريق دمشق، ثم يرتفع بعدها هرم حرمون الشامخ الذي يبلغ ارتفاعه ٢٨١٤ م، وينحدر عاموديًا على وادي نهر الحاصباني الذي يجري نحو الجنوب موازيًا نهر الليطاني.

أ) المناخ :

يتأثّر مناخ لبنان بالمسافة التي تفصله عن خط الاستواء، وبتنوع جباله وبقربه من البحر (بلانشيه ١٩٦٦). وتشتهر الجبال اللبنانية بوعورتها وبالسلسلة التي تفصل الساحل والشاطئ عن البقاع، والمعروفة بالانتي-ليبان، وسلسلة الجبال هذه مقسمة بفعل الانجرافات الجيولوجية عبر العصور، ولا بد ان تخلق مناخات عديدة ممّا سبّب بانشاء محطات عديدة للرصد الجوي، اولها واهمها محطة الجامعة الأميركية-في بيروت - وهي تعمل منذ ما يزيد على المائة سنة، ومحطة كساره في البقاع التابعة للآباء اليسوعيين، والتي ما زالت تعمل منذ أواخر الحرب العالمية الأولى. ويبلغ عدد المحطات حاليًا حوالي المائة محطة، وهي مقسمة الى ثلاثة أقسام : المحطات الأساسية، المحطات العادية ومحطات مراقبة هطول الأمطار.

ب) الحرارة :

ان الحرارة في لبنان هي معتدلة ولا تسجل تغيرات مهمة مع تغيير الفصول الأربعة. كما ان التغيرات التي تحدث، على طول النهار وقصره، مع اختلاف الفصول، ليست بذات شأن يذكر، مع العلم بأن كل فصل من فصول السنة يتميز بخصائص ومميزات تجعله يختلف عن الآخر خلافًا لما هو في كثير من بلدان العالم.

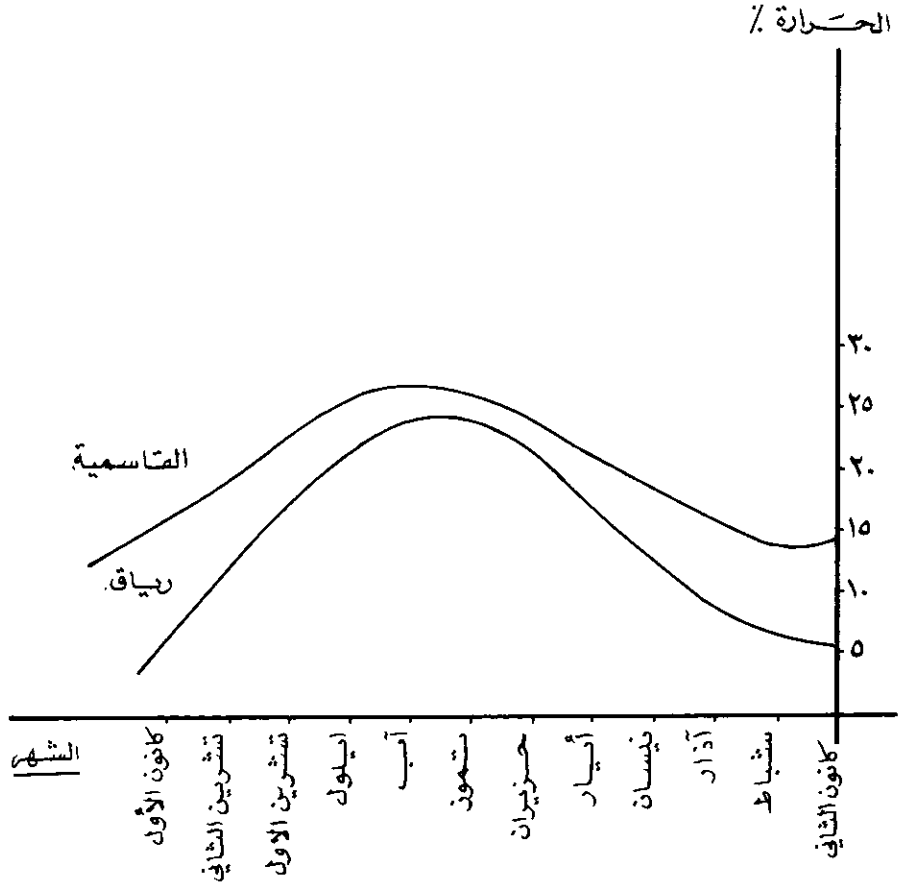
فالمنطقة الشاطئية تتميز بشتاء دافئ حيث لا يظهر الجليد الا نادرًا. وكما هو مبين في الرسم ادناه، ان الحرارة في القاسمية، منطقة لبعا حيث محطة تجارب الليطاني، في شهري كانون الثاني وشباط هي ١٣,٢ درجة مئوية و١٤,٦ درجة مئوية، ثم تبدأ في الارتفاع تدريجيًا لتصل الى حد اقصى ٢٧,٢ درجة مئوية في شهر آب، ثم بعدها تتدنى تدريجيًا أيضًا لتصل الى ١٦,٥ درجة، وهي الدرجة الدنيا في شهر كانون الأول. فيكون معدّل الحرارة السنوي لهذه المنطقة ٢٠,٥٠ درجة مئوية.

اما في المنطقة الداخلية، في سهل البقاع حيث توجد محطات رياق وتربل وتل العمارة، فان الرسم يبيّن درجات حرارة اقل ارتفاعًا ولكن دائمًا معتدلة، اذ تتراوح بين ٥ درجات مئوية في الأشهر الأكثر برودة ككانون الثاني وشباط، وهي الدرجة الدنيا، لتعود فترتفع تدريجيًا لتصل الى الدرجة العليا وهي ٢٣ – ٢٤ درجة مئوية في شهري تموز وآب، وهما الشهران الأشد حرًا؛ ثم تتدنى فيما بعد تدريجيًا لتصل الى ٦,٧ درجات و ٦,٨ درجات مئوية في شهر كانون الأول. فالمعدل السنوي العام ١٤,٥ درجة مئوية لرياق، و ١٤,٨ درجة مئوية للقاسمية. وتجدر الاشارة الى ان الحرارة تتدنى كلما ازداد الارتفاع عن سطح البحر بحوالي ٠,٦ درجات مئوية لكل مائة متر، ومع تدني الحرارة يزداد حدوث الجليد. فان محطة الأرز التي تعلو عن سطح البحر ١٩٢٥ مترًا تشير الى وجود مائة وثلاثة ايام جليد في السنة.

وفصل الربيع يتميّز بقصره وبشدة رياحه. وبقدر ما يتغيّر اتجاه الرياح، يحدث تغيرات مفاجئة للحرارة ولرطوبة الهواء. فالرياح «الخمسينية» المتأتية من صحراء افريقيا الكبرى، تتميز بكونها حارة وجافة وأيضًا بقساوتها في الفترة الممتدة ما بين شهر آذار وشهر أيار من كل عام. في هذه الفترة، ان معدل الحرارة القصوى يضاهي احيانًا معدّل حرارة فصل الصيف. وبعكس ذلك، فان الهواء البارد المتأتي

من الداخل، وينحدر عبر السلسلة الجبلية باتجاه معاكس للريح «الخمسينية». فهو بالأساس سبب تدني الحرارة في الشتاء.

اما فصل الصيف، فيمتاز بامتداد فترته وبحرارته التي يبلغ معدلها الحد الأقصى اي ٢٧ درجة مئوية على الشاطئ في شهر آب، ليتدنى تباعًا مع العلو عن سطح البحر. والمناطق الداخلية، البعيدة عن سطح البحر، تتميز بشدة الحرارة، ولكنها تقترن بالطراوة كلما زاد ارتفاعها. والفوارق الحرارية بين النهار والليل كبيرة في البقاع. فالحرارة تكون متدنية لحد البرودة ليلاً، وأكثر ما هي عليه على الشاطئ، بينما تكون في النهار مرتفعة وشديدة لتصل احيانًا الى ٣٥ درجة مئوية واحيانًا اكثر. ان هذا المعدّل يدوم حوالي ١٥ يومًا في رياق (البقاع) وحوالي ١٢ يومًا في دمشق (سوريا).



وأخيرًا يتميز فصل الخريف بكونه احلى فصول السنة في لبنان. فالحرارة تصبح اخف وطأة والبرودة تأتي ببطء. فلا تغيرات مفاجئة بالحرارة، ولا تهب الرياح العاتية كما يحدث في الربيع، ورطوبة الهواء على الشاطئ توسم بالاعتدال.

جـ) الأمطار :

ان لبنان، اذا ما قيس بالبلدان المجاورة له، يمتاز بأهمية كميات المطر المتساقط على ارضه. عام ١٩٧٥، كما عام ١٩٧٩، لغاية العشرين من شهر ايار، بلغت الكميات المتساقطة ما يزيد على الألف ملليمتر. وسبب ذلك ان الجبال الشاهقة المنتصبة قبالة البحر المتوسط، تكوّن حاجزًا تصطدم به الغيوم المتلبدة والتقلبات الجوية، بحيث تتهاوى امطارًا او ثلجًا حسب مستوى حرارة التصادم. وبقدر ما تكون الجبال عالية تكون كمية الأمطار مرتفعة، كما يدل على ذلك الترابط بين سلسلة مناطق جبل لبنان الغربية وكميات المطر المتساقطة. فمعدل الأمطار الساحلية لا تتعدى الثمانمائة ميلليمتر، بينما هذا المعدل يفوق الألف وخمس مائة ميلليمتر على علو الثلاثة آلاف متر. ولكن كميات الأمطار تتدنى في الجهة الشرقية من ذات السلسلة التي لا تنعم بمعدل عال من المطر. فقاع الريم (علو ١٣٢٠ مترًا) يتساقط فيها ١٢١١ ملم، بينما على الناحية السفلى، زحله علو (٩٩٠ مترًا)، لا تتعدى الأمطار المتساقطة ٦٢٥ ملم. في وادي البقاع، يتدنى مستوى الأمطار من ٧٥٠ ملم في الجنوب الى اقل من ٢٥٠ ملم في الشمال. ومن جهة سلسلة الجبال الشرقية، فان توزيع الأمطار يتمّ بشكل مماثل ولكن بكميات اقل. وبصورةٍ اشمل يمكن القول بأن نظام الأمطار في لبنان هو متوسطي (نسبة الى البحر الأبيض المتوسط). فالأيام الممطرة تمتد من تشرين الأول الى ايار؛ وتبلغ الأمطار حدها الأقصى بين شهري كانون الأول وشباط، ويخلف ذلك فترة الجفاف والحر التي تمتد لغاية شهر ايلول.

يبتدئ الفصل الممطر في شهر تشرين الأول. ولكن هذا الشهر يعد عمليًا بين الأشهر الجافة، بحيث ان الأمطار المتساقطة خلاله ليست ذات شأن، وهي تختلف باختلاف المناطق. فمعدل الشتاء التشريني على الشاطئ يبلغ ٢٦ ملم. في منطقة القاسمية، بينما في البقاع يبلغ ١٦ ملم في تل العمارة، و١٨ ملم في رياق. ويتميز شهر

كانون الأول بتفاوت توزيع كميات الأمطار، ولا عجب اذ يتخلل الأيام الغزيرة المطر، ايام مشرقة. ان ايام هذا الشهر هي الأكثر نورًا في السنة.

فأبان اشهر الشتاء الثلاثة يتساقط ٦٠ – ٧٠ بالمائة من الأمطار، بنسبة قصوى لشهر كانون الثاني التي تبلغ ٢٥ بالمائة من المعدل السنوي العام. كما ان فصل الشتاء يتخلله ايام مشرقة جميلة بين عاصفتين ممطرتين. والمطر يخف تدريجيًا في فصل الربيع كمية وكثافة. فان آخر الأمطار، التي تزيد على العشر ميلليمترات، تنتهي ما بين ١٥ نيسان و١٥ ايار من كل عام. اما اشهر الصيف فتتميز بحرارتها وتعتبر ناشفة من الجهة العلمية «الاحيائية».

هذا وان الأمطار في لبنان تتميز بغزارتها وقوتها (تساقط في بيروت ٣١٥ ملم وفي اللقلوق ٤٨٢ ملم ما بين ١٧ و ٢٦ تشرين الثاني عام ١٩٦٤). وغالبًا ما تؤدّي هذه الظاهرة الى انجراف التربة في المناطق المنحدرة، وخصوصًا عندما تكون من النوع الحواري ذات المقدرة النفاذية الضعيفة. اما في السهول المنبسطة، كسهل عكار وسهل البقاع، فان مياه الأمطار تترسب فيها لتحدث احيانًا في التربة مستنقعات تعيق الأعمال الزراعية. واذا ما صادف ان تكون طبيعة التربة كلسية التركيب، فان المياه تنفذ بالعمق لتجري داخل الأرض؛ وعندما يتحسن الطقس ويطول الجفاف بعد الرطوبة القوية، يحدث التشقق على وجه التربة ويتعطّل استعمالها.

د) المياه والأنهار :

يعتبر لبنان غنيًا بالمياه، على الرغم من فترة الجفاف الصيفية الطويلة التي تستمر اكثر من خمسة اشهر، ومن وجود المرتفعات الجافة والجبال الكلسية. وتشهد على ذلك ينابيعه المتعددة وشبكة انهاره الدائمة. وبالفعل فان البلد مروي جيدًا اجمالاً، لا سيما في السفح الغربي من سلسلة جبال لبنان الغربية؛ وان المياه الهاطلة في الشتاء، تتخزن في الجبال العالية بشكل ثلوج، وان جميع الكتل الكلسية تبدو وكأنها خزانات طبيعية واسعة.

يوجد في لبنان حوالي خمسة عشر نهرًا دائمًا. منها، بالاضافة الى نهر الليطاني الذي سيرد ذكره لاحقًا، اثنا عشر نهرًا ساحليًا تنبع من الجانب الغربي لسلسلة جبال لبنان الغربية، ثم تجري رأسًا نحو البحر، مشكّلة خطًا عموديًا مع الساحل،

متبعة اقصر مجرى. وهذه الأنهر هي من الشمال الى الجنوب: النهر الكبير، نهر الأسطوانة، نهر عرفة، نهر البارد، نهر أبو علي، نهر الجوز، نهر ابراهيم، نهر الكلب، نهر بيروت، نهر الدامور، نهر الأولي، ونهر الزهراني. وهي تجري في أودية ضيقة محصورة بين المرتفعات والجبال الكلسية متصفة بسرعة الانحدار. يغلب نظام متقلب على كل هذه الأنهر، ولا تكاد تخفف من حدته شيئًا الامتصاصات الكلسية. وفي الشمال حيث يتسع الجبل ويعلو، تتعدّد الينابيع وتقوى نسبيًا.

تحدث الفيضانات منذ نهاية الخريف مع سقوط الأمطار الشديدة، بينما تعلو المياه في شهر آذار وخاصة في نيسان بسبب ذوبان الثلوج على الجبال؛ اما فترة الشحاح، فترافق نهاية فترة الجفاف الممتدة بين آب وتشرين الأول، فيغذيها اذ ذاك مخزون المياه الجوفية.

وفي جنوب بيروت تندر الأنهار الساحلية الدائمة حتى انها تختفي الى الجنوب من نهر الزهراني. وذلك بسبب النقص الكبير في عدد الينابيع الناتج عن انخفاض التضاريس وكون خط العرض اقرب الى الجنوب.

تغزر المياه مع هطول الأمطار، وذلك في الأشهر الأكثر رطوبة من كانون الثاني الى آذار، بالغة اقصاها خلال شهر شباط. ثم تصبح الأنهار اندر، ولكنها اطول وأكثر اهمية بسبب وضعية التضاريس في المنخفض الداخلي الأقل ارواء بصورة محسوسة. ويجري نهر العاصي مسافة ٤٦ كلم في لبنان قبل ان يدخل الى سوريا، وهو ينبع من عين الزرقاء، اهم ينابيع لبنان واكثرها انتظامًا، اذ يبلغ معدّل دفقها من ٧ الى ١٦ مترًا مكعبًا في الثانية، ويبلغ معدل دفقها السنوي ٤٥٨ مليون متر مكعب. اما في اقصى الجنوب، على سفح جبل حرمون، فيتجه نهر الحاصباني جنوبًا باتجاه البحر الميت حيث يؤلف احد الفروع العليا لنهر الأردن. نهر الليطاني، وهو اطول انهار لبنان (١٦٠ كلم)، ينبع من البقاع على ارتفاع ١٠٠٠ متر ويجري اولاً نحو الجنوب في وسط السهل؛ انحداره ضعيف وتنضم عليه عدة روافد تنبع من سفح السلسلة الغربية (نهر البردوني)، أو من السلسلة الشرقية (نهر الغزيل). وابتداءً من القرعون، يدخل فجأة في الجبل الذي يجتازه في أودية موحشة، قبل ان يميل بقسوة نحو الغرب، ليصب في البحر المتوسط حيث يعرف باسم القاسمية. تبلغ مساحة حوضه ٢١٦٧ كيلومترًا مربعًا، تقع اربعة اخماسها في الجهة العليا من القرعون، وفيها

يبلغ متوسط ما يصبّه من المياه سنويًا ٤١٠ ملايين متر مكعب، بينما يبلغ ما يصبه عند الخردلة ٦٥١ مليون متر مكعب بفضل ما تضفيه اليه الينابيع الغزيرة، خاصة ينبوع عين الزرقاء التي تعطي مترًا مكعبًا في الثانية في فترة الشحاح، و٧٠ مليون متر مكعب من المياه تقريبًا في السنة. تشح مياه الليطاني من تموز الى تشرين الأول، بينما يعتبر شباط وآذار شهري غزارة المياه. وتمثل اشهر كانون الثاني وشباط وآذار ونيسان ثلثي الدفق السنوي في الخردلة كما في القرعون.

اما الينابيع فتقل، ولكنها تصبح اكثر غزارة في اسفل الطبقة الكلسية السَنَمائية، كذلك عندما تسمح الشروط التركيبية في الطبقة الجوارسيه العليا (ينابيع الفيض).

وتوجد الينابيع الكبيرة اما على ارتفاع يتراوح ما بين ١٢٠٠ الى ١٥٠٠ متر في سفح المرتفعات القممية السَنَمائية (ينابيع افقا والعاقورة خاصة)، واما في قعر الأودية كما هي الحال في جعيتا منبع نهر الكلب، او في نبع انطلياس؛ وهناك قسم من المياه مخزونة في الكتل الكلسية لا تظهر الا في البحر. وهكذا فان في خليج شكا، على بعد اقل من كيلومتر واحد من الساحل، سبعة عشر ينبوعًا من المياه العذبة في قلب البحر، ٦ منها دائمة وتعطي مجتمعة ٦ امتار مكعبة في الثانية في فترة الشحاح، اما الأخرى فهي متقطعة ويمكنها ان تعطي دفقًا كثيرًا مثل «شكا ١٢» الذي يتفجّر على عمق ٤٥ مترًا ويعطي حتى ٥٠ مترًا مكعبًا في الثانية.

وأخيرًا، من كل ما تقدم، يمكن القول بأن مناخ لبنان معتدل معروف علميًا بميزوترميك (٢٥,٥ درجة مئوية) رطب نسبيًا مع نشاف، ذات امطار غزيرة شتاءً، وذات حرارة صيفًا. وبالنسبة للتُرَبْ التي اجريت عليها التحاليل والاختبارات، فان التربة البيضاء في لبعا تتميز بكونها في اطار مناخي ذات طقس حار وشبه جاف، ونقصان بالمياه صيفًا. اما التربة الحمراء في تربل، فان مناخها ضمن طقس حار، شبه ناشف، ونقصان كبير بالمياه.

٢. الجيولوجية

تعتبر جيولوجية لبنان سهلة نسبيًا. فمن حيث التركيب، تشكّل سلسلتا الجبال الممتدتان على جانبي سهل البقاع، باتجاه جنوبي غربي الى شمالي، شمالي شرقي، قنطرتين واسعتين تفصلها وهدة مجوفة. تبدو الأقسام المحدبة، كتلة كبيرة متراصة مؤلفة

من طبقات شبه افقيّة، او مائلة قليلاً نحو الغرب عند القمة، لتنحدر بعد ذلك بسرعة، بالتواءات قاسية نحو البحر أو البقاع. تمتد وهدة البقاع في الشمال مكملة منخفض الأردن ومنحرفة عنه في اتجاهها انحرافًا محسوسًا، يزيده انطباعًا وجود صدوع عديدة، منها صدع اليمونة الذي يشكّل امتدادًا للصدع الغربي في حفرة البحر الميت، والتي تتابع على طول السفح الشرقي لجبل لبنان، مع انخساف يشتد احيانًا كما في سفح الباروك، وتكثر الصدوع في كتلة الجبال، خاصة بجوار بيروت، فتخرزها وتزيد في تعقيد تركيبها.

ليست دراسة الصخور كثيرة التعقيد. فما عدا الأراضي البركانية المكونة من البازلت، خاصة التي تشاهد في مرتفعات عكار، فان الصخور في لبنان كلها رسوبية، يرجع اقدمها الى الطور الجيولوجي الثاني. وتشغل الصخور الكلسية مكانًا كبيرًا، اذ تغطي نحو ثلثي البلاد، مما يفسّر في الوقت ذاته، اجداب السطح، ووجود مخزونات واسعة وعميقة من المياه تجعل من لبنان خزانًا طبيعيًا هائلاً.

تعتبر الصخور الكلسية الجوراسيه اقدم الصخور المنظورة في لبنان، وتبلغ سماكتها نحو ١٥٠٠ م تقريبًا. يميل لون هذه الصخور الى الرمادي المزرق، وتتخذ شكل الاطلال، كما هي الحال في كسروان. وهي تشكّل النواة والأساس العميق لسلسلتي الجبال، وتظهر على سطح الأرض في بطون الأودية كما هي الحال في اودية نهري ابراهيم وقاديشا مثلاً، كما ترتفع احيانًا لتشكّل حدبات ضخمة كسلسلة الباروك وجبل عرمون.

ترتكز على هذه الصخور الكلسية مجموعة من الطبقات كثيرة التنوع. غير انها، على العموم، لينة وغير قابلة لانسراب الماء غالبًا، مكونة من الصخور الطباشرية الدنيا، كالحوارة والصلصال والحث. تعرف هذه الصخور بسهولة من لون التربة. تنمو. اشجار الصنوبر المثمرة في الأراضي الحثية، وبفضل وجود ينابيع عديدة كقاديشا والعاقورة وافقا وجزين، فقد تحولت سطوح هذه الصخور الطباشرية الدنيا الى اراضي مروية، بحيث نشأ فيها عدد من القرى الكبيرة الجبلية. يكثر وجود هذه الطبقات الى الشرق من بيروت، وقد تألفت منها سلسلة من المنخفضات العالية الخصبة والمأهولة بالسكان، تتلاحق من لبنان الشمالي الى جنوبي جزين، مارة ببشري واللقلوق وقرطبا وبسكنتا والباروك.

وتعود الى الظهور في الأعالي اساسات كلسية قوية منها الطباشرية الوسطى والعليا (السنمانية والطورانية) التي يمكن ان تتراوح سماكتها موضعيًا بين ٨٠٠ و١٠٠٠ م. وتؤلف هذه الصخور الكلسية المصغرة قشرة السلسلتين، اذ تغطي الجبل الشرقي وتشكّل الكتل القممية لجبل لبنان الواقعة شمالي ممر ضهر البيدر. وتبرز هذه الصخور بمساحات واسعة في المرتفعات الغربية لقضائي جبيل والبترون كما وفي لبنان الجنوبي؛ كما ان الطبقات الكلسية السنمانية والطورانية رشيحة جدًا كالطبقات الجوراسية – الكلسية، وتندر الينابيع ويضعف صبيبها، وتصبح الأراضي الزراعية متباعدة جدًا. وتغطي الأراضي الواقعة جنوبي نهر الأولي خاصة ومنطقة شكا، مجموعة من الطبقات الكلسية السميكة كلسية – وكلسية غرينية وطبشورية سنمانية وفومولتيكية (بداية الطور الجيولوجي الثالث).

وتظهر في البقاع والمناطق الساحلية طبقات ورواسب احدث عهدًا تنتمي الى آخر الطور الجيولوجي الثالث او الطور الرابع؛ انها اكوام ترابية وصخرية، تجعل المنخفض الداخلي في شمالي بعلبك، قليل الخصوبة وقابلاً لتسرّب المياه فيه. وتتألف في البقاع الأوسط والجنوبي، وفي سهل عكار الساحلي ومنطقتي صور وصيدا، من أتربة وغَرِينٍ متنوعة، خصبة اجمالاً.

أخيرًا تمتد على الساحل، في جنوبي بيروت وقرب طرابلس كثبان رملية، مثبتة في الأعماق، على اساس من الحجارة الرملية الصلدة.

٣. التربة

ان التجارب على المادة العضوية اجريت على نوعين من تُرَبْ لبنان: على التربة الحمراء، غير الكلسية، في محطة تربل في البقاع، وعلى التربة الحوارية البيضاء، الكلسية، في محطة مشروع نهر الليطاني في لبعا في الجنوب. وان خصائص كل من التربتين ستتبين كما سيرد لاحقًا.

أ) التربة الحمراء:

تعد تربة منطقة تربل في البقاع من النوع الأحمر، ارجيلي غير محتوي على أيّة نسبة قلوية، اي من الكلس، في السماكة السطحية على الأقل. كما انها تتميز بأنها

قليلة العمق. وبكونها تجثم على رقعة كلسية صلبة. وهذه الظاهرة هي من خصائص التربة الحمراء المتوسطية اي الواقعة على حوض البحر الأبيض المتوسط.

ومن أجل إظهار الفرق بين التربة المسمدة بالأسمدة العضوية وغير المسمدة بالأسمدة العضوية، فقد أُجريَتْ التحاليل الفيزيائية والكيمائية، لهذه التربة، قبل وبعد التسميد كما هو مبين كما يلي :

تحليل فيزيائي وكيمائي للتربة الحمراء قبل التسميد وبعده :

	قبل التسميد	بعد التسميد
ارجيل (حوارة) حُبيبات بحجم ٢ ميكرون	٪ ٥٠	٪ ٤٤,٥٠
لِيمُون حجم ٢ – ٢٠ ميكرون	٪ ١٤,٥٠	٪ ١٧,٥٠
رمل رفيع جدًا، حجم ٢٠ – ٥٠ ميكرون	٪ ٨,٣٠	٪ ٠٨,٩٠
رمل رفيع حجم ٥٠ – ٢٠٠ ميكرون	٪ ١٧,١٠	٪ ١٨,٥٠
رمل سميك حجم ٢٠٠–٢٠٠٠ ميكرون	٪ ٨,٧٠	٪ ٩,٢٠
مادة عضوية	٪ ١,٥٦	٪ ١,٩٦
المجموع	**٪ ١٠٠,١٦**	**٪ ١٠٠,٥٦**
الرطوبة	٪ ٣٠,٢٠	٪ ٣٤,٦٠
معدل الحموضة والقلوية او تركيز شوارد الهيدروجين	٧,٦٠	٧,٨٠
كاربونات الكلسيوم الاجمالي	٪ ٠,٠٠	٪ ٠,٠٠
كاربونات الكلسيوم الفعال	٪ ٠,٠٠	٪ ٠,٠٠
الكاربون الاجمالي	٪ ٠,٩١	٪ ١,١٤
الأزوت الاجمالي	٪ ٠,٠٩	٪ ٠,٠٨
الفوسفور الاجمالي	٪ ٠,٠٨	٪ ٠,٠٨
معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربو نتروجيني	١٠,١٠	١٤,٢٥

تجدر الملاحظة الى فقدان عنصر الكلس تمامًا، سواء بشكله الاجمالي او بشكله الفعال، وبارتفاع المادة العضوية، والمعدل الكاربو نتروجيني اي معدل الكاربون على النتروجين بعد وضع السماد العضوي في التربة. ان هاتين الظاهرتين، اي ارتفاع نسبة

المادة العضوية ومعدّل الكاربون، تشكلان العنصر الأساسي في الحفاظ على التربة وغناها بالبكتريات كما سيتبين لاحقًا بالتفصيل.

ب) التربة البيضاء :

تتميز التربة البيضاء، في منطقة لبعا في الجنوب، بكونها غنية بالمادة الكلسية، وهي طينية قاسية، ذات مقدرة نفاذية ضيقة، تعيق تسرّب الهواء والغازات بداخلها، مما يحدّ كثيرًا من نشاط البكتريات وتكاثرها، وبالتالي من تفكك المواد الكيمائية، التي هي بمثابة غذاء للنبات. وتحليل هذه التربة، قبل وبعد التسميد بالمادة العضوية، يظهر جليًا دور المادة العضوية في تحسين التربة.

تحليل فيزيائي وكيمائي للتربة البيضاء قبل التسميد وبعده :

	قبل التسميد	بعد التسميد
ارجيل (حوارة) حُبيبات بحجم ٢ ميكرون	٪ ٣٤,٠٠	٪ ٤٠,٠٠
لِيمون حجم ٢–٢٠ ميكرون	٪ ٤١,٠٠	٪ ٣٥,٠٠
رمل رفيع جدًا حجم ٢٠–٥٠ ميكرون	٪ ١١,٣٠	٪ ١٠,٨٠
رمل رفيع جدًا حجم ٥٠–٢٠٠ ميكرون	٪ ٠٧,٠٠	٪ ١١,٣٠
رمل سميك حجم ٢٠٠–٢٠٠٠ ميكرون	٪ ٣,٦٠	٪ ٢,٩٠
مادة عضوية	٪ ٢,١٠	٪ ٢,١٨
المجموع	**٪ ٩٩,٠٠**	**٪ ١٠٢,١٨**
الرطوبة	٪ ٢٩,٧٠	٪ ٣٢,٤٠
معدل الحموضة والقلوية او تركيز شوارد الهيدروجين	٨,٣	٨,١
كاربونات الكلسيوم الاجمالي	٪ ٦٥,٠٠	٪ ٥٢,٠٠
كاربونات الكلسيوم الفعال	٪ ٢٥,٠٠	٪ ٢٤,٤٠
الكاربون الاجمالي	٪ ٠١,٢٦	٪ ١,١٠
النتروجين الاجمالي	٪ ٠,١١	٪ ٠,٠٩
الفوسفور الاجمالي	٪ ٠,١١	٪ ٠,١٢
معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربو نتروجيني	١١,٤٥	١٢,٢٢

في هذا النوع من التُرَبْ، يجب الملاحظة بوجود نسب عالية من المواد الكلسية، وبانها، بعد وضع المواد العضوية، تزداد نسب الرمل الرفيع والمواد العضوية، وتتدنى نسبة المواد الكلسية، وهذا ما يخفف من حدة المواد الطينية التي تعيق حياة البكتريات والكائنات المجهرية الحية.

الفصل الثاني
التجارب

١. وصف المواد المستعملة في التجارب

ان المواد المستعملة في التجارب، التي اجريت في المختبر وفي الحقل على السواء، هي سماد الماعز (النكوّب)، كسماد عضوي طبيعي، وسماد هوموباكترا وسماد بلانكتون، كأسمدة عضوية اصطناعية، وفوسفات الأمونيوم كسماد كيماوي، مركب من الفوسفات ومن الأمونياك، والمعروف ايضًا بالديامونيوم فوسفات.

أ) تحليل سماد الماعز:

مادة عضوية *	٧٥,٠٠ بالمائة تقريبًا
رطوبة	١١,٠٠ بالمائة تقريبًا
نتروجين اجمالي	٠,٥٠ بالمائة تقريبًا
فوسفور اجمالي	٠,٦٠ بالمائة تقريبًا
بوطاس	٠,٩٠ بالمائة تقريبًا
كاربون اجمالي	٥,٢٠ بالمائة تقريبًا
معدل الكاربون على النتروجين، او المعدل الكاربو نتروجيني	١٠,٤

* اجري التحليل على المادة المجففة، فالنسبة العادية بسماد الماعز للمادة العضوية هي بين ٤٠–٥٠٪ والرطوبة حوالى ٥٠ – ٦٠٪.

ب) تحليل سماد هوموباكترا

تحليل كيمائي :

مواد عضوية	٨٤,١٠ بالمائة تقريبًا
رطوبة لدرجة ١٠٥ سنتغراد	١٨,٦ بالمائة تقريبًا
مواد معدنية	١٥,٩ بالمائة تقريبًا
سلليلوز (مواد قشرية)	٣٨,٤ بالمائة تقريبًا
هوموس	٦,٩٥ بالمائة تقريبًا
نتروجين اجمالي	١,٤٧ بالمائة تقريبًا
فوسفور كحامض الفوسفوريك	١,١٧ بالمائة تقريبًا
بوتاسيوم كأوكسيد البوتاسيوم	٠,٧٠ بالمائة تقريبًا
كالسيوم كأوكسيد الجير	٢,٤٠ بالمائة تقريبًا
حديد كأوكسيد الحديد	٠,٢٧ بالمائة تقريبًا
مغنيزيوم كأوكسيد المغنيزيوم	٢,٩٠ بالمائة تقريبًا
نحاس	٠,٠٠٤ بالمائة تقريبًا
زنك	٠,٠٠٤ بالمائة تقريبًا
بور	٠,١٠ بالمائة تقريبًا
كبريتات	١,٢٦ بالمائة تقريبًا
تركيز شوارد الهيدروجين او معدل الحموضة	٦,٢
كاربون اجمالي	٤٤,٨٠ بالمائة تقريبًا
معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني	٢٣,٨٢

تحليل بكتريولوجي

قوة تفاعل البكتريات الفوسفاتية	٢٠٥٣	بالغرام الواحد
عدد البكتريات والكائنات المجهرية	٢٤٥,٠٠٠,٠٠٠	بالغرام الواحد

جـ) تحليل سماد بلانكتون

تحليل كيمائي :

مواد عضوية	٩٦,٧ بالمائة تقريبًا
رطوبة لدرجة ١٠٥ سنتغراد	١٨,٣٠ بالمائة تقريبًا
مواد معدنية	٣,٣٠ بالمائة تقريبًا
سلليلوز (مواد قشرية)	٣٨,٤٠ بالمائة تقريبًا
هوموس	٦,٩٥ بالمائة تقريبًا
نتروجين اجمالي	٠,٩١ بالمائة تقريبًا
فوسفور كحامض الفوسفوريك	٠,٣٨ بالمائة تقريبًا
بوطاسيوم كأوكسيد البوطاسيوم	٠,٤٤ بالمائة تقريبًا
حديد	٠,٦٠ بالمائة تقريبًا
سيليسيوم (مواد قشرية رملية)	١,٣٦ بالمائة تقريبًا
تركيز شوارد الهيدروجين أو معدل الحموضة	٥,٣٠
كاربون اجمالي	٤٨,٥٩ بالمائة تقريبًا
معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني	٥٣,٣٩

تحليل بكتريولوجي :

قوة تفاعل البكتريات الفوسفاتية	٢٠٥٣	بالغرام الواحد
عدد البكتريات والكائنات المجهرية	٢٤٥,٠٠٠,٠٠٠	بالغرام الواحد

د) تحليل فوسفات الأمونيوم :

نتروجين	١٨,٠٠ بالمائة
حامض الفوسفور	٤٦,٠٠ بالمائة

تحليل بعض الأسمدة الطبيعية على سبيل المقارنة :

الحيوان	الحصان		البقر		الخروف		الخنزير	
النسبة المئوية	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢
مادةعضوية	٣٢,٦	٢٨,٧	١٨,١	٢٢,٥	٣٨,٤	٣٥,٤	٢٧,٢	٢٧,٦
رطوبة	٦٧,٤	٧١,٣	٨١,٨	٧٧,٥	٦١,٦	٦٤,٦	٧٢,٨	٧٢,٤
آزوت	٠,٧	٠,٦	٠,٣	٠,٣	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٤
حامض الفوسفور	٠,٢	٠,٣	٠,١	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
بوطاس	٠,٧	٠,٥	٠,٣	٠,٤	٠,٧	٠,٨	٠,٦	١,٧

١. حسب الكيمائي بوسينغو
٢. حسب الكيمائي وولف

تحليل الكومبوست أو المواد المخمرة :

مادة عضوية	من	٢٠	الى	٣٥ بالمائة
رطوبة	من	٢٥	الى	٣٥ بالمائة
مواد معدنية (رماد)	من	٢٥	الى	٤٠ بالمائة
آزوت	من	٠,٤	الى	٠,٨ بالمائة
حامض الفوسفور	من	٠,٤	الى	٠,٦ بالمائة
بوطاس	من	٠,٣	الى	٠,٦ بالمائة
كلسيوم	من	٤	الى	٩ بالمائة

ملاحظات حول تركيب هذه الأسمدة المستعملة في التجارب :

ان السماد العضوي المركب هوموباكترا يتميّز بنسبة المواد العضوية العالية وبنسبة المواد الكاربونية المرتفعة، مما يجعله بطيء التفكّك نسبيًا، وبالتالي بمعدل النتروجين على الكاربون، او المعدل الكاربو نتروجيني، الذي يجعل منه مادة معتدلة التفكك والانحلال، بحيث يدوم مفعولها طويلاً بالتربة، لتكوّن المادة الغذائية للبكتريات والكائنات المجهرية الحية، ولتعمل على اصلاح التربة. بالاضافة الى ذلك، انه يمتاز

باحتوائه، على نسب مرتفعة وكافية، من مواد معدنية ثانوية عديدة كالحديد والمانيزيوم والنحاس والبور والزنك والكوبالت والموليبدان، التي لها مفعول مهم بتغذية النباتات، ولازالة عوارض الاصفرار على المزروعات وبنوع اخص على الأشجار المثمرة. وتجدر الملاحظة الى ان عنصر الموليبدان له اهمية خاصة في تغذية وتكاثر البكتريات والكائنات المجهرية في التربة. اما سماد البلانكتون فانه يفتقر الى هذه المواد المعدنية، في حين انه يفوق سماد الهوموباكترا بنسبة المواد العضوية. ومن ناحية التحليل البكتريولوجي، فان هذين النوعين من السماد يحتويان على المواد السلليلوزية اي القشرية بنسبة عالية، ومتساوية، يعطيهما شأنًا كبيرًا باصلاح التربة والحفاظ على خصوبتها، كما انهما غنيان جدًا بالبكتريات والميكروبات النافعة.

٢. التجارب في الحقل وفي المختبر

ان التجارب في الحقل وفي المختبر اجريت على نوع من النبات يتميز بسرعة دورته الحياتية وبوضوح تفاعله مع التربة ومع الغذاء المقدم له، اي الأسمدة المستعملة لإنجاحه، وهو عشب «الراي غراس الايطالي» المعروف بالاسم العلمي «لوليوم ايطاليكوم». وهذه التجارب اجريت في الحقل وفي المختبر، اي في البيوت الزجاجية، على نوعي التربة المشار اليهما آنفًا : التربة القلوية البيضاء في لبعا، والتربة الحمراء الخالية من المواد الكلسية في تربل. وقد فُنّدت نتائج التجارب حسب الأصول العلمية المتبعة باستعمال الطريقة المعروفة بالتحاليل الاحصائية. اما الأسمدة التي استعملت فهي :

- **هوموباكترا** : سماد عضوي مركب، يحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية النباتية، وعلى المواد المعدنية الثانوية بنسب محددة، وعلى عدد مكثف من البكتريات أو الكائنات المجهرية الحية.
- **بلانكتون** : سماد عضوي مركب، يحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية النباتية، وعلى المادة الحديدية، وعلى كثافة بكترية مهمة.
- **سماد الماعز «النكوب»** : سماد عضوي طبيعي.
- **فوسفات الأمونياك او الأمونيوم** : سماد كيمائي مركب من الفوسفور والأمونيوم.

وقد استعملت هذه الأسمدة، احيانًا كل نوع على حدة واحيانًا أخرى ممزوجة مع فوسفات الامونيوم، بنِسَبٍ مختلفة، من اربعة الى عشرة الى ستة عشر كيلو لكل مربّع ذات مساحة اربعة امتار مربّعة، اي ما يوازي ١٠٠٠ كيلو و ٢٥٠٠ كيلو و ٤٠٠٠ كيلو للدونم الواحد. ووضعت هذه المعدلات، العالية نسبيًا، خصيصًا لمعرفة مدى تأثير التربة والنبات بالمواد العضوية بشكل واضح. وحسب التحاليل الكيمائية التي اجريت لكل من الأنواع المستعملة، يتبين ان كل نوع يحتوي، حسب الكميات المستعملة على النسب التالية من النتروجين:

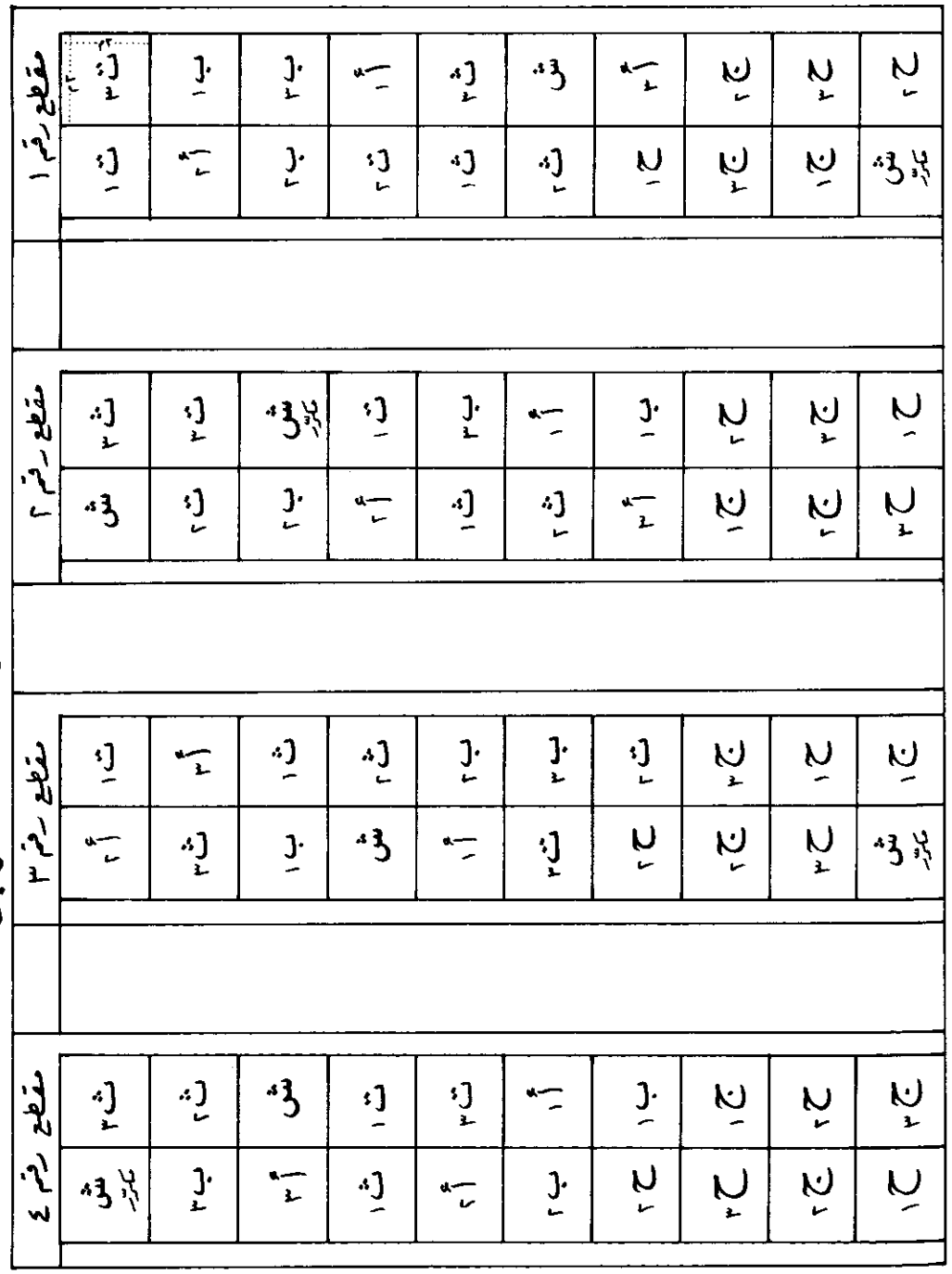
٤ كيلو من سماد هوموباكترا يحتوي على ٧٥,٢ غرام من النتروجين الاجمالي
١٠ كيلو من سماد هوموباكترا يحتوي على ١٨٨,٠٠ غرامًا من النتروجين الاجمالي.
١٦ كيلو من سماد هوموباكترا يحتوي على ٣٠٠,٠٠ غرام من النتروجين الاجمالي.
٤ كيلو من سماد بلانكتون، تحتوي على ٣٦,٤٠ غرامًا من النتروجين الاجمالي.
١٠ كيلو من سماد بلانكتون، تحتوي على ٩١,٠٠ غرامًا من النتروجين الاجمالي.
١٦ كيلو من سماد بلانكتون، تحتوي على ١٤٥,٦٠ غرامًا من النتروجين الاجمالي.
٤ كيلو من سماد الماعز، تحتوي على ٢٠,٠٠ غرامًا من النتروجين الاجمالي.
١٠ كيلو من سماد الماعز، تحتوي على ٥٠,٠٠ غرامًا من النتروجين الاجمالي.
١٦ كيلو من سماد الماعز، تحتوي على ٨٠,٠٠ غرامًا من النتروجين الاجمالي.

وعندما يضاف الى كل قسم مائتي غرام من فوسفات الأمونيوم، سيزيد احتواء كل فئة من الأنواع المشار اليها، ستة وثلاثين غرامًا من النتروجين الأمونياكي، واثنتان وتسعين غرامًا من الحامض الفوسفوري، باعتبار ان هذا السماد الكيمائي يحتوي على ١٨ ٪ من النتروجين الأمونياكي، و ٤٦ ٪ من الحامض الفوسفوري.

أ) التجارب في الحقل في محطة تربل:

ان التجارب في الحقل، أي على الطبيعة، في محطة تربل، اجريت على التربة الحمراء الخالية من المواد الكلسية (الكالسيوم الفعال صفر). وقد قسمت قطعة الأرض الى اربعة مقاطع يحتوي كل منها على عشرين مربعًا مساحة الواحد أربعة امتار مربعة، كما هو مبين في اللوحة المقابلة. ان المربعات اعطيت اسماء الأحرف

توزيع القطاع والمربعات في محطة تربل



الأبجدية من حرف الألف الى حرف الحاء، اي ستة احرف، وبما ان عدد المربعات التي زرع فيها عشب «الراي–غراس» يبلغ عشرين مربعًا، فان تجارب التسميد اجريت على ثمانية عشر مربعًا وتركت المربعات الأخرى كشواهد سميا ش و ش مكرّر. ومن أجل تميز كل من المربعات المسمدة، الثمانية عشر، بنوع سماد معين وبكميات معينة، كما يرمز اليها كل حرف، فقد وجب تكرار كل حرف من الأحرف الستة ثلاث مرات، مضافًا اليه الأرقام من ١ الى ٣، ليصبح المربع (أ^{1} – أ^{2} – أ^{3}) ومربّع الباء (ب^{1} – ب^{2} – ب^{3})، وهكذا دواليك لغاية حرف الحاء. وهذا التوزيع مفصّل في اللائحة كما يلي:

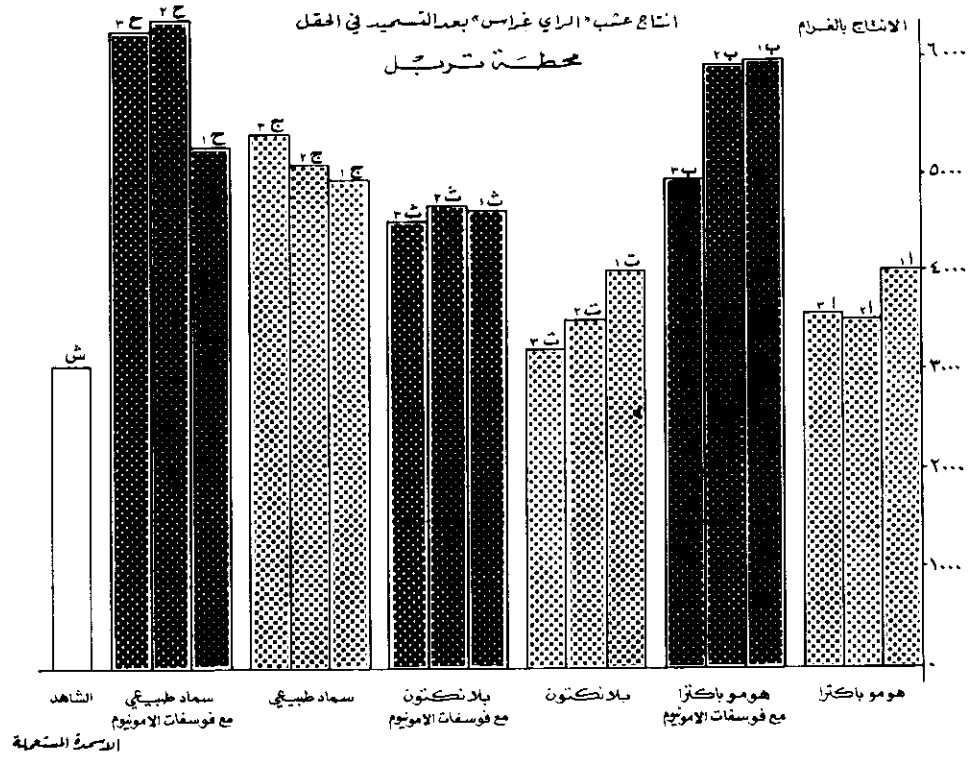
أ^{1} = ٤ كيلو هوموباكترا
أ^{2} = ١٠ كيلو هوموباكترا
أ^{3} = ١٦ كيلو هوموباكترا
ب^{1} = ٤ كيلو هوموباكترا + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ب^{2} = ١٠ كيلو هوموباكترا + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ب^{3} = ١٦ كيلو هوموباكترا + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ت^{1} = ٤ كيلو بلانكتون
ت^{2} = ١٠ كيلو بلانكتون
ت^{3} = ١٦ كيلو بلانكتون
ث^{1} = ٤ كيلو بلانكتون + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ث^{2} = ١٠ كيلو بلانكتون + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ث^{3} = ١٦ كيلو بلانكتون + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ج^{1} = ٤ كيلو سماد طبيعي نكوب (سماد ماعز)
ج^{2} = ١٠ كيلو سماد طبيعي نكوب (سماد ماعز)
ج^{3} = ١٦ كيلو سماد طبيعي نكوب (سماد ماعز)
ح^{1} = ٤ كيلو سماد طبيعي + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ح^{2} = ١٠ كيلو سماد طبيعي + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
ح^{3} = ١٦ كيلو سماد طبيعي + ٢٠٠ غرام فوسفات الأمونيوم
بصورة أوضح: ١ = ٤ كلغ، ٢ = ١٠ كلغ، ٣ = ١٦ كلغ.
كما ان النتائج مفصلة بالرسم ادناه.

نتائج التجارب في الحقل في تربة تربل:

ان عشب «الراي–غراس» العائد لكل مربع من المقاطع الأربعة، في محطة تربل، بعد ان بلغ النضج وقبل ان يكمل دورته الحياتية، قطع ثم وزن، ووزعت النتائج حسب وزنها بالغرامات.

يتفحص النتائج في الرسم البياني اللاحق، يتبيّن بأن التربة الحمراء الخالية من الكلس في تربل، تتجاوب تمامًا مع الأسمدة العضوية، وبشكل احسن من تجاوب التربة البيضاء في لبعا كما سيبين لاحقًا. وهذا التجاوب يظهر بالانتاج العالي لعشب «الراي–غراس». فالسماد الطبيعي لوحده، اي دون فوسفات الأمونيوم، وذات المعدل الكاربونتروجيني، أي معدّل الكاربون على النتروجين، المساوي ١٠,٤، اعطى نتائج اعلى من تلك التي اعطتها الأسمدة العضوية الاصطناعية، لوحدها ايضًا، اي بدون فوسفات الأمونيوم، وذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع نسبيًا، بحيث هو ٢٣,٨٢ لسماد هوموباكترا، و٥٣,٣٩ لسماد بلانكتون. ففي المربعات ١^{1} – ١^{2} – ١^{3}، ان سماد هوموباكترا اعطى نتاجًا من ٤٠٧١,٢٥ غرامًا، و٣٧٢٠,٢٥ غرامًا، و٣٧٦٠,٥٠ غرامًا؛ بينما اعطى سماد بلانكتون في المربعات ت^{1} – ت^{2} – ت^{3} انتاجًا من ٤٠٣٩,٧٥ غرامًا، و٣٥٤٣,٧٥ غرامًا، و٣٢٢٦,٢٥ غرامًا. اما السماد الطبيعي لحاله، في المربعات ج^{1} – ج^{2} – ج^{3}، فقد اعطى نتائج من ٤٩٦٠,٧٥ غرامًا، الى ٥١٠٧,٢٥ غرامًا، الى ٥٤٠٨,٥٠ غرامًا. وتجدر الملاحظة الى ان الانتاج يتصاعد بتصاعد كميات الأسمدة المستعملة.

ومن جهة ثانية، يلاحظ بأن الأسمدة العضوية الاصطناعية والسماد الطبيعي، متى مزجت مع السماد الكيمائي فوسفات الأمونيوم، تعطي جميعها نتائج اعلى من تلك المعطاة من الأسمدة ذاتها مستعملة لوحدها. من هنا يبرز دور عنصري الفوسفات والأمونيوم المحتوي على النتروجين، في زيادة الانتاج، بفضل تحريك بكتريات التربة، التي بدورها تعجّل في تفكّك المادة العضوية والعناصر المعدنية الغذائية كما سيظهر لاحقًا، والتي تؤدّي الى انتاج زراعي افضل. فالسماد العضوي هوموباكترا، مستعملاً مع فوسفات الأمونيوم، في المربعات ب^{1}–ب^{2}–ب^{3}، اعطى نتاجًا من ٥٩٤٢,٥٠ غرامًا، الى ٥٧٩٤,٢٥ غرامًا، الى ٤٨٩٦,٥٠ غرامًا. هذه



النتائج، هي طبعًا اعلى من تلك التي اعطاها ذات السماد في المربعات أ١–أ٢–أ٣، بحيث اعطى تباعًا، ٤٠٧١,٢٥ غرامًا – ٣٧٢٠,٢٥ غرامًا – ٣٧٦٠,٥٠ غرامًا. وهذه الظاهرة تصح ايضًا لدى السماد العضوي بلانكتون، الذي اعطى، ممزوجًا مع فوسفات الأمونيوم، انتاجًا في المربعات ث١–ث٢–ث٣، تتراوح من ٤٧٦٦ غرامًا الى ٤٧٩١,٥٠ غرامًا، الى ٤٥٢٣,٧٥ غرامًا؛ بينما النتائج التي اعطاها السماد ذاته مستعملاً لحاله، كانت اقل، اذ تراوحت بين ٤٠٣٩,٧٥ غرامًا – ٣٢٢٦,٢٥ غرامًا، في المربعات ت١–ت٢–ت٣.

وبالنسبة الى السماد الطبيعي، فقد اعطى نتاجًا عاليًا جدًا عندما استعمل مع فوسفات الأمونيوم، ففي المربعات ح١–ح٢–ح٣، اعطى ٥٣١٤,٢٥ غرامًا و ٦٣٩٤,٧٥ غرامًا، و ٦٣٦٢,٧٥ غرامًا، اي انتاجًا اعلى من ذلك المعطى في المربعات ج١–ج٢–ج٣، حيث استعمل لحاله حينما اعطى تباعًا ٤٩٦٠,٧٥ غرامًا و ٥١٠٧,٢٥ غرامًا

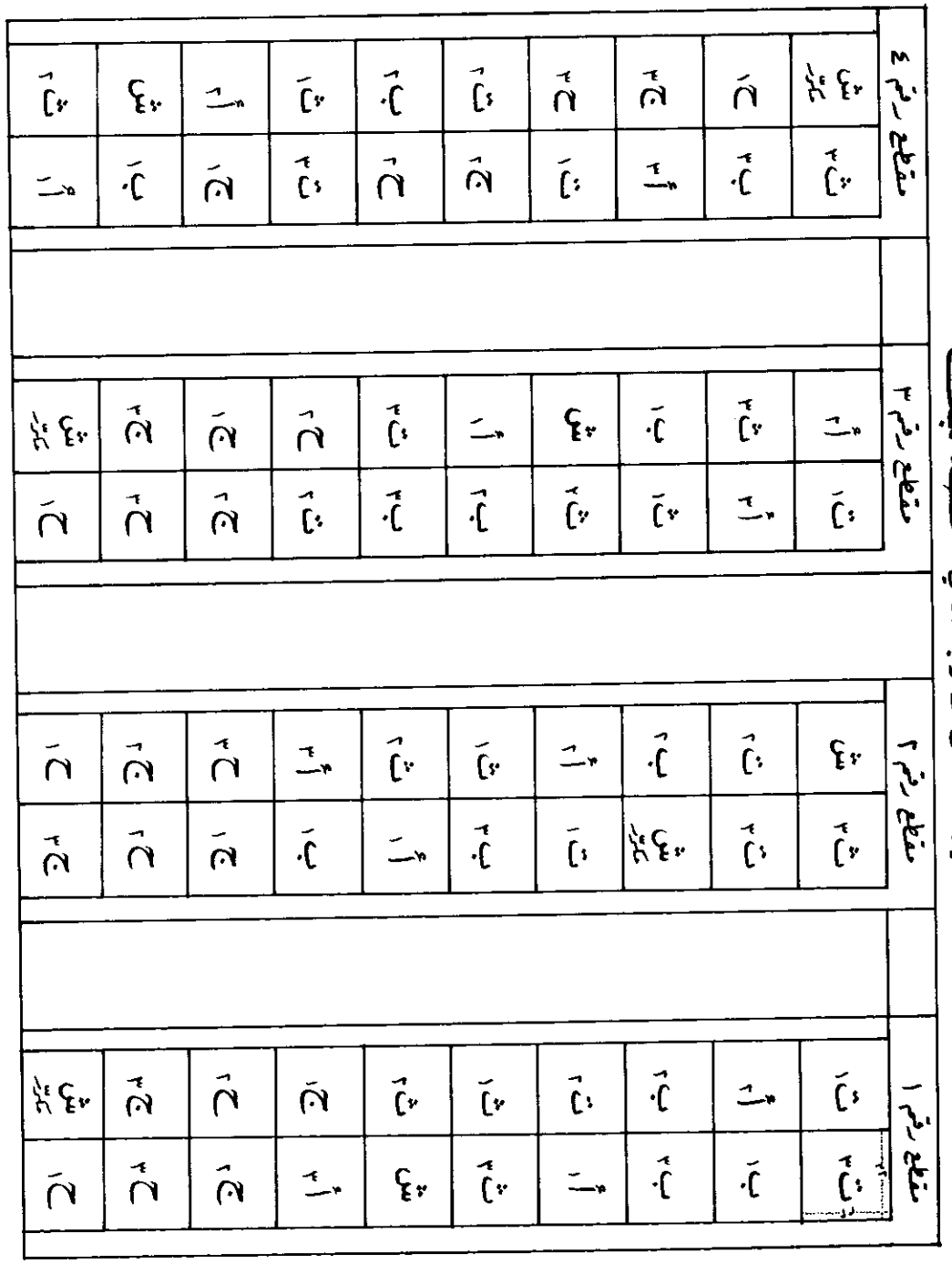
و ٥٤٠٨,٥٠ غرامًا (هذا المقطع فقط اعطى نتاجًا اعلى من ٥٣١٤,٢٥ غرامًا اي المستعمل مع فوسفات الأمونيوم). اما المربع الشاهد الذي اعطى ٣١٤٠ غرامًا، فيبقى انتاجه ادنى من انتاج جميع المربعات المسمدة.

وبالاختصار، ان الخطوط الكبرى الممكن استنتاجها من هذه التجارب، تتلخص بما يلي:

- ان التربة الحمراء تتفاعل ايجابيًا مع المادة العضوية، سواء كانت من مصدر طبيعي او اصطناعي.
- ان السماد الطبيعي، ذات المعدل الكاربونتروجيني الوسط (١٠ – ١٢)، والمستعمل لحاله، اعطى نتائج اعلى من التي اعطتها الأسمدة العضوية الاصطناعية ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع نسبيًا (١٥–٢٥). وستظهر فيما بعد خصائص ومنافع هذا المعدل المرتفع.
- ان وضع سماد فوسفات الأمونيوم مع الأسمدة العضوية في التربة، يعطي هذه الأسمدة مفعولاً احيائيًا بيولوجيًا يقوي تغذية النبات، فيعطي انتاجًا اكبر.
- ان النتائج التي اعطتها الأسمدة العضوية، المستعملة لحالها، ترتفع بارتفاع الكميات المستعملة، ولكن ضمن حدود دنيا وقصوى ستبين لاحقًا.
- كما سيرد في الفصل المخصص للتحاليل البكتريولوجية، ان السماد الطبيعي يفيد النبات من حيث رفع الانتاج؛ ولكن الأسمدة العضوية الاصطناعية ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، لها مفعول احسن على التربة، كونها بطيئة التفكك.
- ان تربة تربل الحمراء، ضعيفة بعنصر النتروجين؛ فلذلك انها تتجاوب تمامًا وبسرعة مع عنصر النتروجين المتأتي من المادة العضوية، او من السماد الكيمائي، وذلك بفضل الكائنات المجهرية الحية او البكتريات.

ب) التجارب في الحقل في محطة لبعا

ان التجارب في الحقل في محطة لبعا، اجريت على التربة الحوارية البيضاء الغنية بالمواد الكلسية (الكالسيوم الفعال ٢٥ ٪). وقد قسمت قطعة الأرض، كما في محطة تربل، الى مقاطع ومربعات كما هو ظاهر في الجدول التالي. وقد وزّعت النتائج كما يلي:

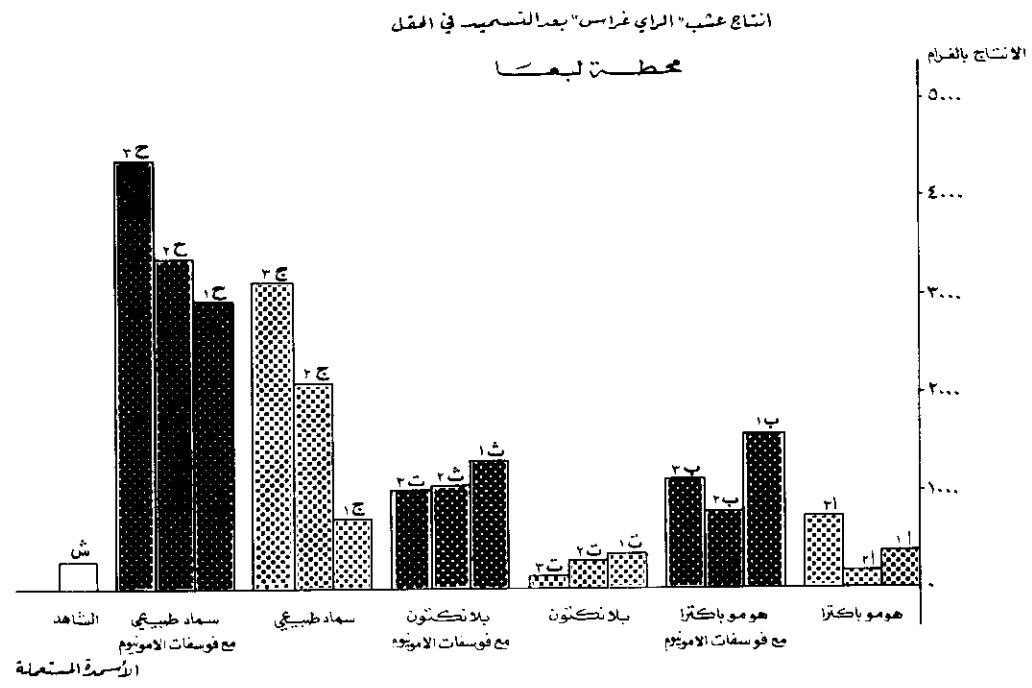


نتائج التجارب في الحقل في محطة لبعا :

كما في محطة تربل، ان عشب الراي–غراس العائد لكل مربع من المقاطع الأربعة في محطة لبعا، بعد ان بلغ النضج وقبل ان يكمل دورته الحياتية، قطع ثم وزن، ووزعت النتائج حسب وزنها بالغرامات، كما يلي :

المربعات	مقطع ١	مقطع ٢	مقطع ٣	مقطع ٤	المجموع	المعدل الوسط
أ١	١٠٣٤	٢٠١	٢٠٨	١٣٩	١٥٨٢	٣٩٥,٥٠
أ٢	٨٠	٢٢٣	٩١	١٦٦	٥٦٠	١٤٠,٠٠
أ٣	٧٥٤	١٢٦٣	٤٥٨	٣٦٠	٢٨٣٥	٧٠٨,٧٥
ب١	٢٣٩٥	١٤٢٤	١٣٠٩	١١٩٢	٦٣٢٠	١٥٨٠,٠٠
ب٢	٤٣٢	١٢٦٥	٤٢٠	١٠٠١	٣١٢٨	٧٨٢,٠٠
ب٣	١٨١٨	١٤٩٩	٩٦٥	٤١١	٤٦٩٣	١١٧٣,٢٥
ت١	٨٣	٩٤١	٨٦	٤١٩	١٥٢٩	٣٨٢,٢٥
ت٢	٩٩	٩١١	٧٣	٦٣	١١٤٦	٢٨٦,٥٠
ت٣	٢٥٤	١١٧	٩٦	١١٨	٥٨٥	١٤٦,٢٥
ث١	٥٨١	٢١٣٩	١٢١١	١١٦٠	٥٠٩١	١٢٧٢,٧٥
ث٢	٦٨٩	١٩٢٢	٧٢٣	٧١٨	٤٠٥٢	١٠١٣,٠٠
ث٣	١٦٨٥	١٠٠٤	٢٠٣	١١٥٥	٤٠٤٧	١٠١١,٧٥
ج١	٢٧٩	٦٩١	١٠١٩	٧٩٥	٢٧٨٤	٦٩٦,٠٠
ج٢	٢٦٠٤	١٩٢٢	١٨١١	١٧١٧	٨٠٥٤	٢٠١٣,٥٠
ج٣	٢٧٩٢	٣١٧٣	٢٣٠٥	٤١٤٤	١٢٤١٤	٣١٠٣,٥٠
ح١	٣٧٦٤	٢٢٥٣	٢٨٢٦	٢٨٨٨	١١٧٣١	٢٩٣٢,٧٥
ح٢	٢٧٣٣	٣٤٩٣	٤٠٧١	٣٢٩٢	١٣٥٨٩	٣٣٩٧,٢٥
ح٣	٥٦٥٨	٢٧٩٤	٥٥٩٩	٥٠٨٩	١٩١٤٠	٤٧٨٥,٠٠
ش	٣٧٩	٢٠٣	١٤٠	١٦٠	٨٨٣	٢٢٠,٧٥

بتفحص هذه النتائج، وكما يظهر في الرسم التالي، يتبين بأن المربعات المسمدة بالأسمدة العضوية، سواء كانت الاصطناعية او الطبيعية والمستعملة مع فوسفات الأمونيوم، اعطت انتاجًا اعلى من الانتاج المعطى من المربعات المسمدة بالأسمدة



العضوية لحالها. فسماد هوموباكترا، المستعمل لوحده في المربع أ١، اعطى ٣٩٥,٥٠ غرامًا، بينما اعطى في المربع ب١، حيث استعمل مع فوسفات الأمونيوم ١٥٨٠ غرامًا. كما ان نسبة التفوق تظهر أيضًا مع المربع أ٣، أي سماد هوموباكترا لحاله، الذي اعطى ٧٠٨,٧٥ غرامات، في حين المربع ب٣، أي ذات السماد مع فوسفات الأمونيوم، اعطى ١٧٧٣,٢٥ غرامًا. كما ان ذات النسب تظهر مع سماد بلانكتون الذي اعطى لحاله في المربع ت١، ٣٨٢,٢٥ غرامًا، بينما اعطى، ممزوجًا مع فوسفات الأمونيوم، ١٢٧٢,٢٥ غرامًا، في المربع ت١.

وتجدر الملاحظة ايضًا بأن سماد هوموباكترا، في معظم المربعات، مستعملاً لحاله أو مع فوسفات الأمونيوم، اعطى نتائج اعلى من تلك التي اعطاها سماد بلانكتون في شروط التجارب ذاتها. اما بالنسبة للسماد الطبيعي، فان النتائج كانت اهم، بحيث ان المربع ج١، المسمد بالسماد الطبيعي لوحده، اعطى ٦٩٦ غرامًا، أي اعلى من نتائج مربعات أ١ (٣٩٥,٥ غرامًا) لسماد هوموباكترا، وت١ (٣٨٢,٢٥ غرامًا) لسماد بلانكتون. ولكن عندما استعمل السماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم، في

المربعات ح١–ح٢–ح٣، فقد اعطى نتائج مهمة وهي تباعًا ٢٩٣٢,٧٥ غرامًا ٣٣٩٧,٢٥ غرامًا، و ٤٧٨٥ غرامًا. هذه النتائج هي اعلى من المربعات المسمدة بالسماد الطبيعي لحاله، ج١–ج٢–ج٣، التي اعطت ٦٩٦ غرامًا، ٢٠١٣,٥٠ غرامًا، و ٣١٠٣,٥٠ غرامات.

فما تقدم يستخلص نتيجة مزدوجة، وهي ان وضع فوسفات الأمونيوم، مع الأسمدة العضوية الطبيعية والاصطناعية، في التربة، يُسرّع في تفكك هذه الأسمدة، يقوي عمل البكتريات، بفضل عنصري الفوسفور والأمونيوم، وهذا ما يفسر ارتفاع الانتاج، بكون البكتريات تسهّل امتصاص المواد الغذائية من قبل النبات. اما النتيجة الثانية، فهي ان الأسمدة العضوية الاصطناعية، نظرًا لتميزها بمعدل كاربونتروجيني مرتفع، تتفكك ببطء، وهذا ما يفيد التربة. ولا بد من الملاحظة ايضًا، بأن تربة لبعا البيضاء تستهلك بسرعة مادة النتروجين، نظرًا لافتقارها لهذه المادة، وتتجاوب مع الأسمدة العضوية، ولكن اقل من تربة تربل كما تبين سابقًا.

وبنتيجة التجارب على نوعي التربة، يتبيّن بأن التربة الحمراء غير الكلسية، الأرجيلية، تتجاوب بصورة ممتازة مع المادة العضوية مهما كان مصدرها، وخصوصًا اذا كانت ممزوجة بفوسفات الأمونيوم. وهذا النوع من الترب الخالي من المواد القلوية، والغني بالمواد الأرجيلية، يشكّل بيئة خصبة لتكاثر الكائنات المجهرية الحية، وجوًا ملائمًا لتفكّك المواد الآزوتية او النتروجينية. وبما ان المواد العضوية تحتوي على النتروجين العضوي والنتروجين المعدني، فان دور الكائنات المجهرية الحية، او البكتريات، هو في تفكك هذه المواد وفصلها، ونقل النتروجين المعدني او المواد الغذائية الى النبات. وبقدر ما تنمو البكتريات وتتكاثر، بقدر ما يكون مفعولها مفيدًا في تغذية النبات وتزايد الانتاج. ومن الناحية الأخرى، فان نوعية المادة العضوية، من حيث انها تتفكك بسرعة او انها بطيئة الانحلال، تتأثّر مباشرة بمقدار معادلة النتروجين والكربون او المعدل الكاربونتروجيني. فان التربة التي تسمد بالأسمدة الغنية بالمادة العضوية اي بالكاربون، لا تضعف، وان هذا النوع من الأسمدة يحافظ على التربة وعلى خصوبتها، بفضل تزويدها بالمواد التي تفرزها الكائنات المجهرية الحية، كما اثبتت ذلك الأبحاث التي اجراها العلماء جيوجيفان وبريان (١٩٤٦)، ومارتان

واكسمان (١٩٤٠)، وكاستل (١٩٥٢)، حسب ما اشار اليهم ولدر في المجلة «البيولوجيا وخصوبة التربة».

كما ان هناك مواد – بوليسكاريدية – هي في صلب تركيب خلايا النباتات، تتفكّك تباعًا تحت تأثير الكائنات المجهرية الحية، وتترسب في التربة، مما يزيد في تماسكها، أي التربة، ويحد من انجرافها. ويعتقد بعض العلماء ومنهم رني (١٩٥٤)، وديباك ومعاونوه (١٩٥٥)، بأن التربة تحتوي احيانًا على مواد بوليسكاريدية طبيعية يمكن استخراجها، ومتى اضيفت مجددًا الى تربة اخرى او الى التربة ذاتها فانها تحسن طبيعة هذه التربة.

وبالنسبة الى تفاعل التربة البيضاء الكلسية مع المادة العضوية المضافة اليها، على الأقل في ظروف التجارب التي اجريت، فانه ضئيل، نسبيًّا ولكن مفعوله اكبر بكثير وواضح بالمقارنة بالتربة التي لم تسمد بالمواد العضوية. ومن الثابت بأن التربة القلوية، أي الكلسية، التي تحتوي على ٦٥٪ من كاربونات الكلسيوم الاجمالي، و٢٥٪ من كاربونات الكلسيوم الفعّال، تلجم عمل البكتريات وتفاعلها، مما يدني الانتاج، عكس ما هو معتقد في هذا الصدد. ويمكن معالجة هذه الظاهرة، باضافة كميات مهمة من الأسمدة العضوية الى الترب القلوية، فستعمل على تخفيف حدة المواد القلوية فيها.

وكما تبين بنتيجة الاختبارات، فان كمية الانتاج في التربة الحمراء، هي اهم منها في التربة الكلسية البيضاء، علمًا بأن التربتين نالتا ذات الكمية من الأسمدة العضوية، سواء استعملت لوحدها أو اضيف اليها فوسفات الأمونيوم، وذلك في الحقل او في المختبر. كما ان الأسمدة العضوية الاصطناعية، الهوموباكترا والبلانكتون، المستعملة مع فوسفات الأمونيوم، قد اعطت نتائج اهم من تلك التي اعطتها لدى استعمالها لحالها اي بدون فوسفات الأمونيوم، مع الاشارة الى تفوق سماد الهوموباكترا على البلانكتون من حيث الانتاج.

فيجب الاستنتاج مما تقدم بأن، من الناحية العملية، على المزارع ان يعيد المادة العضوية الى التربة بصورة دورية ودائمة، دون الاغفال عن استعمال المواد المعدنية المغذية المعروفة بالأسمدة الكيماوية. ذلك، انه بدون هذه المواد المعدنية فان الأزوت يبقى «مجمدًا» في التربة، وانها تساعد المواد العضوية على الانحلال والتفكك بصورة

اسرع. ومتى تم تفكك المواد العضوية، فانها تعمل بدورها على تفكك المواد المعدنية المغذية بحيث تجعلها قابلة «التمثيل»، اي صالحة لغذاء النبات. فتوصلها الى الجذور، مما يؤدّي الى زيادة الانتاج. من هنا تبرز اهمية المادة العضوية في خصوبة التربة؛ فانها تحيي وتكثر الكائنات المجهرية، التي بدورها تحرّر المواد المعدنية المجمدة، وهي المواد الغذائية، وتفكك المواد العضوية الصعبة الانحلال. وبفضل هذه المزايا، فانها، اي المادة العضوية، تحدّد من جهة، نوعية المعدل الكاربونتروجيني، أي معدل الكاربون على النتروجين، الذي سيرد درسه لاحقًا، والذي يعتمد كمقياس مهم في انحلال النتروجين، ومن جهة ثانية، ترشد الى الطرق الواجب اتباعها لاصلاح التربة وزيادة الانتاج. وخلاصة التجارب دلت، على ان التربة الحمراء، الخالية من المواد الكلسية، تتفاعل جيدًا مع المادة العضوية ومع الكائنات المجهرية، واحسن بكثير من تفاعل التربة الكلسية البيضاء مع تلك الكائنات. وقد ظهرت ايجابية هذا التفاعل، جليًا، في النتائج التي اعطتها تربة تربل الحمراء، والتي تزيد بكثير عن نتائج تربة لبعا البيضاء. وان التحاليل المجهرية التي سيرد ذكرها لاحقًا، تثبت بصورة قاطعة تفاعل التربة الحمراء الايجابي على عمل البكتريات وتكاثرها، ومفعول هذه الأخيرة على الانتاج. ومن هذا المنطلق يمكن التوصل الى ابراز دور المادة العضوية والبكتريات، أو الكائنات المجهرية الحية، في اصلاح التربة وزيادة خصبها.

الفصل الثالث

تحليل المادّة العضويّة والكاربون والنّتروجين في تُربة تربل وتُربة لبعا

لقد اجريت التحاليل على نوعي التربة في الحقل، في تربل وفي لبعا، بعد اتمام الدورة الحياتية لعشب «الراي–غراس» وحصده، اي بعد استعمال انواع الأسمدة العضوية المقرر استعمالها في هذه التجارب. وقد أُخِذَتْ عينات التربة من كل مربع من المقاطع الأربعة. وبما ان كل مقطع يحتوي على عشرين مربعًا بما فيه الشواهد، توجّب اذًا، اجراء تحاليل لمائة وستين عينة من التربة في المحطتين، وبالتالي عرض النتائج باللوحات او الجداول البيانية اللاحقة، وعددها اربع، موازي لعدد المقاطع الأربعة. وقد سُميت هذه الجداول كما المقاطع، في محطة تربل، تربل–١، تربل–٢، تربل–٣، وتربل–٤؛ وفي محطة لبعا، سميت لبعا–١، لبعا–٢، لبعا –٣، ولبعا–٤. ومن اجل التمييز بين المربعات وكميات وأنواع الأسمدة التي استعملت فيها، فقد أعتُمد تسمية المربعات بالأحرف أ، ب، ت، ث، ج، ح، مع الشاهدين ش و ش مكرّر. مع ما يرمز اليه كل حرف، الى نوع وكمية السماد، وكما ورد سابقًا في تفصيل تجارب الانتاج.

١. تحليل المادة العضوية والنتروجين والكاربون في تربة تربل – معدل الكاربون على النتروجين أو المعدل الكاربونتروجيني.

من اجل ايضاح نتائج المقاطع الأربعة في تربة تربل، يؤخذ معدّل كل من العناصر التي اجري عليها التحليل، كما يؤخذ ايضًا متوسط المعدل الكاربونتروجيني، فتصبح معدلات النتائج كما هو وارد في الجدول التالي:

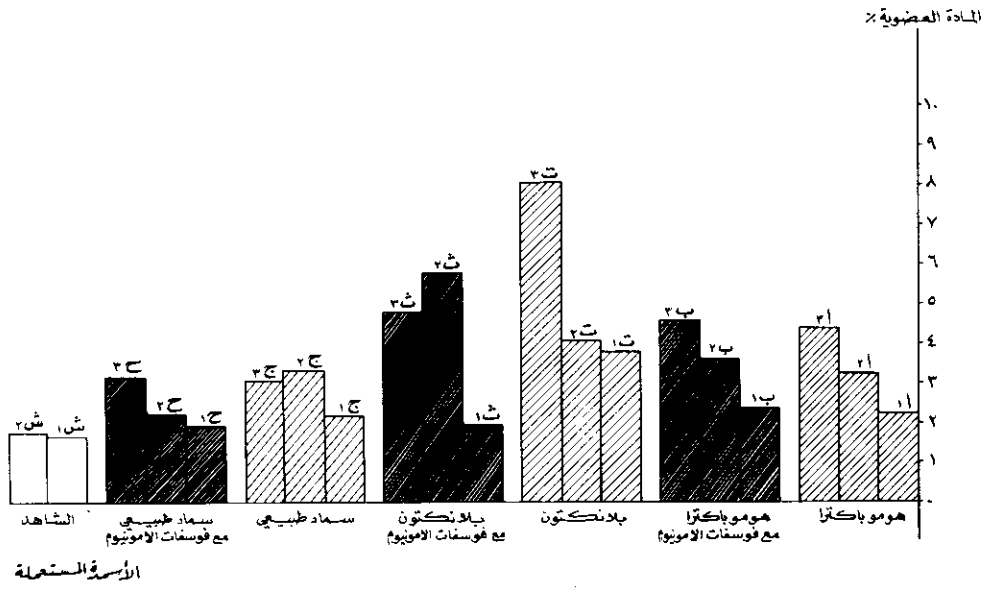
معدّل المقاطع الأربعة
المسماة تربل ١-٢-٣-٤-

المربعات	نسبة الكاربون المائوية ٪	نسبة المادة العضوية المائوية ٪	نسبة النتروجين المائوية	المعدل الكاربونتروجيني
أ١	١,٢٩	٢,٢١	٠,١١	١١,٧٢
أ٢	١,٨٦	٣,٢١	٠,١٠	١٦,٦٠
أ٣	٢,٥٥	٤,٣٨	٠,١٨	١٩,١٦
ب١	١,٣٥	٢,٣٣	٠,١٢	١١,٢٥
ب٢	٢,٠٦	٣,٥٤	٠,١٤	١٤,٧٦
ب٣	٢,٦٧	٤,٥٩	٠,١٨	١٤,٨٣
ت١	٢,٢١	٣,٨٠	٠,١٤	١٥,٧٨
ت٢	٢,٣٣	٤,٠١	٠,١٤	١٦,٦٤
ت٣	٤,٧٣	٨,١٠	٠,٢١	٢٢,٥٢
ث١	٣,٤٢	١,٩٤	٠,٦٢	١٣,١٥
ث٢	٣,٣٨	٥,٧٩	٠,٢٢	١٥,٣٦
ث٣	٢,٧٩	٤,٨٠	٠,١٦	١٧,٤٣
ج١	١,٢٥	٢,١٥	٠,١١	١١,٣٦
ج٢	١,٩٤	٣,٣٣	٠,١٦	١٢,١٢
ج٣	١,٧٧	٣,٠٤	٠,١٥	١١,٨٠
ح١	١,١٢	١,٩٤	٠,١١	١٠,١٨
ح٢	١,٣٤	٢,٢٥	٠,١٢	١٥,٣٣
ح٣	١,٨٣	٣,١٦	٠,١٥	١٢,٢٠
ش	٠,٩٨	١,٦٩	٠,١٠	٩,٨٠
ش مكرر	١,٠٢	١,٧٧	٠,١٢	٨,٥٠

وقد لخصت هذه النتائج بالرسم البياني المقابل.

انه لمن الفائدة بمكان شرح واعطاء الملاحظات على متوسط نسب كل من العناصر التي حلّلت وهي كما هو معلوم، المادة العضوية، الكاربون، النتروجين، ومعدل هاتين المادتين اي الكاربون على النتروجين، أو المعدل الكاربونتروجيني.

نسبة المادة العضوية بعد التسميد في الحقل
محطة تربل



أ) المادة العضوية

الأسمدة العضوية الاصطناعية تغني التربة بالمادة العضوية اكثر من الأسمدة الطبيعية :

بالقاء نظرة على الرسم البياني، يتضح بأن متوسط نسبة المادة العضوية، المتأتية من تربة تربل التي سمدت بالأسمدة العضوية المركبة كالهوموباكترا والبلانكتون، المستعملة لحالها، هو اعلى منها في ذات التربة التي سمدت بالسماد العضوي الطبيعي اي سماد الماعز، بذات الكمية وبذات شروط الاستعمال؛ اي ان المادة العضوية المتأتية من الأسمدة العضوية الاصطناعية هي اعلى من المادة العضوية المتأتية من السماد العضوي الطبيعي اي سماد الماعز.

وبالمقارنة بين الأسمدة العضوية المستعملة دون فوسفات الأمونياك، يتضح ان سماد هوموباكترا، بالمربع ٣، يعطي نسبة، للمادة العضوية، تصل الى ٤,٣٨ ٪، أي انها اعلى من النسب المتأتية من سماد الهوموباكترا ومن السماد الطبيعي في المربع ج٣، اي مع فوسفات الامونيوم، التي هي ٣,٠٤ ٪. وتجدر الملاحظة بأن نسب المادة العضوية في المربعين الشاهدين هي ١,٩ ٪ و١,٧٧ ٪. وقد تبيّن جليًا ان المربعات التي اعطت اعلى

نسب بالمادة العضوية، هي التي سمّدة بالسماد الذي يحتوي على اعلى نسبة بالمادة العضوية. وبمراجعة تحاليل الأسمدة، يتضح بأن اعلى نسبة للمادة العضوية هي في سماد بلانكتون ٩٦,٧ ٪. اما الأسمدة المستعملة ممزوجة مع فوسفات الأمونيوم، فان نسب المادة العضوية المتأتية من المربعات المسمدة بسماد هوموباكترا وبسماد بلانكتون، تبقى اعلى من النسب المتأتية من التربة المسمدة بالسماد الطبيعي بذات الكميات وبشروط التجارب ذاتها. فبالاستناد الى ما تقدم، يمكن استخلاص النتائج التالية ادناه.

ان الأسمدة العضوية المركبة، كسماد هوموباكترا وسماد وبلانكتون، المستعملة لحالها والمستعملة مع فوسفات الأمونيوم، اعطت في التربة الحمراء، نسبًا بالمادة العضوية اعلى من النسبة التي اعطاها السماد العضوي الطبيعي اي سماد الماعز. ان سبب هذه الظاهرة هو كون المادة العضوية الداخلة في تركيب هذين النوعين من الأسمدة العضوية الاصطناعية، وهي مواد قشرية سلليلوزية، غنية بمادة الكاربون، وذات معدّل كاربونتروجيني مرتفع نسبيًا، لا تتفكك بالسرعة التي تتفكك بها المادة العضوية المتأتية من سماد الماعز، اي انها ابطأ بالتفكك والانحلال. وهذا البطء يساعد على الحفاظ على التربة، بفضل المادة الكربونية، ويأويها من خطر الأنجراف دون ان يعمل على زيادة الانتاج بالقدر الذي يعمله السماد الطبيعي، الذي يتحلّل بصورة اسرع. من هذه النتائج ترتسم الطريقة المثلى بالتسميد التي تتوخى الحفاظ على التربة، وذلك باستعمال الأسمدة العضوية البطيئة التفكك، اي الغنية بمادة الهوموس، اذن بمادة الكاربون والمواد القشرية السلليلوزية (انظر تحليل هوموباكترا وبلانكتون) ص ٢٨ – ٢٩. هذه النتائج تتفق تمامًا مع النتائج التي توصل اليها العالمان (سيمونار، ومايودون)، ١٩٦١، التي تقول بأن المادة القشرية والمادة الهوموسية، نسبة الى الهوموس، تتدخل للحفاظ على التربة بشكل ملحوظ، اذ انها تعمل على تدني نسبة انحلال وتفكك المادة العضوية من ٦٠ ٪ و٦٥ ٪ الى ١٠ و١٥ ٪. وبقدر ما تكون المادة العضوية بطيئة التفكك، بقدر ما تساعد على الحفاظ على التربة. وقد اثبتت التجارب بأن البروتينات الناتجة عن النباتات والكائنات المجهرية، تترسب لتلتحم بالمركبات الهيدروجينية – الكربونية، لتعطي نتروجين أو آزوت الهوموس البطيء الذوبان، وهذا مما يساعد ايضًا على امتداد مدة التغذية للنباتات. ولدى وزن انتاج كل من المربعات في محطة تربل، يتبيّن بأن انتاج العشب المسمد بالأسمدة العضوية

الاصطناعية، جيدة ويفوق احيانًا انتاج السماد الطبيعي المستعمل لوحده؛ ولكنه، اي الانتاج، يبقى اقل من الذي سمد بالسماد الطبيعي المستعمل مع فوسفات الأمونيوم، وهذا ما ورد ذكره في دراسة الانتاج سابقًا. فمن حسنات السماد العضوي الاصطناعي، انه اذا لم يعطِ دائمًا انتاجًا، يعادل او يفوق كميًا الانتاج الذي يعطيه السماد الطبيعي، في هذه التجارب، فانه ولا شك يحافظ على التربة ويحميها من التصدع والانجراف بفضل المواد «البوليسكاريدية» والعناصر الأخرى التي يحتويها. فعلى سبيل المثال، حيث استعمل سماد هوموباكترا، بدون فوسفات الأمونيوم، كان متوسط النتائج في المربعات أ١–أ٢–أ٣، يتراوح بين ٤٠٧١,٤٥ غرامًا، و٣٧٢٠,٢٥ غرامًا، و٣٧٦٠,٥٠ غرامًا؛ وحيث استعمل سماد بلانكتون. أيضًا بدون فوسفات الأمونيوم، كانت النتائج في مربعات ث١وث٢ وث٣، ٤٠٣٩,٧٥ غرامًا، و٣٥٤٣,٧٥ غرامًا، و٣٢٢٦,٢٥ غرامًا. ولكن عندما اضيف الى هذين السمادين فوسفات الأمونيوم، فقد ارتفعت النتائج وزنًا الى ٥٩٤٢,٢٥ غرامًا بالمربع ب١، والى ٥٧٩٤,٢٥ غرامًا بالمربع ب٢. و٤٨٩٦,٥٠ غرامًا بالمربع ب٣. ثم ان متوسط هذه النتائج كان ايضًا اعلى مع السماد الطبيعي لحاله، اي دون فوسفات الأمونيوم، بحيث اعطى المربع ج١، ٤٩٦٠,٢٥ غرامًا، والمربع ج٢، ٥١٠٧,٢٥ غرامًا، والمربع ج٣، ٥٤٠٨,٥٠ غرامًا. وعندما استعمل السماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم، ارتفعت النتائج الى اعلى حدها، اذ كانت ٥٣١٤,٢٥ غرامًا بالمربّع ح١، و١٣٩٤,٧٥ غرامًا بالمربّع ج٢، و٦٣٦٢,٧٥ غرامًا بالمربّع ح٣. اما الشاهد فكانت نتائجه ٣١٤٠ غرامًا، أي أقل من نتائج الأسمدة المستعملة على اختلاف انواعها.

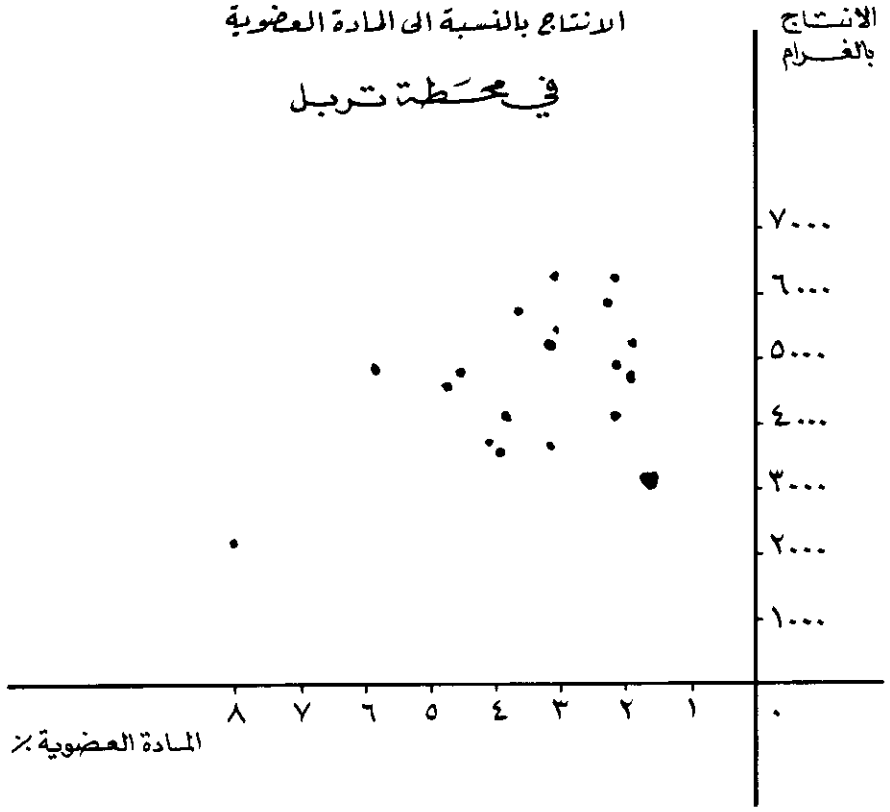
الهوموس يحسّن التربة :

فمن الواضح بأن الأسمدة العضوية الغنية بالمواد القشرية، وذات نسبة عالية من الهوموس، ٦,٥٥ ٪، كما في سماد هوموباكترا وبلانكتون، وبفضل تفككها ببطء، تعمل على الحفاظ على التربة، الا انها ايضًا، بسبب بطئها في الانحلال، لا تحرّر المواد المعدنية التي تشكّل المواد الغذائيّة للنبات الاّ تدريجيًا. وبذلك يكون لها دور مزدوج في الحفاظ على التربة وتغذية النبات بصورة متواصلة. ومن الناحية العملية، للحصول على دور غذائي اسرع ولزيادة بالانتاج اوضح، من المستحسن اضافة

عناصر الفوسفور والأمونيوم، المتوفرة بسماد فوسفات الأمونيوم، الى الأسمدة العضوية. فهذه العناصر تقوّي عمل الكائنات المجهرية الحية. فتساعد بذلك على تفكك المادة العضوية الصعبة التفكك، ويتم ذلك تدريجيًا، بحيث تستفيد التربة من العناصر العضوية، ويستفيد النبات من العناصر الغذائية. وبذلك يحصل ما يصبو اليه المزارع من زيادة في الانتاج مع الحفاظ على التربة.

اما السماد العضوي الطبيعي، ذات المادة العضوية التي تتحلّل بسرعة، بفضل تدني معدله الكاربونتروجيني، فانه لا يفيد التربة بالقدر الذي يفيد منه النبات ويزيد الانتاج. وقد اظهرت النتائج تفوقه على الأسمدة العضوية الاصطناعية، بحيث كان متوسط الانتاج في المربع ج^{1}، ٦٩٤,٧٥ غرامًا، اكثر من متوسط الانتاج العائد الى سماد هوموباكترا وبلانكتون، في المربعات أ^{1} وت^{1} الذي كان ٣٩٥,٥٠ غرامًا، و٣٨٢,٢٥ غرامًا. ولكن عندما اضيف فوسفات الأمونيوم الى السماد الطبيعي، فان النتائج كانت اعلى ايضًا، كما حدث عندما اضيفت هذه المادة الى الأسمدة العضوية الأصطناعية. فالسماد الطبيعي، مع فوسفات الأمونيوم، اعطى بتعديل وسط في محطة لبعا في التربة البيضاء، ٢٩٣٢,٧٥ غرامًا في المربع ج^{1}، و٣٣٩٧,٢٥ غرامًا في المربع ج^{2}، وأخيرًا ٤٧٨٥ غرامًا في المربع ج^{3}. وهذه الظاهرة بقيت كما هي في نتائج محطة تربل، في التربة الحمراء، مع الفارق بأن النتائج بالوزن كانت اهم، وذلك بفضل تجاوب التربة الحمراء مع المادة العضوية والبكتريات، أو الكائنات المجهرية الحية، كما ورد سابقًا. الاّ ان رابطة الانتاج مع نسبة المادة العضوية، لا تكون رابطة نسبية الاّ لحدود معينة. بحيث اذا تخطت هذه الحدود سواء لجهة الزيادة او النقصان، فان الانتاج يتضاءل الى حد الانعدام. ومن اجل اظهار هذه النظرية عمليًّا، فان الرسم البياني، في الصفحة المقابلة، يبين النتائج في محطة تربل، بالمقارنة بين نسبة المادة العضوية ونسبة الانتاج.

فيتبيّن بأن منطقة الانتاج المرتفع، أي بين ٣٥٠٠ غرام و٦٥٠٠ غرام، تنحصر بين حدود المادة العضوية المتراوحة نسبتها بين ٢ ٪ و٦ ٪. وفيما عدا هذه الحدود فان الانتاج يكاد يكون معدومًا. ومن هذه النتائج يمكن القول بان نسبة المادة العضوية الملائمة للانتاج المرتفع في التربة الحمراء يجب ان يتراوح بين ٢ ٪ و ٦ ٪.



ب) النتروجين

ان معدّل النتروجين هو عادة مرتفع بالتربة حيث استعملت الأسمدة العضوية الاصطناعية، سواء لوحدها ام ممزوجة بفوسفات الأمونيوم. فهذا المعدّل يتراوح بين ٠,١٤ ٪ بالمربع ب^{2}، و٠,١٨ مع ب^{3}، و٠,٢١ ٪ مع ت^{3}، ليصل الى ٠,٦٢ ٪ بمربع ث^{1}. ولكن هذا المعدّل يتدنى بالتربة التي سمدت بالسماد الطبيعي اي سماد الماعز، فانه يتراوح بين ٠,١١ ٪ بالمربع ج^{1}، و٠,١٦ بالمربع ج^{2}، و٠,١٥ ٪ بالمربع ج^{3}. ان سبب هذه الظاهرة هو كون النتروجين في الأسمدة العضوية الاصطناعية، ذات المادة العضوية البطيئة التفكك، يبقى بحالة التجمّد، طالما عمل التفكك لم يبتدئ بعد، او انه يتم ببطء؛ بينما النتروجين الموجود في السماد الطبيعي يتحلّل بالسرعة التي تتفكّك بها المادة العضوية الموجودة في هذا السماد، والمعروفة

بسهولة انحلالها، كونها غير غنية بالمواد القشرية والمواد الهوموسية، وبسبب سرعة انحلاله، فانه من الطبيعي بأن لا يظهر بالتحليل بنسب مرتفعة في التربة، الا انه يظهر مستوى ارتفاعه في الانتاج.

جـ) الكاربون

ان نسبة الكاربون تسير بخطى النتروجين. فهي مرتفعة بالترب المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، ومتدنية حيث استعمل السماد الطبيعي، فتتراوح المعدلات من ٢,٥٥ ٪ بالمربع أ٣، و ٢,٦٧ ٪ بالمربع ب٣، لتصل الى ٤,٧٣ بالمربع ت٣. مع التذكير بأن هذا الحرف الأخير يمثّل سماد بلانكتون. بينما هذا المعدل يتراوح مع السماد الطبيعي بين ١,١٢ ٪ بالمربع ح١، ليصل الى ١,٩٤ ٪ مع ج٢، بعد ان يمرّ بالأرقام التي ما بين هذين المعدلين. والسبب في ذلك أيضًا، كون المادة العضوية في الأسمدة العضوية الاصطناعية المركبة من المواد القشرية والسلليلوزية، هي امنع في التفكك، وان تفكّكت، فبصورة ابطأ مما يحصل مع السماد الطبيعي.

د) معدّل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني

ان معدل الكاربون على النتروجين، سيكون موضوع بحث مفصّل في الفصل العائد الى دراسات التحاليل الميكروبيولوجية أو البكتريولوجية. ولكن من المفيد الآن الاشارة. الى ان هذا المعدل، يعكس نسب الكاربون والنتروجين بحيث انه، أي المعدل الكاربونتروجيني، مرتفع بالتربة المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، ومتدني بالتربة المسمدة بالسماد الطبيعي. فمعدل الكاربون على النتروجين هو ١٩,١٦ بالمربع أ٣، و١٦,٦٤ بالمربع ت٢، و٢٢,٥٢ بالمربع ت٣؛ بينما هو ١٠,١٨ مع ح١، و١٥,٣٣ مع ح٢، علمًا بأن حرف الحاء يمثّل السماد الطبيعي. وتجدر الملاحظة بأن هذا المعدّل يختلف تمامًا بين الأسمدة العضوية الاصطناعية، بحيث هو مع سماد هوموباكترا ٢٣,٨٢، وسماد بلانكتون ٥٣,٣٩، بينما مع السماد الطبيعي لا يتعدّى ١٠,٤.

٢. تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في تربة لبعا – المعدل الكاربونتروجيني.

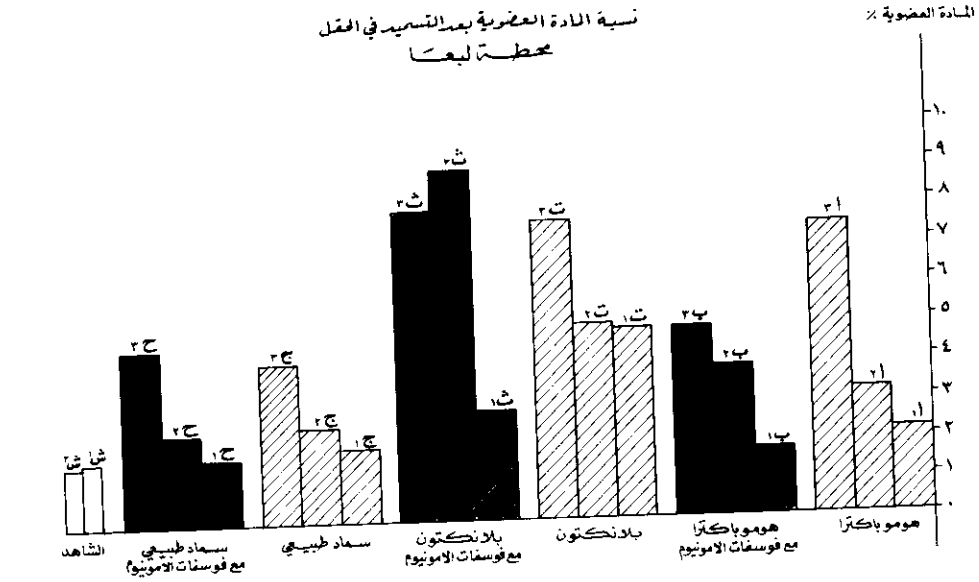
من أجل ايضاح نتائج المقاطع الأربعة في تربة لبعا، يؤخذ معدّل كل من العناصر التي اجري عليها التحليل، كما يؤخذ أيضًا معدّل الكاربون على النتروجين. فيصبح معدّل النتائج كما هو وارد في الجدول ادناه.

معدّل المقاطع الأربعة
لبعا ١-٢-٣-٤

المربعات	نسبة الكاربون المائوية ٪	نسبة المادة العضوية المائوية ٪	نسبة النتروجين المائوية ٪	معدّل الكاربونتروجيني
أ١	١,٢٣	٢,١٦	٠,١١	١١,١٨
أ٢	١,٨١	٣,١٢	٠,١٤	١٢,٩٢
أ٣	٤,٣٤	٧,٤٨	٠,٢١	٢٠,٦٦
ب١	٠,٩٨	١,٦٨	٠,١١	٨,٩٠
ب٢	٢,٢٥	٣,٨٧	٠,١٦	١٤,٠٦
ب٣	٢,٨١	٤,٨٣	٠,٢٠	١٤,٠٥
ت١	٢,٩٧	٤,٨٠	٠,١٦	١٧,٤٣
ت٢	٢,٨٤	٤,٨٩	٠,١٥	١٨,٩٣
ت٣	٤,٣٩	٧,٥٥	٠,١٨	٢٤,٣٨
ث١	١,٦٢	٢,٧٨	٠,١٣	١٢,٤٦
ث٢	٥,٢٠	٨,٩٤	٠,٤١	٢٤,٧٥
ث٣	٤,٥٧	٧,٨٦	٠,٢٤	١٩,٠٤
ج١	١,٠٩	١,٨٧	٠,١٢	٩,٠٨
ج٢	١,٤٠	٢,٤٠	٠,١٤	١٠,٠٠
ج٣	٢,٣٧	٤,٠٨	٠,٢١	١١,٢٨
ح١	٠,٩٦	١,٦٥	٠,١١	٨,٧٢
ح٢	١,٣٥	٢,٣٠	٠,١٤	٩,٦٤
ح٣	٢,٦٥	٤,٤٧	٠,٢٣	١١,٥٢
ش	٠,٩١	١,٥٧	٠,١١	٨,٢٧
ش مكرّر	٠,٨٨	١,٥٢	٠,١٠	٨,٨٠

قد لخصت هذه النتائج بالرسم البياني ادناه.

وكما شرحت نتائج التحاليل التي اجريت في محطة تربل، فانه من المفيد أيضًا شرح النتائج واعطاء الملاحظات على متوسط نسب كل من العناصر التي حللت في محطة لبعا، وهي أيضًا المادة العضوية والكاربون والنتروجين، ومعدل هاتين المادتين اي الكاربون على النتروجين، أو المعدل الكاربونتروجيني.



أ) المادة العضوية

بتفحص هذا الرسم، يتضح جليًا ان نسبة المادة العضوية، في تربة لبعا، والمتأتية من المربعات التي سمّدت بالأسمدة العضوية الاصطناعية، كسماد هوموباكترا وكسماد بلانكتون، هي اعلى بكثير من النسبة المتأتية من المربعات التي سمّدت بالسماد الطبيعي. والنسبة تبقى ايضًا مرتفعة مع الأسمدة العضوية الاصطناعية، حتى لو استعملت هذه الأخيرة مع سماد فوسفات الأمونيوم.

واذا ما قورن بين السمادين العضويين الاصطناعين، وبذات شروط التجارب، يتبيّن، بأن سماد بلانكتون اعطى نسبًا للمادة العضوية، اعلى من النسب التي اعطاها

سماد هوموباكترا. فالمربعات ت^{1} وت^{2} وت^{3}، وهي عائدة لسماد بلانكتون، اعطت نسبًا مختلفة ومرتفعة للمادة العضوية، وهي ٤,٨٠ ٪، و ٧,٥٥ ٪. هذه النتائج هي اعلى من تلك التي اعطاها سماد هوموباكترا، وهي ٢,١٦ ٪، و ٣,١٢ ٪. والمقارنة بين الأسمدة العضوية الاصطناعية، وبين السماد الطبيعي، تظهر بأن متوسط نسب المادة العضوية الناتجة عن الأسمدة الاصطناعية هي اعلى من متوسط النسب الناجمة عن السماد الطبيعي، وهي ١,٨٧ ٪ في المربع ج^{1}، و٢,٤٠ في المربع ج^{2}، و٤,٠٨ في المربع ج^{3}. ولكن عندما استعملت هذه الأسمدة ممزوجة بالسماد الكيمائي فوسفات الأمونيوم، فان نسبة المادة العضوية ارتفعت الى اعلى حد، مع سماد بلانكتون، الذي اعطي ٢,٧٨ ٪ بالمربع ث^{1}، و٨,٩٤ ٪ بالمربّع ث^{2}، و٧,٨٦ ٪ بالمربّع ث^{3}.

هذه النتائج، هي اعلى من تلك التي اعطاها سماد هوموباكترا، الممزوج ايضًا بفوسفات الأمونيوم. فقد اعطى بالمربعات ب^{1}ب^{2}وب^{3}، نسبًا متتالية هي ١,٦٨ ٪، و٣,٨٧ ٪، و٤,٨٣ ٪. اما المقارنة بين الأسمدة العضوية الاصطناعية المستعملة مع فوسفات الأمونيوم، وبين السماد الطبيعي، المستعمل ايضًا مع فوسفات الأمونيوم، فتُظْهر بأن نسبة المادة العضوية المتأتية من السماد الطبيعي، تبقى ادنى من النسبة الناتجة عن الأسمدة العضوية الاصطناعية. فمربعات السماد الطبيعي المستعمل مع فوسفات الأمونيوم، وهي ح^{1} وح^{2} وح^{3}، اعطت تباعًا ١,٦٥ ٪، و٢,٣٠ ٪، و٤,٤٧ ٪، بينما النسب مع سماد هوموباكترا كانت ١,٦٨ ٪، و٣,٨٧ ٪، و٤,٨٣ ٪، وذلك بالمربعات ب^{1} وب^{2} وب^{3}؛ ومع سماد بلانكتون ٢,٧٨ ٪، و٨,٩٤ ٪، و٧,٨٦ ٪، بالمربعات ث^{1} وث^{2} وث^{3}.

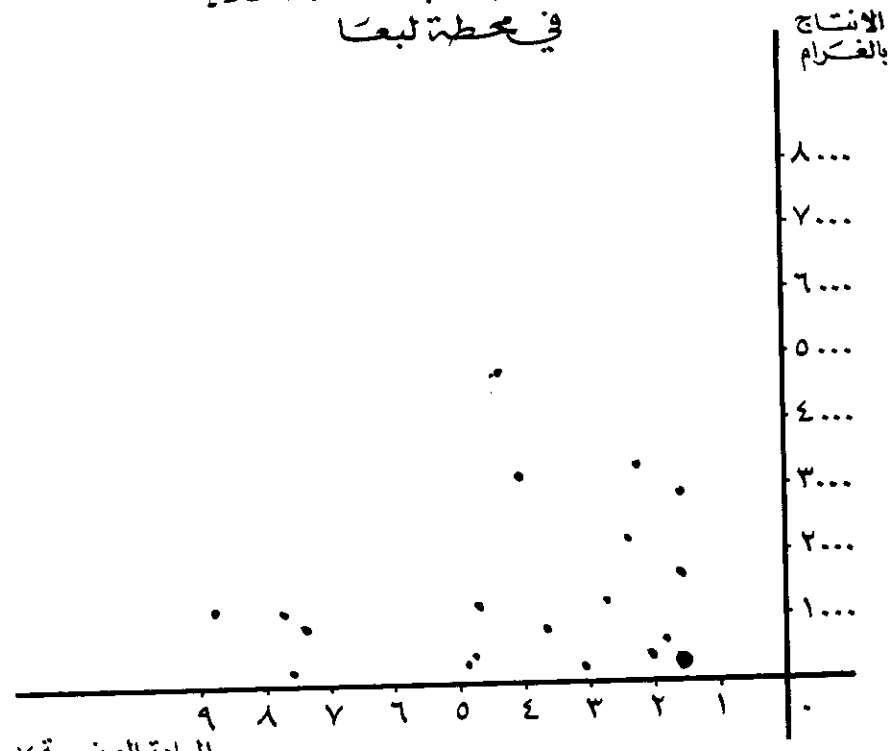
وبالاستناد الى ما تقدّم، يمكن استخلاص النتائج التالية:

- ان الأسمدة العضوية الاصطناعية، كسماد هوموباكترا، وسماد بلانكتون، سواء استعملت لحالها او ممزوجة مع فوسفات الأمونيوم، في التربة الكلسية البيضاء، تغني التربة بالمادة العضوية، بحيث تبقى فيها، نسبًا مرتفعة من هذه المادة، اعلى من النسب التي يتركها السماد الطبيعي. لهذا السبب، فان هذه الأسمدة تفيد التربة البيضاء، اذ انها تعمل على اصلاحها واغنائها بالمواد العضوية الداخلة في صلب تركيبها، والمحتوية على البروتينات والمواد القشرية السلليلوزية.

- ان سماد بلانكتون، وهو اغنى من سماد هوموباكترا بالمادة العضوية، يعطي التربة نسبة اعلى من المادة العضوية.
- ان الأسمدة العضوية الاصطناعية والطبيعية، عندما تستعمل ممزوجة بفوسفات الأمونيوم، تتحلّل وتتفكّك بالتربة، بسرعة اكثر، تحت تأثير الكائنات المجهرية الحية التي تتكاثر وتنشط بفضل عنصري الفوسفور والأمونيوم. هذه الظاهرة تؤدّي الى زيادة الانتاج.

اما الانتاج، اذا ما قيس بالنسبة المائوية للمادة العضوية، فانه لا يتبع هذه النسبة اطلاقًا في التربة البيضاء ايضًا. فان الرسم المشار اليه ادناه، يُظهر بأن نسبة الانتاج العالي في التربة البيضاء، لا تأتي من المربعات ذات المادة العضوية الأكثر ارتفاعًا. فالمحيط الذي اعطى نتاجًا بين ١٠٠٠ غرام و٥٠٠٠ غرامًا، تتراوح نسبة

مصور الانتاج بالنسبة الى المادة العضوية
في محطة لبعا



المادة العضوية فيه، بين ١,٥٠ ٪ و٥ ٪. فمتى خرجت نسبة المادة العضوية عن هذين الحدين، فان نسبة الانتاج تتدنى بحيث لا تصل الى الالف غرام.

ب) النتروجين

ان نسبة النتروجين المئوية، العائدة الى المربعات المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، سواء لحالها او مع فوسفات الأمونيوم، تكاد لا تختلف كثيرًا الا ببعض الحالات. فهذه النسبة هي ٠,١١ – ٠,١٤ – ٠,٢١، بالمربعات المسمّدة بسماد هوموباكترا، بينما هي ٠,١١ – ٠,١٥ – ٠,١٨ لذات السماد، ولكن عندما يكون مستعملاً مع فوسفات الأمونيوم. ولكن الفرق يتضح لجهة زيادة نسبة النتروجين مع سماد بلانكتون المستعمل مع فوسفات الامونيوم، بحيث تتراوح هذه النسبة بين ٠,١٣ – ٠,٢١ – ٠,٢٤، مع المربعات ج^{1} ج^{2} ج^{3}؛ ومن الثابت، ان نسبة النتروجين في التربة، ترتفع بارتفاع كمية الأسمدة المستعملة. اما التربة المسمّدة بالأسمدة الطبيعية، فان نسبة النتروجين ترتفع تدريجيًا من ٠,١٢ الى ٠,٢١، لتصل الى ٠,٢٣ عندما يزاد اليها فوسفات الأمونيوم.

وبنتيجة هذه التجارب في تربة لبعا الكلسية البيضاء، وبالمقارنة مع نتائج تربة تربل الحمراء، يمكن الاستنتاج بان نسب النتروجين في التربة الكلسية البيضاء، هي اقل مما هي عليه في الترب الحمراء الخالية من الكلس. كما ان الانتاج هو اعلى في التربة الحمراء، وسبب هذه الظاهرة الثابتة، هو تفاعل التربة الحمراء مع المادة العضوية بصورة ايجابية، اكثر من تفاعلها مع التربة البيضاء، كما سيظهر ذلك فيما بعد لدى مشاهدة تكاثر الكائنات المجهرية الحية في الترب الحمراء.

جـ) الكاربون

ان نسبة الكاربون ترتفع مع كميات الأسمدة المستعملة، سواء لحالها أو ممزوجة مع فوسفات الأمونيوم. ولكن هذه النسبة، كانت دائمًا اعلى، في المربعات المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية. فالمربعات أ^{1}–أ^{2}– أ^{3}، المسمّدة بسماد هوموباكترا، اعطت نسبًا تصاعدية من ١,٢٣ ٪ الى ١,٨١ ٪ الى ٤,٣٤ ٪، بينما المربعات المسمّدة بسماد البلانكتون ت^{1}، ت^{2}، ت^{3}، اعطت تباعًا ٢,٧٩ ٪، و ٢,٨٤ ٪

و ٤,٣٩ ٪. اما السماد الطبيعي، فقد اعطى بالمربعات ج١–ج٢–ج٣، نسبًا مقدارها ١,٠٩ ٪ و ١,٤٠ ٪ و ٢,٣٧ ٪. فنسبة الكاربون هنا اقل بسبب ان المادة العضوية بالسماد الطبيعي هي اسرع تفكّكًا من المادة العضوية في الأسمدة الاصطناعية. فمن هذه الناحية، ان السماد الطبيعي لا يعمل على الحفاظ على التربة وعلى اصلاحها، بقدر ما تعمله الأسمدة العضوية الاصطناعية، ذات المادة العضوية البطيئة التفكك، والتي تكوّن مصدرًا رئيسيًا لغذاء البكتريات كما سيرد فيما بعد.

وأخيرًا يتضح، بأن نسبة الكاربون تتدنى ايضًا مع السماد الطبيعي المستعمل مع فوسفات الأمونيوم، بحيث هي ٠,٩٦ ٪، و ٢,٦٥ ٪، في المربعات ج١–ج٢–ج٣، بينما ترتفع مع سماد بلانكتون الى ٤,٥٧ ٪ بالمربع ث٣، والى ٥,٢٠ ٪ بالمربع ث٢. ويمكن القول، مما تقدّم، بأن ارتفاع او تدني نسبة الكاربون في التربة البيضاء، يعود الى نوعية المادة العضوية المستعملة، ومقدرتها على مقاومة التفكك السريع. اذن، اصلاح هذا النوع من التُرَبْ، يتطلب مادة عضوية بطيئة الانحلال تحت وطأة الكائنات المجهرية الحية.

د) معدّل الكاربون على النتروجين او المعدّل الكاربونتروجيني

ان هذا المعدل هو مرتفع بالتربة البيضاء المسمّدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، المستعملة لحالها، أو مع فوسفات الأمونيوم؛ بينما هو متدني بالمربعات المسمّدة بالسماد الطبيعي. فمعدل الكاربون على النتروجين يتراوح بين ١١,١٨ – ١٢,٩٢ – ٢٠,٦٦، بالمربعات المسمّدة بسماد هوموباكترا، وهي أ١ – أ٢ – أ٣، بينما هذا المعدّل يرتفع مع سماد بلانكتون، بالمربعات ت١–ت٢–ت٣، التي اعطت ١٧,٤٣، ١٨,٩٣ – ٣٤,٣٨. اما بالمربعات المسمدة بالسماد الطبيعي، ج١–ج٢–ج٣، فان المعدّل الكاربونتروجيني فيها، يتراوح بين ٩,٠٨ – ١٠ – ١١,٢٨. وهذه الظاهرة تبقى على ذات النسب بالتربة المسمّدة بالأسمدة ذاتها، ولكن مستعملة مع فوسفات الأمونيوم. ويمكن الاستنتاج، بأنه بالقدر الذي تقاوم به المادة العضوية التفكك، فان نسبة الكاربون فيها تكون مرتفعة، وان معدل الكاربون على النتروجين، أو المعدّل الكاربونتروجيني، يكون مرتفعًا ايضًا. وكما سيتبيّن لاحقًا، فان للمعدل الكاربونتروجيني دور مهم في اصلاح التربة.

الفصل الرابع

تحليل المادّة العضويّة والكاربون والنتروجين في عشب «الراي-غراس» في محطتي تربل ولبعا

لقد اجريت التحاليل على أوراق «الراي–غراس» النضرة الطرية وليس المجففة، وبما ان التجارب اجريت في اربعة مقاطع، في كل من المحطتين، فان نتائجها ستشرح في الجداول الأربعة الواردة تباعًا، والمرقمة من واحد الى اربعة، والعائدة الى محطة تربل والى محطة لبعا.

١. تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في عشب «الراي–غراس» في محطة تربل – المعدل الكاربونتروجيني.

من أجل ايضاح نتائج المقاطع الأربعة في تربة تربل، يؤخذ معدّل كل من العناصر التي أجري عليها التحليل، كما يؤخذ ايضًا متوسط معدّل الكاربونتروجيني فيصبح متوسّط النتائج كما هو وارد في الجدول التالي:

متوسّط المقاطع الأربعة
تربل –١–٢–٣–٤–

المربعات	نسبة المادة العضوية المائوية	نسبة الكاربون المائوية	نسبة النتروجين المائوية	المعدّل الكاربونتروجيني
أ١	٢,٥٠	١,٤٥	٠,١٣	١١,١٥
أ٢	٦,٤٤	٣,٧٥	٠,٢٢	١٧,٠٤
أ٣	٤,١٤	٢,٤١	٠,١٩	١٢,٦٨

ب١	٢,٢٨	١,٣١	٠,١٣	١٠,٠٧
ب٢	٣,٢٧	١,٨٩	٠,١٧	١١,١١
ب٣	٣,٨٠	٢,٢١	٠,١٩	١١,٦٣
ت١	٢,٢٧	١,٣٢	٠,١٢	١١,٠٠
ت٢	٤,٣٩	٢,٥٥	٠,١٦	١٥,٩٣
ت٣	٧,٦٤	٤,٤٥	٠,٢١	٢١,١٩
ث١	٢,٣٣	١,٣٥	٠,١٣	١٠,٣٨
ث٢	٣,٨٦	٢,٢٤	٠,١٦	١٤,٠٠
ث٣	٤,٦٨	٢,٧٢	٠,١٨	١٥,١١
ج١	٢,١٨	١,٢٧	٠,١٢	١٠,٥٨
ج٢	٢,٣٣	١,٣٤	٠,١٣	١٠,٣٠
ج٣	٣,٢٣	١,٨٧	٠,١٨	١٠,٣٨
ح١	١,٨٢	١,٠٦	٠,١١	٩,٦٣
ح٢	٣,٠٨	١,٨٠	٠,١٩	٩,٤٧
ح٣	٣,١٦	١,٨٤	٠,١٩	٩,٦٨
ش	١,٥٧	٠,٩٢	٠,١٤	٨,٥٧
ش مكرّر	١,٥٦	٠,٩١	٠,١١	٨,٢٧

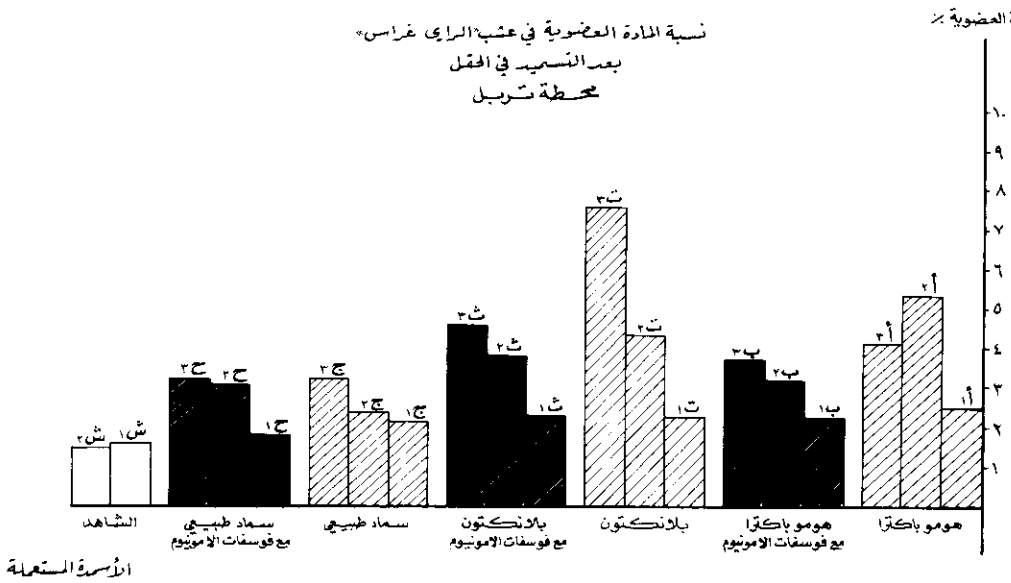
وقد تمثّلت هذه النتائج بالرسم المقابل. ولدى تفحّص هذا الرسم يتبيّن، رئيسيًا، بأن التحاليل التي اجريت على عشب «الراي–غراس» بحالته النضرة، اعطت نسبًا عالية للمادة العضوية في المربعات المسمّدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، كسماد هوموباكترا وسماد بلانكتون، وذلك بالمقارنة مع السماد الطبيعي اي سماد الماعز.

وبالمقارنة ايضًا بين الأسمدة العضوية المستعملة وحدها، اي بدون فوسفات الأمونيوم، وبالمعدلات ذاتها، يتضح بأن سماد هوموباكترا في المربعات أ١–أ٢–أ٣، اعطى نسبًا للمادة العضوية ٢,٥٠ ٪، و٦,٤٤ ٪، و٤,١٤ ٪، اعلى من النسب المتأتية من السماد الطبيعي في المربعات ج١–ج٢–ج٣، وهي ٢,١٨ ٪، و٢,٣٣ ٪، و٣,٢٣ ٪. كذلك سماد بلانكتون، وبالمعدلات ذاتها، اعطى، في المربعات ت١–ت٢–ت٣، نسبًا ٢,٢٧ ٪، و٤,٣٩ ٪، و ٧,٦٤ ٪، اعلى من النسب التي اعطاها السماد الطبيعي وهي ٢,١٨ ٪ بالمربع ج١، و٢,٣٣ ٪ بالمربع ح٢،

و٣,٢٣ ٪ بالمربّع ج٣. كما يتبيّن، ان النسب المئوية للمادة العضوية التي اعطاها سماد بلانكتون، هي اعلى من تلك التي اعطاها سماد هوموباكترا.

فيمكن الاستخلاص من هذه الأرقام، بأن النبات المسمّد بسماد بلانكتون، الغني بالمادة العضوية، يحتوي على اكبر نسبة مائوية من المادة العضوية. هذا ما يثبت صوابية القول بأن «النبات هو مرآة التربة»، خصوصًا بأن التربة المسمّدة بسماد بلانكتون هي اغنى بالمادة العضوية.

اما الأسمدة العضوية المستعملة ممزوجة مع فوسفات الأمونيوم، فان نِسَبْ المادة العضوية الناتجة عن النبات، هي ادنى من تلك الناتجة عن الأسمدة العضوية المستعملة لوحدها، وذلك يعود لكون مادة فوسفات الأمونيوم، كما تبيّن سابقًا، تعجّل في تفكّك المادة العضوية وهضمها من قبل الجراثيم المجهرية الحية.



٢. تبدّل المعدّل الكاربونتروجيني، أو معدّل الكاربون على النتروجين، بالنسبة للمادة العضوية.

يبيّن الجدول العائد الى متوسط تحاليل «الراي – غراس» في محطة تربل، والمشار اليه آنفًا في الصفحة ٥٩ – ٦٠، بأنه بقدر ما تكون المادة العضوية مرتفعة، يكون معدّل

الكاربون على النتروجين مرتفعًا. هذا الاستنتاج يظهر جليًا في كل المقاطع التي سمّدت، اولاً بالأسمدة العضوية الاصطناعية لحالها، ثم بهذه الأسمدة ممزوجة بفوسفات الأمونيوم. اما السماد الطبيعي المستعمل لوحده، او مع فوسفات الأمونيوم، فانه يحافظ على هذه الظاهرة، ولكن المعدّل ينخفض، ويبقى في كل الحالات ادنى من المعدّل الناتج عن الأسمدة العضوية الاصطناعية.

فبالاستناد الى النتائج، يتضح بأن معدل الكاربون على النتروجين يرتفع مع ارتفاع نسبة المادة العضوية، ويتدنى متى مزج السماد العضوي بفوسفات الأمونيوم. هذا مما يثبت بأن سمادي هوموباكترا وبلانكتون، اذا ما استعملا لحالهما، او ممزوجين بفوسفات الأمونيوم، اعطيا نسبًا مرتفعة للمادة العضوية، ومعدّلاً للكاربون على النتروجين مرتفعًا ايضًا، بالنسبة الى السماد الطبيعي، سواء استعمل لحاله او ممزوجًا ايضًا بفوسفات الأمونيوم. ويمكن القول بأن الأسمدة العضوية ذات التفكّك السريع، والمستعملة في التربة الحمراء، تؤدّي الى معدلات كاربونتروجينية تتراوح بين ٩,٥٠ و ١٥,٥٠. ومما تقدّم يمكن استخلاص النتائج التالية:

- ان سماد بلانكتون المستعمل لوحده، وهو الأغنى بالمادة العضوية، يتميّز بنسبة مرتفعة بالمادة العضوية، وبمعدّل كاربونتروجيني اعلى من تينك النسبة والمعدّل الناتجين عن سماد هوموباكترا.
- هذان النوعان من السماد العضوي الاصطناعي والمستعملان لحالهما، يتميزان بمادة عضوية وبمعدل كاربونتروجيني اعلى من النسب المتأتية عن استعمال الأسمدة الطبيعية.
- ان نسبة المادة العضوية والمعدل الكاربونتروجيني يتدنيان لدى العشب الناتج عن التربة المسمّدة بجميع الأسمدة، سواء كانت طبيعية ام اصطناعية، اذا ما استعملت هذه الأسمدة مع فوسفات الأمونيوم. وذلك عائد لكون المادة العضوية تتفكّك، بصورة اسرع، بوجود الفوسفور والأمونيوم. هذه الأسمدة، عندئذ، تفيد الانتاج اكثر مما تفيد التربة بحيث لا تعمل على اصلاحها باغنائها بالمواد الكاربونية.
- ان المعدّل الكاربونتروجيني الذي يتراوح بين ٩,٥٠ و ١٥,٥٠، والناتج عن

الغلّة أو الانتاج في التربة الحمراء، ينبئ بانتاج افضل، ولكنه لا يعني باصلاح التربة بسبب ضعفه بالمواد الكاربونية.
- ان التربة الحمراء، غير المسمّدة بالأسمدة العضوية، تهضم بصورة متواصلة مادة النتروجين الموجودة فيها أو المضافة اليها، مما يبرّر احتياجها الكلي الى المادة العضوية مولدة النتروجين والتي تسهّل تفكّكه اذا ما اضيف الى التربة.

وتجدر الاشارة، اخيرًا، بأن النتائج على اختلافها كانت دائمًا اعلى من النتائج التي اعطاها الشاهدان.

٣. تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في عشب «الراي–غراس» في محطة لبعا – معدّل الكاربون على النتروجين أو المعدّل الكاربونتروجيني.

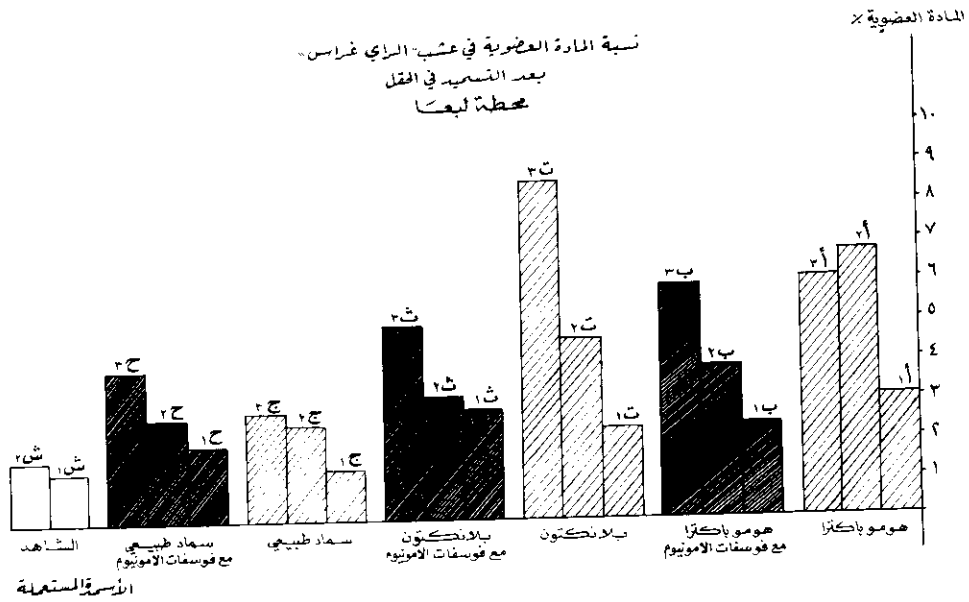
من اجل ايضاح نتائج المقاطع الأربعة في تربة لبعا، يؤخذ متوسّط كل من العناصر التي اجري عليها التحليل، كما يؤخذ ايضًا متوسط المعدل الكاربونتروجيني، فيصبح متوسط النتائج كما هو وارد في الجدول التالي:

متوسط لبعا –١–٢–٣–٤:

المربعات	نسبة المادة العضوية مئوية	نسبة الكاربون مئوية	نسبة النتروجين مئوية	المعدل الكاربونتروجيني
أ١	٣,٠٥	١,٧٨	٠,١٤	١٢,٧١
أ٢	٦,٨٠	٣,٩٦	٠,١٩	٢٠,٨٤
أ٣	٦,٠٣	٣,٥٢	٠,٢١	١٦,٧٦
ب١	٢,٤٠	١,٢٤	٠,١٣	٩,٥٣
ب٢	٣,٨٤	٢,٢٤	٠,١٣	١٧,٢٣
ب٣	٥,٩٥	٣,٤٦	٠,٢١	١٦,٤٧
ت١	٢,٣٠	١,٣٣	٠,١٠	١٣,٣٠
ت٢	٤,٥٢	٢,٦٤	٠,١٤	١٨,٨٥
ت٣	٨,٥٣	٤,٩٦	٠,٢٤	٢٠,٦٦
ث١	٢,٨٢	١,٦٥	٠,١٣	١٢,٦٩
ث٢	٣,١٦	٢,٠١	٠,١٣	١٥,٤٦
ث٣	٤,٩٣	٢,٨٧	٠,١٩	١٥,١٠

ج[١]	١,٧٨	١,٠٤	٠,١٠	١٠,٤٠
ج[٢]	٢,٤٦	١,٤٣	٠,١٠	١٤,٣٠
ج[٣]	٢,٧٥	١,٦١	٠,٢٢	٧,٣١
ح[١]	١,٩٢	١,١٢	٠,١٥	٧,٤٦
ح[٢]	١,٥٨	١,٥٢	٠,١٤	١٠,٨٥
ح[٣]	٣,٨١	٢,١٤	٠,٢٠	١٠,٧٠
ش	١,٣٨	٣,٢٣	٠,٣٤	٠٩,٥٠
ش مكرّر	١,٦٢	٣,٧٦	٠,٣٨	٩,٩٤

وقد تمثّلت هذه النتائج بالرسم ادناه.



أ) المادة العضوية

ولدى تفحّص هذا الرسم، يتضح ايضًا، كما في محطة تربل، بأن اعلى نسب مئوية بالمادة العضوية، هي المتأتية من المربعات المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية. ولدى المقارنة بين الأسمدة العضوية المستعملة لوحدها، اي بدون فوسفات الأمونيوم، يتبيّن بأن سماد بلانكتون اعطى اعلى نسبة ٨,٥٤ ٪ بالمربع ت[٣]، بينما اعطى سماد هوموباكترا ٦,٠٣ ٪ بالمربع أ[٣]. وبالنسبة للسماد الطبيعي، فان

الجمهورية اللبنانية
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

نسبة المادة العضوية تبقى ادنى مما هي عليه في الأسمدة العضوية الاصطناعية. وهذه الظاهرة تبقى بارزة ايضًا عندما تمزج هذه الأسمدة بسماد فوسفات الأمونيوم؛ إلاّ أن نسبة المادة العضوية تنخفض تحت تأثير عنصري الفوسفات والأمونيوم اللذين يعملان على الاسراع في تفكك المادة العضوية تحت تأثير الكائنات المجهرية الحية.

فما تقدّم من نتائج في محطة لبعا، نخلص الى نتائج مماثلة الى نتائج محطة تربل، وهي ان الأسمدة العضوية الاصطناعية تتميّز باعطائها للتربة وللنبات اعلى نسب للمادة العضوية، وذلك بسبب غناها بالمواد العضوية القشرية وبالهوموس بحيث تجعلها بطيئة التفكك. وهنا يظهر دورها جليًا بالمحافظة على التربة ووقايتها من الانجراف. ولكن نسبة المادة العضوية المرتفعة لا يقابلها ارتفاع بالانتاج، وذلك بسبب بطء تفككها كما تقدم. وبذلك تحجب، ولو مؤقتًا، المواد المغذية عن النبات. ولكن عندما تمزج بفوسفات الأمونيوم، تصبح سهلة التفكك فيزداد الانتاج. ومن هنا يمكن الاستنتاج، كما في محطة تربل، بان اصلاح التربة وحمايتها من الانجراف والضعف، يتطلب اسمدة عضوية بطيئة التفكك؛ ولكن للحفاظ على نسب مرتفعة من الانتاج، لعشب «الراي–غراس»، يلزم اضافة فوسفات الأمونيوم، الى التربة. فاضافة هذه المادة، يعوض عن تجمّد الآزوت الناتج عن بطء تفكك المادة العضوية. وكم هو مفيد متابعة ظاهرة تفكّك الأسمدة العضوية، الغنية بالمواد القشرية السلليلوزية، على الأشجار المثمرة، بحيث ينتقل النتروجين من طوره «المتجمد» الى طوره «المتحرّر»، فيعطي حينذاك الانتاج العالي المتوخى.

ب) الكاربون

من الملاحظ ان نسبة الكاربون تجاري نسبة المادة العضوية من حيث الارتفاع والتدني. وهذه الظاهرة هي طبيعية لأن الكاربون، كما النتروجين، يشكّل جزءًا لا يتجزأ من المادة العضوية. وقد تبيّن عمليًا بأن نسبة المادة العضوية ٦,٨٠ ٪ في المربع أ[٢]، يوازيها في ذات المربع نسبة ٣,٩٦ ٪ من الكاربون، اذًا نسبة عالية؛ في حين ان نسبة المادة العضوية ١,٩٢ ٪ في المربع ح[١]، قابلها نسبة ١,١٢ ٪ من الكاربون. وقد تبيّن بأن التربة الحوارية البيضاء، تحافظ على نسب عالية من الكاربون، وذلك بفعل بطء تفكك المادة العضوية فيها.

ج) النتروجين

ان نسب النتروجين هي متدنية في الانتاج المتأتي من التربة البيضاء، بحيث انها تتراوح بين ٠,١٣ ٪ و ٠,٢٤ ٪.

د) معدّل الكاربون على النتروجين او المعدّل الكاربونتروجيني

يلاحظ ان معدّل الكاربون على النتروجين مرتفع حيث سمد عشب «الراي–غراس» بالأسمدة العضوية الاصطناعية دون غيرها. فهذا المعدل بلغ ٢٠,٨٤ بالمربع أ٢، و١٨,٣٥ بالمربع ت٢، و٢٠,٦٦ مع ت٣. ولكنه تدنّى تدريجيًا عندما استعملت هذه الأسمدة ممزوجة مع فوسفات الأمونيوم. لذلك نجد معدلات من ٩,٥٣ في المربع ب١، الى ١٢,٦٩ في ث١. كما ان المعدل ذاته، يستمر في التدني لدى استعمال السماد الطبيعي، بحيث يصل الى ١٠,٤٠ بالمربع ج١، و٧,٣١ بالمربع ج٣ ؛ ومن ثم الى معدلات ٧,٤٦ و١٠,٨٥ و١٠,٧٠، بالمربعات ح١–ح٢–ح٣، حيث استعمل السماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم. وتجدر الملاحظة بأن المعدل الكاربونتروجيني يبقى مستقرًا بين ٩,٥٠ و٩,٩٤، بالمربعات الشواهد التي لم تنل أي نوع من الأسمدة. ومن الملاحظ ايضًا، انه يوجد تشابه كلي بين المعدلات الكاربونتروجينية المتأتية من التربة البيضاء في لبعا، وبين تلك الناتجة عن غلال «الراي–غراس» المنبثقة عن التربة ذاتها. وهذا مما يعزّز القول أيضًا، بأن الغلال هي مرآة التربة. ويمكن الاستنتاج، مما تقدّم، بأن معدّل الكاربون على النتروجين الناتج عن استعمال الأسمدة العضوية الاصطناعية، هو اعلى من ذلك الناتج عن استعمال السماد الطبيعي. ذلك لأن الأسمدة العضوية المميزة بنسبة عالية للمادة العضوية، تعطي غلالاً ذات معدل كاربونتروجيني عال ايضًا. وبما ان حالة التربة تنعكس على حالة النبات، فان اهمية هذه الأسمدة ينحصر خصوصًا بتحسين التربة. وعلى عكس ذلك، فان الأسمدة العضوية، سواء اصطناعية أو طبيعية، متى مزجت مع فوسفات الأمونيوم، فان المعدّل الكاربونتروجيني الناتج عنها، يتدنّى بفعل الكائنات المجهرية الحية، التي تعمل وتنمو بفضل وجود عناصر الفوسفور والنتروجين. وهذا التدني يرافقه ازدياد في الانتاج وضعف بالتربة.

الفصل الخامس

الكائنات المجهرية الحية أو بكتريات التربة

دورة النتروجين – معدّل الكاربون على النتروجين او المعدّل الكاربونتروجيني

١. دورة النتروجين الخارجية – مصادر النتروجين في التربة

ان دورة النتروجين الخارجية تتضمن جميع المراحل او التحولات التي يمرّ بها النتروجين ابتداءً من النباتات، ومرورًا بالحيوان وبالتربة وبالفضاء. بينما دورة النتروجين الداخلية لا تتضمن سوى المراحل التي تتم ضمن التربة فقط، وذلك بفضل الكائنات المجهرية الحية. ان هذه الكائنات، وبنوع اخص البكتريات، تلعب على الصعيد الزراعي، دورًا رئيسيًا بتحويل النتروجين، وهي التي تحدّد غنى التربة بالنتروجين بحيث تقدّم الى النبات انواعه القابلة التمثيل، اي الصالحة للغذاء. كما ان مصادر النتروجين في التربة هي مختلفة: فمنها المصدر البكتريولوجي، اي تثبيت النتروجين من الفضاء، بواسطة بعض البكتريات التي تعيش على النباتات من فصيلة القرنيات، وحتى على نباتات من فصائل اخرى، بواسطة كائنات مجهرية حية اخرى مستقلة ؛ اي انها لا تعيش على اي من انواع النبات. اما المصدر غير البكتريولوجي والأكثر اهمية والذي يغني التربة بالنتروجين، فهو الأسمدة المعدنية، المسماة ايضًا بالأسمدة الكيمائية النتروجينية، التي تحتوي على عنصر الآزوت أو النتروجين لحاله،

وبأشكال مختلفة كالسلفات والنترات، أو ممزوجًا مع غيره من العناصر الغذائية كالفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم الخ... وأخيرًا ان مياه الشتاء تشكّل مصدرًا للنتروجين وان كان ذات اهمية محدودة.

٢. دورة النتروجين الداخلية او تجميد تحلّل النتروجين

ان تحوّلات النتروجين أو دورته التي تحدث ضمن التربة، والتي تتم فقط بواسطة الكائنات المجهرية الحية أو البكتريات، تسمّى دورة النتروجين الداخلية، أو دورة «تجمّد» النتروجين ثم انطلاقه أو «تحرّره». بمعنى آخر ان النتروجين المعدني الموجود اصلاً في التربة، أو المضاف اليها كسماد كيمائي، يتفكّك أو يتحلّل أو يُهضَمْ بواسطة الكائنات المجهرية الحية. هذا العمل يحتم وجود تفاعلات عضوية داخل الخلايا المجهرية. عند هذه المرحلة، إن النتروجين لا يفيد قطعيًا النبات. فهو بحالة «تجمّد»، كما يقول دوميرغ، حسب تعبير «الجمعية الأميركية لعلم التربة».

ولكن بعد ان تتم مرحلة الهضم لدى البكتريات، أو بعد فناء قسم كبير منها، فان النتروجين المجمّد، بتأثير التفاعلات العضوية، يتحرّر تدريجيًا في التربة، وتتخالجه تفاعلات ليصبح قابلاً «للتمثيل»، أي صالحًا ليتغذى به النباتات. فيتبيّن اذًا، بأن حالة التجمد المشار اليها، ما هي الاّ مؤقتة. كما ان تجمّد النتروجين يمكن ان يتمّ ايضًا بواسطة النباتات، كالجذور الميتة والأوراق والأغصان، ليتحرّر فيما بعد، ويصبح غذاءً مفيدًا للنبات. هذه التحولات الدورية للنتروجين، من حالة معدنية متحررة، الى حالة مجمّدة ضمن الخلية، أي حالة عضوية، ثم ليتحوّل بواسطة الكائنات المجهرية الحية من الحالة العضوية الى الشكل المعدني القابل التمثيل؛ هذه التحولات تسمّى «الدورة الإحيائية» حسب دوميرغ. وان تتابع هاتين الحالتين، «تجمّد» النتروجين ثم «تحرّره»، يخلق في التربة فارقًا يسمّى «المفعول الصحيح». فعندما تغلب حالة تحرّر النتروجين على حالة التجمّد، وهذا يتم بواسطة البكتريات، فان هذه المادة تتخزن في التربة فتغنيها وتفيد النبات، ولكن العكس يحدث عندما تتغلب حالة التجمد على التحرر، فتفتقر التربة بمادة النتروجين ويتأثّر بذلك النبات. ومن هنا يتضح دور البكتريات المجهرية الحية في خصوبة التربة التي تؤدّي الى انتاج افضل.

٣. المادة العضوية: النضرة والمخمرة

ان المادة العضوية النباتية، عكس المادة المعدنية، هي متأتية من جراء التفاعل الذي يحصل بين التربة والنبات بواسطة اشعة الشمس. فالبيئة التي تؤلف التربة والنبات، تلتقط الطاقة الشمسية بواسطة النباتات ذات الورق الأخضر، وبواسطة غيرها من الكائنات ذات التركيب الضوئي، لتحوّلها الى طاقة كيمائية. هذه الطاقة الكيمائية، بفضل المواد المعدنية الموجودة في التربة، تستطيع تركيب مركبات عضوية، ومحاليل الكاربون (نشاواة، سلليلوز، ومواد قشرية)، ومواد عضوية آزوتية ومواد دهنية، لتكوّن منها مصدرًا للطاقة، تقتات بها على السواء الحيوانات المجترة وغيرها التي تتغذى بالأعشاب، والطفيليات التي تعيش على النباتات الخضراء، ثم الحيوانات اللاحمة التي تقتات باللحم، واخيرًا الكائنات المجهرية التي تعيش على نفايات الحيوانات والنباتات وحطامها كالقش والجذور الميتة ونُتَحْ الجذور او ما يرشح عنها. فهذه البقايا والنفايات من حيوانية ونباتية عندما توجد في التربة تشكّل ما يسمّى **بالمادة العضوية النضرة**.

ولكن الكائنات المجهرية الحية، بفعل وجودها في التربة، تفكك المادة العضوية النضرة الى مركبات معدنية مختلفة تقدّر بحوالي ٥ بالمائة، والى مركبات عضوية تقدّر بحوالي ٩٥ بالمائة. وأهم هذه المركبات: الحوامض الأمينية، والمشتقات الفينولية والحوامض الأزوتية، التي عندما تتجمع في التربة تصبح ما يسمّى بالمادة **العضوية المركزة أو المسماة بصورة أشمل «الهوموس»**، وهي تتميّز بلونها الرمادي.

فالمادة العضوية سواء كانت بحالتها «النضرة»، أو بحالتها «الهوموسية» المفككة الى عدة حوامض عضوية، هي مصدر غذاء وطاقة للكائنات المجهرية الحية في التربة؛ وخصوصًا ان الفئة المحتوية على الهوموس تقاوم التفكك السريع، وتكوّن بذلك مصدرًا لغذاء الكائنات الحية أو البكتريات، كما انها بفضل تركيبها من المواد القشرية وغناها بالمركبات البوليسكاريدية التي تفرزها تلك البكتريات، تحسن التربة. وهنا يكمن فعل الهوموس وحسناته في تسميد التربة.

٤. معدّل الكاربون على النتروجين، أو المعدّل الكاربونتروجيني

ان المادة العضوية، مهما كان مصدرها، عندما توضع في التربة وبوجود الكائنات

المجهرية الحية. وبوجود النتروجين المعدني، سواء أكان متحدرًا من المادة العضوية الهوموسية أو مضافًا كسماد كيمائي، تؤدّي كما ورد آنفًا الى تفاعلات «تجمّد» النتروجين ثم «تحرّره». ومن أجل معرفة مقدار كل من الحالتين المشار اليهما، درجت العادة على اعتماد مقياس معدل الكاربون على النتروجين، الممكن تسميته ايضًا المعدل الكاربونتروجيني. وقد اعتبر البحّاثة «هارسن» و «فان شرفن» عام ١٩٥٥، بأن معدّل الكاربون على النتروجين، الملائم لتفكك المادة العضوية وتحرّر النتروجين، يجب ان يتراوح بين رقمي ٢٠ – ٢٥. وان حصل وان كان دونهما قليلاً فيجب ان لا يتعداهما. وقد اثبتت هذه النظرية التجارب، موضوع هذا الكتاب، بحيث ان تكاثر البكتريات والكائنات المجهرية الحية صادف اغلب الأحيان في المربعات التي كان المعدل الكاربونتروجيني فيها مساو أو دون هذين الرقمين.

وبالنسبة الى البكتريات أو الكائنات المجهرية الحية، فان المعدل الكاربو نتروجيني يتغير، بحيث انه يتراوح في تلك البكتريات بين ٦/١ و ١٠/١. فاذا كان هذا المعدل اعلى من ١٠، تكون نسبة الكاربون مرتفعة، فالبكتريات تأكل أو تهضم كل النتروجين الموجود، وتفرز مركبات سكرية وبوليسكاردية ذات مفعول مهم في تكوين التربة. في هذه الحالة ان النبات يُحْرَمْ من الآزوت او النتروجين ولا يفيد منه. ولكن عندما يكون المعدل ادنى من ٦، تكون نسبة النتروجين مرتفعة، والبكتريات تستهلك كل الكاربون، حينئذ انها تفرز النتروجين وتحرّره من حالة الجمود وتضعه بمتناول النبات.

وقد اثبت العالم «دوميرغ» بأن المادة العضوية، ذات المعدل الكاربونتروجيني المتدني، والموضوعة في التربة، كالبروتيين مثلاً، تشجّع تفكّك النتروجين، فيغلب طور «التحرّر» على «التجمّد»، مما يغني التربة بالمادة الآزوتية الناتجة عن النتروجين. والعكس يصبح صحيحًا عندما يكون المعدل مرتفعًا، أي نسبة الكاربون في المادة العضوية مرتفعة، كالقش مثلاً. في هذه الحالة ان «التجمّد» الآزوتي يغلب على «تحرّره»، فتفتقر التربة بهذه المادة. من هنا يمكن الاستنتاج بأن المعدل الكاربونتروجيني المتدني، يقوي تحرّر الآزوت، والمعدل المرتفع يزيد في تجمده.

نتائج التحاليل المجهرية

من اجل شرح نتائج التحاليل المجهرية التي اجريت، يجب ابراز الجداول البيانية التي تظهر مقدار تكاثر الكائنات المجهرية الحية بالنسبة الى قيمة معدّل الكاربون على النتروجين، أو المعدل الكاربونتروجيني. لذلك من اللازم وضع الجداول التي تظهر بوضوح عدد الكائنات المجهرية العائدة لكل من المربعات في تربة محطتي لبعا وتربل، والتي تظهر أيضًا بالمقابل معدّل الكاربون على النتروجين في كل المربعات. ومن الفائدة التذكير بأن نتائج التحاليل تعود الى الترب المختلفة التي جرت عليها التجارب، بعد الانتهاء من حصاد الخضير، والتي سمّدت بجميع الأسمدة التي استعملت في هذه التجارب، والى الشواهد، أي مربعات التربة التي لم تنل كمية من الأسمدة.

١. الكائنات المجهرية الحية في تربة لبعا وعددها في الغرام الواحد من التراب. معدّل الكاربون على النتروجين أو المعدّل الكاربونتروجيني

بما ان كل محطة جرت فيها التجارب تتضمن اربعة مقاطع في كل واحد ١٨ مربعًا وشاهدان، فان نتائج محطة لبعا ستظهر في اربعة جداول بيانية، اي جدول لكل مقطع، مسمّى لبعا ١ – ولبعا – ٢ – ولبعا ٣ – ولبعا ٤، وقد اخذ متوسطها كما هو مبين في الجدول التالي. كما ان كل جدول يتضمن تباعًا، المربعات المسماة أ١ – أ٢ – أ٣ الخ، وعدد الكائنات المجهرية الحية في الغرام الواحد من التراب، وهذه الكائنات المجهرية هي تباعًا: الآزوتوباكتر – الكلوستريديوم – بكتريا محولة الى حامض نتريكي – بكتريا محولة الى نترات، ثم المعدّل الكاربونتروجيني العائد لتربة كل من المربعات.

متوسط لبعا –١–٢–٣–٤

المربعات	آزوتوباكتر	كلوستريديوم	بكتريات محولة الى حامض نتريكي	بكتريات محولة الى نترات	المعدل الكاربونتروجيني
أ١	٢٠٢٧٥	٤,٥	٧٨٧,٥٠	١٩١٢,٢٥	١١,٤٨
أ٢	٢٥٣٧٥	٦,٥	٥٤٣,٧٥	٤٧٥	١٢,١٦
أ٣	١٢٦٠٠	٤,٥	٨٩٣,٧٥	٧٢٥	١٩,٥٩
ب١	٦٦٠٠	٠,٧٥	٩٧٥	١٦٨٧,٥٠	٦,٠٦
ب٢	٣٩٢٥٠	٣٢,٢٥	١٩١٢,٥٠	٦٦٢,٥٠	١٢,٩٥
ب٣	٣٦٣٧٥	٩,٥٠	١٤٣٧,٥٠	١٠١٢,٥٠	١٢,٨٨
ت١	٤٢١٢٥	٣	٩١٢,٥٠	٣١٧٥	١٥,٥٤
ت٢	٥٣٦٢٥	٤,٥٠	٢٢٠٦,٢٥	٢٠٩٥	١٦,٦٩
ت٣	٤٢٥٠٠	٧,٧٥	٥١١٨,٧٥	٢٥١٨,٧٥	١٩,٣١
ث١	٧٥٨٧٥	٨,٧٥	٥٨٠٦,٢٥	١٩٦٨٧,٥٠	١١,٨١
ث٢	٢٩٥٠٠	٦	٢٨٦٢,٥٠	٦٩٣٧,٥٠	٢٠,٨٥
ث٣	١٩١٠٠	٤,٥٠	٩٧٥٠,٠٠	٢٠٦٢٥,٠٠	١٤,٨٤
ج١	١٨٢٥٠	٥,٢٥	١٦٨٧,٥٠	١٦٨٧,٥٠	٦,٥٨
ج٢	٤٩٨٧٥	٢٩,٠٠	٦٢٥	١٩٦٢,٥٠	١٠,٠٢
ج٣	٣٤٨٥٠	٣,٥٠	١٠٠٧,٥٠	٢٠١٢,٥٠	١٠,٦٧
ح١	٥٠٢٥٠	٥,٢٥	٧٣١٢,٥٠	٢٠٦٢,٥٠	٨,٦٧
ح٢	٦٨٧٥٠	٣,٧٥	١٩٠٠٠,٠٠	٢٦٦٢,٥٠	٩,٦٣
ح٣	١٠٣٧٥٠	٣,٧٥	٢٠٨١٢,٥٠	٣٤٥٠,٠٠	١٠,٨٠
ش	٤٨١,٢٥	٥,٢٥	٥٤٣,٧٥	١٢٥,٠٠	٨,٤٧
ش مكرر	٣٠٠,٠٠	٣,٧٥	٤٣٧,٥٠	٥٨١,٢٥	٨,٨٨

٢. الكائنات المجهرية الحية في تربة تربل وعددها في الغرام الواحد من التراب. معدّل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني

كما في محطة لبعا، فان نتائج التحاليل في محطة تربل ستظهر ايضًا في أربعة جداول بيانية، أي جدول لكل مقطع، مسمى تربل–١ وتربل–٢ وتربل–٣–

وتربل ٤، وقد اخذ متوسطها كما هو مبين ادناه. كما ان كل جدول، وهو يحتوي على المربعات، المسماة أ١–أ٢–أ٣، ب١–ب٢–ب٣، الخ. تتضمن عدد الكائنات المجهرية الحية في الغرام الواحد من التراب. وهذه الكائنات المجهرية هي تباعًا: الآزوتوباكتر – الكلوستيريدوم – بكتريا محولة الى حامض نتريكي – بكتريا محولة الى نترات، ثم معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني العائد لتربة كل من المربعات.

متوسط تربل –١–٢–٣–٤

المربعات	آزوتوباكتر	كلوستريديوم	بكتريات محولات الى حامض نتريكي	بكتريات محولات الى نترات	المعدل الكاربونتروجيني
أ١	٤١٨٧٥٠	١٥,٧٥	٤٤٥٧٥	٢٠٠٥٠	٨,١٢
أ٢	٨٠٠٠٠	١٧	٥٢٦٢٥	٤٦٨٧,٥٠	١١,١٧
أ٣	١٢١٢٥٠	١٠	٤٧٤٣٧,٥٠	٥٧٧٥٠	١٤,١٣
ب١	١٥٠٠٠٠	٤,٧٥	١٦٢٥٠	٣١٨٧٥	٤,٨١
ب٢	٧٧٧٥٠٠	١٨,٢٥	٦٨٧٥	٢٣٩٣٧,٥٠	١٤,١٣
ب٣	٦٦٠٠٠٠	١٥,٧٥	٤٦٨٧,٥٠	٢٥٠٦٢,٥٠	١٣,٥٣
ت١	٧٣٧٥٠٠	١٤,٧٥	٢٤١٨٧,٥٠	٨٥٦٢,٥٠	١٤,٧١
ت٢	٩٣٧٥٠٠	١٠,٥٠	٢١٦٢٥	١٨٦٢٥	١٦,٠٨
ت٣	٤٣٥٠٠٠	١٦,٢٥	٧٢٥٠	٩٦٢٥	٢٠,٨٨
ث١	٣٥٦٥٠٠	٣	٥٩٨٧٥	٢١٠٠٠	١١,٢٨
ث٢	٦٨٣٧٥	٧,٧٥	٢١٥٢٦٢,٥٠	٥٨٠٠	١٣,٨٤
ث٣	٣٨٩٠٠٠	١٧,٧٥	١٩٧٦٢٥	٢١١٨٧,٥٠	١٥,٠٣
ج١	١٢٧٥٠٠	١٤	٢٠٨٧٥	١٢٣١٢,٥٠	١٠,٧٧
ج٢	٣٦٧٥٠٠	١٣,٢٥	٣٨٠٦٢,٥٠	٤٢٣٧٥	١١,٢٢
ج٣	٧٤٧٥٠٠	١٧	٢١٨١٢,٥٠	١٩٥٦,٢٥	١١,٦٦
ح١	٧٤٠٠٠٠	١٣,٧٥	٥٨٦٢,٥٠	٦٥٦٢,٥٠	١٠
ح٢	٥٤٧٥٠٠	٢٨	٥٦٨٧,٥٠	٢١٣٢٥	١٠,٨١
ح٣	٤٣٢٥٠٠	٤٩,٢٥	٣٦٧٥	٥٦١٢,٥٠	١١,٢٢
ش	١٢٥٠	٣١,٢٥	١١٢٥	٣٨٧,٥٠	٨,٧٣
ش مكرر	٧٦٢,٥٠	١٠,٥٠	١٤٧٥	٤٧٥	١٠,٨١

٣. تحليل المانغانيز والكوبالت والموليبدان في تربتي تربل ولبعا

من اجل تحسين التربة وزيادة الانتاج الزراعي، من اللازم اجراء التحاليل على التربة، لمعرفة ليس فقط مقدار المواد الغذائية الأساسية كالنتروجين والفوسفات والبوطاس، بل أيضًا المواد المعدنية الثانوية كالموليبدان والبور والكلس والمانغانيز. من هذه المواد الموجودة في التربة، ان المهم دراسة ثلاث مواد معدنية التي لها علاقة مباشرة بدورة النتروجين، أو بحياة الكائنات المجهرية الحية. وهذه المواد هي: الموليبدان والمانغانيز والكوبالت.

أجريت تحاليل هذه المواد المعدنية الثانوية بطريقة التحليل الذري «السبكتروفوتومتري آتوميك» اي جهاز فصل ذوات العناصر حسب تكتلها.

أ) محطة تربل

نوع السماد	عمق التربة	المانغانيز بالألف	الكوبالت بالألف	الموليبدان بالألف
السماد الطبيعي	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠١	٠,٠٠٠٠٥٢٥	٠,٠٠٠٠١٠٩
	٢٠ – ٤٠ سم	٠,٠٠١٠٥	٠,٠٠٠٠٥٥٥	٠,٠٠٠٠١٠٢
هوموباكترا	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠١١٤	٠,٠٠٠٠٥	٠,٠٠٠٠١٠٢
	٢٠ – ٤٠ سم	٠,٠٠١٢	٠,٠٠٠٠٦٥	٠,٠٠٠٠١٢٢
بلانكتون	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠١٢	٠,٠٠٠٠٥	٠,٠٠٠٠١٨
	٢٠ – ٤٠ سم	٠,٠٠١٥	٠,٠٠٠٠٥	٠,٠٠٠٠١٠٣
شاهد	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠١٠٤	٠,٠٠٠٠٥٤	٠,٠٠٠٠١٣

ب) محطة لبعا

نوع السماد	عمق التربة	المانغانيز بالألف	الكوبالت بالألف	الموليبدان بالألف
السماد الطبيعي	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠٠٤	٠,٠٠٠٠١٤	٠,٠٠٠٠١١
	٢٠ – ٤٠ سم	٠,٠٠٠٣	٠,٠٠٠٠١٢	٠,٠٠٠٠١٥
هوموباكترا	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠٠٢٤	٠,٠٠٠٠١	٠,٠٠٠٠١١
	٢٠ – ٤٠ سم	٠,٠٠٠٢٨	٠,٠٠٠٠١٠٥	٠,٠٠٠٠١٠٨

بلانكتون	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠٠٤	٠,٠٠٠٠١	٠,٠٠٠٠١٥
	٢٠ – ٤٠ سم	٠,٠٠٠٢٧٥	٠,٠٠٠٠١٠٧	٠,٠٠٠٠٠٨
شاهد	٠ – ٢٠ سم	٠,٠٠٠٣٧	٠,٠٠٠٠١٢	٠,٠٠٠٠١
	٢٠ – ٤٠ سم	٠,٠٠٠٣٦	٠,٠٠٠٠١٢	٠,٠٠٠٠١٢

• الموليبدان

ان وجود الموليبدان ضروري من أجل تحويل خلايا النتروجين، كما انه يدخل في صميم تركيب الكائنات المجهرية الحية، وبنوع اخص في تركيب بكتريات النتروجين المسماة آزوتوباكتر. وقد اثبتت ابحاث العالمين «دوميرغ» و«مانجينو» بأن وجود الموليبدان، بكميات ضئيلة جدًا، لهو امر ضروري لالتقاط النتروجين بواسطة الدرنات الآزوتية المتعايشة على انواع معينة من النباتات، ويظهر مفعوله جليًا سواء على الانتاج او على سرعة الالتقاط. كما انه لا غنى عنه، وبكميات جد قليلة، لالتقاط النتروجين بواسطة الكائنات المجهرية المعروفة ببكتريا «بيجرنكيا». ومن المعروف بأن جميع الكائنات المجهرية الحية، مثبتة النتروجين، المتعايشة على النبات، أو الطليقة المنفردة اي غير المتعايشة، تتميز بتعطشها لمادة الموليبدان. فهذه المادة، عندما، تترسب في الدرنات الآزوتية، أي الأمكنة التي تتم فيها عملية التثبيت، وحتى في الجذع، تلعب دورًا رئيسيًا في تركيز النتروجين. وقد اثبت «مولدر» ١٩٥٤، بأن فقدان الموليبدان من الخلايا يؤثر بصورة رئيسية على عملية تثبيت النتروجين، ولكن بصورة اقل على تكاثر الدرنات المتعايشة على النبات. وقد اثبتت التحاليل بأن تربة لبعا وتربة تربل تحتوي على نسب متوازية من الموليبدان، غير ان تكاثر الآزوتوباكتر في تربة تربل، من المرجح ان يكون بسبب احتوائها على نسب مرتفعة من الكوبالت والمانغانيز، بالاضافة الى اسباب اخرى اهمها طبيعة التربة الحمراء وتجاوبها مع المادة العضوية.

• المانغانيز

ان المانغانيز بالتربة هو نتيجة التأكسد البيولوجي او الاحيائي، أي احتواء المعدن على عنصر الأوكسجين. وقد يشجع هذا التأكسد الاحيائي التربة ذات معدل

الحموضة المتعادل اي المتراوح بين ٦,٠٠ و٧,٥. وحسب رأي «الكسندر»، ١٩٦١، ان الخلايا المجهرية نادرًا ما تحتوي على نسبة من المانغنيز تزيد على ٠,٠٥ بالألف.

- **الكوبالت:**

ان الكوبالت هو عنصر معدني ثانوي ضروري لنمو النبات سواء اكان من الفصيلة القرنية او غير القرنية. والدور الرئيسي الذي يلعبه، هو بتكاثر البكتريا في جذور الخضار، وبتثبيت النتروجين بطريقة التعايش على النبات. وكما اورد «دوميرغ»، فان التثبيت يكون مهمًا بقدر ما تكون الدرنات، الموجودة على الجذور أو على اسفل الجذع، غنية بالڤيتامين ب ١٢، المعروفة «بالڤيتامين الكوبالتيه». وتدل التحاليل، بأن نسبة الكوبالت تشابه نسبة المانغانيز، وانه في تربة تربل، في محيط حموضة معتدلة، اهم بكثير منه في تربة لبعا، حيث معدل الحموضة أو تركيز شوارد الهيدروجين مرتفع اي مائل الى القلوية. ويتضح بعد التحاليل التي اجريت، ان تربة تربل الحمراء، هي اغنى بكثير بالمانغانيز والكوبالت بالمقارنة مع تربة لبعا البيضاء، ولعل ذلك من مسببات غنى هذه التربة، اي التربة الحمراء، بكائنات الآزوتوباكتر كما ورد سابقًا.

جـ) شرح نتائج التحاليل المجهرية في تربة تربل وتربة لبعا

من اجل شرح نتائج التحاليل المجهرية، يُعتمد خصوصًا بكتريات الآزوتوباكتر، لأن هذا الكائن المجهري هو الأهم من حيث المفعول ومن حيث العدد بالنسبة الى سواه من الكائنات التي اجريت عليها التحاليل وهي: الكلوستريديوم والكائنات المحوِّلة الى حامض نتريكي والكائنات المحوِّلة الى نترات.

٤. دور الآزوتوباكتر باغناء التربة بالآزوت وبزيادة الانتاج

تبيّن من التحاليل بأن عدد بكتريات الآزوتوباكتر مرتفع جدًا بالمقارنة بعدد غير بكتريات في نوعي التربة: التربة الحمراء والتربة البيضاء. وسبب ذلك يعود الى افتقار التربة الى عنصر النتروجين؛ وهذا ما يجعل الآزوتوباكتر يتكاثر بشكل مكثف ولكن بنسب تختلف باختلاف نوع التربة. ومن الملاحظ عادة بأن الانتاجية القصوى

للعشب تصادف دائمًا حيث تكون التربة غنية بكائنات الآزوتوباكتر المجهرية. من هنا يطرح الموضوع بادئ ذي بدء: بوجود نوعي تربة فقيرتين بعنصر النتروجين، ولكنهما غنيتان بالآزوتوباكتر. فكيف يتطور تكاثر كائنات الآزوتوباكتر وانتاج العشب بشكل متوازي وهما نقيضان؟ اي بتعبير آخر كيف الحصول على انتاج مرتفع في تربة فقيرة بعنصر النتروجين؟ هنا يبرز اذًا دور الكائنات المجهرية الحية كالآزوتوباكتر.

للتوصل الى نتيجة، دُرِسَتْ النتائج بالمقارنة بين عدد بكتريات الآزوتوباكتر ومعدل الكاربون على النتروجين، او المعدل الكاربونتروجيني من جهة، وبين هذين العنصرين والانتاج من جهة اخرى. وبنتيجة التحاليل، يمكن استخلاص النتائج التالية:

اوّلاً: في التربة البيضاء في محطة لبعا:

– ان التربة البيضاء الكلسية تتجاوب بشكل ايجابي، ولكن محدود، مع انواع الأسمدة العضوية الممزوجة بفوسفات الأمونيوم. هذه الظاهرة هي بسبب افتقار التربة الى عناصر المادة العضوية والفوسفور والآزوت. غير ان بالنسبة الى عدد بكتريات الآزوتوباكتر الضئيل في التربة البيضاء، بالمقارنة بعدده الهائل بالتربة الحمراء، كما سيتبين لاحقًا، فيمكن الاستنتاج بأن التربة الكلسية البيضاء تحد من تكاثر كائنات الآزوتوباكتر، وانه يوجد صلة المحدودية بين قلوية التربة وتكاثر الآزوتوباكتر. وهذه الصلة تحد من العدد بحيث لم يتعدَّ عـدد البكتريات المائة والخمسين الفًا في تربـة لبعا، حيث نسبة الكلس الفعال تتراوح بين ٢١ و٢٤ بالمائة، في حين يتجاوز المليون في تربة تربل الحمراء الخالية تمامًا من الكلس. هذه النتائج لا تتفق مع رأي «مولدر» القائل: «اننا نجهل فيما اذا يوجد صلة بين قلوية التربة وتكاثر كائنات الآزوتوباكتر المجهرية حول الجذور». ان عددًا كبيرًا من البحاثة يعتقدون بأنه، حتى ولو كان احيانًا لكائنات الآزوتوباكتر، وبنوع خاص الآزوتوباكترين، مفعول ايجابي على نمو النباتات، فان هذا المفعول الايجابي هو بفضل تكاثر الآزوت او النتروجين في النبات، من جراء تكاثر عمل كائنات الآزوتوباكتر. انهم يرجّحون بأن سبب النمو عائد الى ما يسمّى «عنصر نمو» معروف بحامض الجيبرليك أو بمركب فطري متأت من فصيلة الآزوتوباكتر.

– ان السماد الطبيعي، الممزوج بفوسفات الأمونيوم، وذات المعدل الكاربونتروجيني المتراوح بين ١١ – ١٢، قد اعطى اعلى انتاج وأحيانًا اعلى نسبة من الآزوتوباكتر، في حين ان الأسمدة العضوية اعطت في اغلب الأحيان اعلى نسب من كائنات الآزوتوباكتر وغيرها، وذلك بفضل المعدل الكاربونتروجيني العالي التي تتميز به، وهو مصدر قوة البكتريات، وهذا المعدل يتراوح غالبًا بين الـ ١٥ والـ ٣٠. وتجدر الملاحظة ايضًا بأن النتائج، سواء للانتاج او للبكتريات، مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بكميات الأسمدة المستعملة.

– ان الأسمدة العضوية الاصطناعية المستعملة مع فوسفات الأمونيوم، وذات المعدل الكاربونتروجيني المتراوح بين ١٠ و١٥، غالبًا، ما اعطت اقصى الأرقام للأزوتوباكتر، في حين ارقام الانتاج كانت عالية، الا انها ادنى من تلك المعطاة من الأسمدة العضوية الطبيعية. ومن الواضح انه في التربة المفتقرة الى الآزوت القابل للتمثيل اي للامتصاص من قبل النبات، فان الآزوتوباكتر يثبت الآزوت عندما يكون المعدل الكاربونتروجيني اعلى من الرقم ١٠. اما في التربة الغنية بالآزوت المشار اليه، فان الآزوتوباكتر يستطيع التكاثر بفضل هذا الآزوت القابل الامتصاص، ولكن معدل الحموضة يجب ان لا يتعدى الرقم ٧، أي ان تكون التربة لا قلوية، ولا حمضية. ويُستطاع القول بأن تكاثر بكتريات الآزوتوباكتر هو متعلق الى حد ما بالمعدل الكاربونتروجيني اكثر منه بغنى التربة بعنصر الآزوت أو النتروجين.

– ان جميع الأسمدة العضوية المستعملة في التجارب، سواء استُعْمِلَتْ لحالها أو مع فوسفات الأمونيوم، ولكن ذات المعدل الكاربونتروجيني الأعلى من الرقم ١٥، قد اعطت، من حيث الوزن وعدد بكتريات الآزوتوباكتر، نتائج ادنى من تلك المعطاة عندما يكون المعدل ادنى من رقم ١٥، ولكن في كل الحالات تبقى النتائج اعلى بكثير من تلك المعطاة من قبل الشواهد.

– ان الأسمدة ذاتها، ولكن ذات المعدل الكاربونتروجيني الادنى من الرقم ١٠، اعطت نتائج ادنى ولكنها اعلى من نتائج الشواهد.

– ان المعدل الكاربونتروجيني الأكثر ملائمة للتربة البيضاء لتعطي انتاجًا وفيرًا وعددًا كبيرًا من الكائنات المجهرية الحية، يجب ان يتراوح بين الـ ١٠ والـ ١٥. وبقدر

ما يكون هذا المعدل مرتفعًا لغاية الـ ٢٥، يغني التربة بالمادة الكربونية وبالافرازات المجهرية.

– ان الأسمدة العضوية الاصطناعية المستعملة في التجارب، بفضل غناها بمادة الكاربون، وبمادة الهوموس والمواد القشرية، بالمقارنة مع الأسمدة الطبيعية، تتفكك ببطء، وبفضل ذلك، فانها تعمل على تحسين التربة بفضل المواد البوليسكاريدية التي تفرزها البكتريات. وبسبب بطء النتروجين العضوي بالتفكك والانحلال، فان النباتات النجيلية، كالعشب المستعمل في التجربة، وسائر المزروعات ذات الجذور الصغيرة، لا تستفيد من مثل هذه الأسمدة في الموسم ذاته، بل تصيب الافادة الأشجار المثمرة. ولكن هذه الأسمدة، ذات المعدل الكاربونتروجيني العالي تفيد كثيرًا بكتريات الآزوتوباكتر وغيرها من الكائنات المجهرية الحية، لأنها تكوّن لها منبعًا لا ينضب من القوة والغذاء.

ثانيًا: في التربة الحمراء في محطة تربل – التربة الحمراء تتجاوب اكثر مع الأسمدة العضوية وتكاثر الآزوتوباكتر

اما في تربة تربل، فان نتائج التحاليل اثبتت ان عدد كائنات الآزوتوباكتر المجهرية الحية، هو أكبر بكثير منه في التربة البيضاء، وكذلك انتاجية العشب. ويعتقد ان السبب المهم لذلك، هو كون هذه التربة هي افقر بعنصر الآزوت أو النتروجين، واغنى بعنصري المانغانيز والكوبالت. ولقد اتضحت تأثيرات الأسمدة العضوية الايجابية على التربة الحمراء، وتجاوب هذه مع تلك، وتأثير المعدل الكاربونتروجيني على تكاثر بكتريات الآزوتوباكتر، ثم العلاقة الوثيقة بين هذا التكاثر والانتاجية. ومن التجارب التي اوحت بهذه العموميات الوارد ذكرها، يمكن استخلاص ما يأتي:

– ان التربة الحمراء تتجاوب اكثر من التربة البيضاء مع الأسمدة العضوية المستعملة مع فوسفات الأمونيوم. هذا ما يبرر احتياج هذا النوع من الترب الى عنصري الفوسفور والأمونيوم.

– ان الانتاج في التربة الحمراء، غير الكلسية، سواء اكان للعشب ام لعدد بكتريات الآزوتوباكتر، هو من حيث الكمية اهم مما هو عليه بكثير في التربة

البيضاء. ويمكن القول بأنه يوجد صلة وثيقة بين تكاثر الآزوتوباكتر المكثف وبين التربة الحمراء الخالية من المادة الكلسية.

– ان الأعداد القصوى لبكتريات الآزوتوباكتر هي تلك المتأتية من مربعات التربة المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، كسماد هوموباكترا او سماد بلانكتون، والتي، اي التربة يتراوح معدلها الكاربونتروجيني بين رقمي عشرة وخمسة عشر.

– ان تكاثر بكتريات الآزوتوباكتر مرتبط ارتباطًا وثيقًا بالمعدل الكاربونتروجيني وليس بمقدار وجود النتروجين في التربة. غير ان انتاج النباتات الفصلية ذات الجذور الصغيرة المقلصة كالعشب موضوع الاختبارات، ليست بذات الوضع من حيث ارتباطها بمعدل الكاربون على النتروجين. وهنا تبرز فكرة اجراء التجارب العلمية المماثلة على انواع نباتات معمّرة ذات الجذور المتسعة الامتداد والعمق، كالأشجار التزينية والأشجار المثمرة.

– ان المعدل الكاربونتروجيني الناتج عن التربة المسمدة بالسماد الطبيعي، يتراوح في اكثرية الأحيان بين رقمي ٨–١٤، ونادرًا ما يتعدى هذين الحدين. هذه الظاهرة تبيّن سرعة تفكك المادة العضوية في هذا النوع من السماد.

– ان معدل الكاربون على النتروجين، أو المعدل الكاربونتروجيني، الناتج عن التربة المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، غالبًا ما يكون مرتفعًا، ويتراوح بين رقمي ١٢ و٢٦، ونادرًا ما يتدنى الى العدد ٨. هذا الواقع مسبّب باحتواء هذه الأسمدة على نسب عالية من عنصر الكاربون الصعب أو البطيء التفكك. هنا يكمن دور مثل هذه الأسمدة العضوية في تحسين تركيب التربة، بالاضافة الى كونها مصدر غذاء وقوة للكائنات المجهرية الحية، وبنوع اخص الى الآزوتوباكتر.

– لقد تبيّن عدم التوازن بين عدد بكتريات الآزوتوباكتر ووزن الانتاج للعشب. بتعبير آخر ان مربعات التربة التي اعطت الاعداد القصوى من بكتريات الآزوتوباكتر، لم تعط الانتاج الأوفر، الا ببعض الحالات القليلة جدًا. وذلك عائد لكون الأسمدة العضوية الاصطناعية، كالهوموباكترا والبلانكتون، ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، تغني التربة بعنصر الكاربون، أي بالقوة اللازمة لتكاثر بكتريات الآزوتوباكتر. فعندما يرتفع عنصر الكاربون يتدنى عنصر النتروجين، اذن

تفتقر التربة الى هذا العنصر الآزوتي، فيتدنى الانتاج؛ ومتى استعملت الأسمدة العضوية ذاتها مع فوسفات الأمونيوم، فضلاً عن انها تؤمن عنصر الكاربون، أي الغذاء المقوى للبكتريات، فانها بذات الوقت تؤمن عنصر الآزوت أو النتروجين الى النبات مما يؤدّي الى زيادة الانتاج. وفي كلتا الحالتين تبقى التربة مفتقرة الى العنصر الآزوتي أو النتروجين. وعكس ذلك يحدث عندما تغتني التربة بعنصر النتروجين فيحدث اختزان الآزوت وانخفاض بمادة الكاربون، أي انخفاض بالمادة الغذائية المقوية للبكتريات؛ اي عندما يصبح المعدل الكاربونتروجيني متدنيًا، فيصبح عدد الآزوتوباكتر ضئيلاً وكذلك الانتاج.

هذا ما اتضح جليًا في مربعات الشواهد ذات المعدل الكاربونتروجيني المتدني. هذه النتائج في التربة الحمراء في محطة تربل، تتفق تمامًا مع نتائج التربة البيضاء في محطة لبعا.

– ان التربة ذات المعدل الكاربونتروجيني الأدنى من الرقم ٧، اعطت نتائج متدنية جدًا من حيث عدد بكتريات الآزوتوباكتر والعشب.

– ان المربعات التي لم تسمد قطعيًا، أي الشواهد، اعطت معدلات كاربونتروجينية متدنية جدًا لغاية ٢,٤٧، وعددًا ضئيلاً جدًا، ايضًا، من حيث الآزوتوباكتر والانتاج.

– ان المربعات المسمدة بالسماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم، اعطت اعلى وزن من الانتاج.

– ان اضافة فوسفات الأمونيوم الى الأسمدة العضوية الاصطناعية، لا سيما سماد هوموباكترا وسماد بلانكتون، تعطي هذين السمادين قوة تغذية بالاضافة الى مميزات كل منهما باصلاح التربة وبالمحافظة على خصوبتها.

عوامل تفكك المادة العضوية: النشدرة – النترجة – تقويض النترجة

١. النشدرة أو تحويل المادة العضوية الى مركّب نشادري أو امونياكي

النشدرة هي انحلال أو تفكك المواد العضوية، أي المواد البروتينية، تحت تأثير الكائنات المجهرية الحية، وتحويلها الى مركّب امونياكي أو مركّب آزوتي يتحول فيما بعد الى نتروجين. غير ان النشادر، بفضل التفاعل الكيمائي على المادة العضوية في التربة، يعطي مركبات آزوتية بطيئة الانحلال. ولكن دور النشدرة يكمن في تحرير الآزوت من المادة العضوية، بواسطة البكتريات الحية، التي تحوله الى شكل نتريكي قابل للغذاء من قبل النبات. هذا مع العلم ان النباتات تستطيع ايضًا امتصاص النشادر أو الآزوت دون ان يتحول الى الشكل النتريكي.

من أجل فهم ظاهرة النشدرة بصورة واضحة، لا بدّ من التذكير بحالات الآزوت المختلفة بالتربة.

ان التربة تحتوي النتروجين أو الآزوت بحالتيه: الآزوت العضوي وهو يشكّل ٩٥ بالمائة، والآزوت المعدني الذي يشكّل الباقي اي ٥ بالمائة. هذه النسبة الضئيلة التي تشكّل الخمسة بالمئة، لا تعطي مفعولها في بعض التُرب الا بوجود النشادر، البطيء التفكك، والذي يُحوّل الآزوت الى نترات، ويضعه بتصرّف النبات ليتغذى به حسب الحاجة. اما القسم الأكبر من الآزوت العضوي الذي يمثّل الـ ٩٥ ٪، فانه مركّب رئيسيًا من البروتينات بنسبة تتراوح بين ٣٤ و٥٠ بالمائة، ومن الحوامض الفوسفورية بنسبة تتراوح بين ٣ و١٠ بالمائة، ومن السكريات الأمينية بين ٥ و١٠ بالمائة، ومن الحوامض الأمينية، الناتجة عن المواد العضوية البروتينية، والتي لا تمثّل سوى جزء بسيط من نتروجين التربة.

وأخيرًا، لا بد من الاشارة الى ان الآزوت العضوي يوجد أيضًا بشكل اصطناعي في الأسمدة الأزوتية العضوية كاليوريا والسيانامید اي السماد الكلسي الآزوتي.

١. مراحل تفكك الآزوت العضوي في التربة بأشكاله المختلفة:

• تحويل البروتينات:

ان البروتينات التي تمثّل من ٣٤ الى ٥٠ بالمائة من الآزوت العضوي، وتحت تأثير عمل ميكروبات التربة، يمكن ان تتحول الى حالات عدة: اما ان تتحول الى آزوت نشادري، واما ان تلتهمها البكتريات بحيث تتجمّد ضمن خلياتها، لتنعتق فيما بعد، واما ان يمتصها النبات أو العناصر المعدنية الأرجيلية، أو المركبات الهوموسية الموجودة في التربة.

• تحويل الحوامض الفوسفورية:

ان الحوامض الفوسفورية تمثّل نسبة من ٣ الى ١٠ بالمائة من الآزوت العضوي، وهي مركبة من عدة عناصر، اهمها عنصر السكريات وعنصر الفوسفات. وفي التربة عدد كبير من الكائنات المجهرية الحية من شأنها تفكيك هذه الحوامض الفوسفورية لتعطي النشادر أو الأمونياك والحوامض الأمينية والحوامض العضوية.

• تحويل سماد اليوريا والسيانامید:

ان درس تحويل اليوريا هو عمليًا مهم جدًا، لأن هذه المادة تشكّل سمادًا كيماويًا مستعملاً على نطاق واسع في الزراعة الحديثة. فتحويل اليوريا يتم بواسطة بعض المجهريات خصوصًا اليورياز، ليعطي الآزوت النشادري والغاز الكاربوني.

اما السيانامید، أو السماد الكلسي، فانه يتفكك حين التماسه بالماء، ليولد اليوريا، التي بدورها، تحت تأثير التماسها بالماء، تعطي الأمونياك او النشادر. وتجدر الاشارة الى انه بقدر ما يكون تحويل اليوريا والسيانامید بطيئًا، يكون مفعول كل منهما قويًا في تغذية النباتات. فهذه الأسمدة كالمادة العضوية في التربة، بتفككها البطيء، تحرّر الآزوت المعدني لتجعله قابلاً للامتصاص من قبل النبات بصورة تدريجية، خصوصًا النباتات التي تحتاج الغذاء لفترة طويلة في دورتها الحياتية: كالمراعي، والأشجار التزينية والأشجار المثمرة.

٢. النترجة أو تحويل الأمونياك او نشادر المادة العضوية الى نترات

النترجة هي ظاهرة احيائية أو بيولوجية التي بموجبها يتم تأكسد الآزوت النشادري في التربة، أي تحويله الى آزوت نتريكي. ويعرف هذا التحول بالنترجة منذ ابحاث الكيمائيين «شلوزينغ» و «مونتز» (١٨٧٧) و «وارنغتن» (١٨٩١).

ويتم تأكسد الآزوت الأمونياكي، الموجود اصلاً في التربة أو المضاف اليها بشكل الأسمدة الكيمائية الآزوتية، بواسطة الكائنات المجهرية الحية أو البكتريات التي، بعد ان تهضم الآزوت الأمونياكي، تؤكسده وتعطيه عنصر الأوكسيجين، ليصبح الآزوت النتريكي.

هذا، وان مصير الآزوت النتريكي في التربة متبدل ومتعدد الجوانب. كما انه يتأثّر كثيرًا بالآزوت الأمونياكي، وبعوامل البيئة كمعدل الحموضة في التربة، والتهوئة، والرطوبة، ووجود مواد سامة تفرزها بعض النباتات؛ واخيرًا يتأثّر بالنبات ذاته، اذ بعض انواعه، أي النبات، يخلق بيئة غير ملائمة للنترجة. وفي كل الأحوال، ان الآزوت النتريكي يُستَهلَكْ على الوجه التالي:

- انّ جزءًا منه تمتصه النباتات.
- وان جزءًا آخر تتغذى به البكتريات، فيتجمّد فيها، وهذا التجمّد يكون كبيرًا ومهمًا بقدر ما يكون المعدل الكاربونتروجيني، أو معدل الكاربون على النتروجين مرتفعًا، بحيث يضع بتصرّف البكتريات نسبة عالية من مادة الكاربون التي هي مصدر غذاء وقوة لتلك الكائنات المجهرية الحيّة.
- وان قسمًا منه يذوب في المياه المنجرفة، وذلك لكون الآزوت النتريكي سريع الذوبان في الماء. وهذا ما يسبب بتلوث التربة بالأسمدة الكيمائية لدى الافراط باستعمالها، بالاضافة الى تلك الاسمدة ذاتها التي تترسّب ولا تتفكك. وهنا لا بد من لفت نظر المزارع الى تلوث التربة بالأسمدة الكيمائية يتم بهذه الطريقة الكيمائية والتي يجهلها معظم المزارعين في جميع البلدان الزراعية المتطورة والنامية. فالحفاظ على بيئة التربة منوط باستعمال الأسمدة الكيمائية حيث يلزم فقط وبصورة متزنة ومدروسة وبالاستعمال الدوري اي السنوي للأسمدة العضوية التي بدورها تفكك الأسمدة الكيماوية بواسطة البكتريات التي تحتويها.

- وان القسم الأخير يتبخّر بشكل غاز أو بخار بواسطة تفاعلات كيمائية، أو بعفل الكائنات المجهرية الحيّة.

اما العوامل التي تؤثّر على النترجة، فهي:

أ) الآزوت الأمونياكي أو النتروجين النشادري:

ان الآزوت الأمونياكي أو النشادري، الموجود في التربة بفضل وجود المادة العضوية، يتحوّل الى نتريت أو آزوت نتريتي، بواسطة البكتريات. وبنتيجة التأكسد بواسطة البكتريات ايضًا، يتحوّل الآزوت النتريتي الى آزوت نتريكي أو الى نترات.

ولكن عندما يرتفع معدل الآزوت الأمونياكي في التربة بشكل غير عادي، سواء باستعمال الأسمدة الآزوتية الكيماوية، أو الأسمدة العضوية التي تفرز الآزوت الأمونياكي بكثرة، كاليوريا والدم مثلاً، فان ارتفاع نسبة الآزوت بصورة غير طبيعية، توقف عملية النترجة، فترسب الحوامض النتريتية بدلاً من ان تتحول الى نترات، مما يسبب تسممًا وتلوثًا للتربة وللنبات وللحيوانات في آن واحد. هذا ما يشرح سبب اصفرار العشب ثم يباسه في المراعي حيث يبلله بَوْل الماشية التي ترعى الكلاء؛ فضلاً عن ضياع هذا الآزوت بشكل غازات، تحت تأثير عوامل كيمائية، وليس بيولوجية، التي تؤدّي الى تعطيل دور التحويل الى آزوت نتريكي، أي الى ما يسمّى بالنترجة.

ب) معدّل الحموضة او معدل شوارد الهيدروجين:

يتم تحويل الآزوت الأمونياكي الى آزوت نتريكي بشكل ممتاز وعادي عندما يكون معدّل الحموضة في التربة وسطيًا، او مائلاً الى القلوية اي الكلس، وهذا مما يبرر اضافة الكلس الى التربة من وقت الى آخر. غير ان هذه النظرية لا تتخذ صفة الشمول، اذ كثيرًا ما يوجد ترب قلوية غير متصفة بمفعول بكتريولوجي قوي. وخير دليل على ذلك هو تربة لبعا القلوية، حيث النسبة البكتريولوجية هي ضعيفة بالمقارنة بتربة تربل، غير القلوية، وذات المعدل الحموضي الوسط.

جـ) الرطوبة:

ان عملية النترجة لا تتحمّل الرطوبة الزائدة مثلاً، كما تتحملها عملية النشدرة.

فان نقطة الذبول القصوى يجب ان تكون بين ١,٠ ٪ و ٢,٠ ٪. وفي مطلق الأحوال فان حد الرطوبة الممكن ان تتم النترجة ضمنه يتراوح بين ٤,٢ ٪ و ٤,٥ ٪ في حين ان هذا الحد لعملية النشدرة يتراوح بين ٥,٤ ٪ و ٥,٦ ٪.

د) عوامل مانعة للنترجة :

ان عمل النترجة يتدنى، وحتى انه يتوقّف تمامًا بفعل وجود مواد سامة تفرزها النباتات، ومواد اخرى كيمائية اصطناعية. وبعض هذه المواد يستعمل في التربة لمراقبة عمليات النترجة وكبح جماحها، لتمنع ترسّب النترات في أنسجة النبات وفي التربة؛ والبعض الآخر يستعمل في مكافحة اعداء المزروعات، كالأدوية الزراعية مثلاً ومبيدات الأعشاب المضرة. هذا وان لبعض النباتات مفعول سلبي على النترجة. فالأوراق المترسبة في الحقول الحرجية، وبنوع اخص في حقول الأشجار الصمغية، تقوّي الحموضة في التربة، فيتدنى معدّل تركيز شوارد الهيدروجين عن المستوى العادي، مما يسبّب توقّف عمل بكتريات النترجة.

٣. تقويض النترجة، او اعادة تحويل النتروجين من الحالة النتريكية الى الحالة النشادرية، أو الى غازات

عملية التقويض، او اعادة تحويل النتروجين من شكله النتريكي الى شكله النشادري، بمفهومها الزراعي، تتم بطريقتين: طريقة بيولوجية احيائية، وطريقة محض كيمائية.

فالطريقة البيولوجية، تتم بتأثير البكتريات أو الكائنات المجهرية الحية اللاهوائية، اي التي لا تحتاج الى الأوكسيجين لحياتها، فتحول النترات ثم النتريت، اما الى غازات تتبخر من التربة، واما الى نتروجين نشادري. وهذا النتروجين يساعد على تكوين الحوامض الأمينية والبروتينات ضمن خلايا الكائنات المجهرية أو البكتريات.

اما الطريقة الكيمائية، فتتم بتفكك النتريت في التربة، ذات معدل تركيز الشوارد الهيدروجينية المنخفضة، اي الحمضية، وذلك بفعل البكتريات الأوكسيجينية اي التي تحتاج الى الأوكسيجين لتحيا. وهذه البكتريات المحوّلة هي متشعبة، والمعروف منها تلك التي تحول النتريت الى النترات، وهي تنتمي الى فصائل الباسيلوس

والبسودومونا والأكروموباكتر والميكروكوكوس والسيبديلوم حسب زعم العالمين «دوميرغ» و «مانجينو».

ولا يتم تحويل النتروجين بالطرق البيولوجية في التربة، الا متى توفّرت الشروط التالية :

أ) وجوب وجود النتروجين بالشكل النتريكي :

وكما تبين سابقًا، فان تحويل النتروجين من الشكل النتريكي الى الشكل النشادري، يتم عندما يكون النتروجين بحالته النتريكية. اذ لا يتم هذا التحويل في التربة الاّ متى وجد النتروجين النتريكي؛ اما ان يكون تم تحويله بيولوجيًا، واما ان يضاف اليها بواسطة الأسمدة الكيمائية النشادرية.

ب) فقدان الأوكسيجين :

ان من الصعوبة بمكان مقياس مقدار تأثير الأوكسيجين على تحويل النتروجين. ولكنه من المفيد الاستناد الى التجارب التي اجراها العالم «غرينوود»، ١٩٦٣، والتي اثبت بموجبها بأن تحويل النتروجين الى الشكل النشادري يتم في التربة عندما يتدنى معدّل الأوكسيجين الى درجة ٠,٢ من الألف.

جـ) وجود مواد في التربة مولّدة الألكترون :

ضمن المواد الممكن ان تولد الألكترون، أي الكائنات الصغيرة جدًا المشحونة بالكهرباء السلبية، يجب اخذ المواد العضوية بعين الاعتبار من الناحية العملية. ومن المسلم به، بأن تحويل النتروجين الى الحالة النشادرية بالطرق الاحيائية اي البيولوجية، اي بواسطة البكتريات، يكون قويًا بقدر ما تكون التربة غنية بالمواد العضوية الغنية بمادة الكاربون التي يمكن تفككها بواسطة البكتريات. وقد دلت التجارب التي قام بها «شيفر» (١٩٦١)، بأن تحول النتروجين الى الشكل النشادري، يكون اقوى، في الطبقات العليا من التربة الغنية بالمواد العضوية، مما يكون عليه في الطبقات السفلى المفتقرة الى المواد العضوية. وفي دراسته للتربة القاتمة الحمراء، والتربة السوداء في منطقة الاديلايد في اوستراليا، اثبت «ماك غاريتي» (١٩٦١) وجود علاقة وثيقة بين قوة تحوّل النتروجين النتريكي الى نتروجين نشادري، وغنى بعض هذه الترب بمادة

الكاربون. فمجرد اضافة مادة عضوية، اذن مادة محتوية على الكاربون، قابلة للتفكك بفعل الكائنات المجهرية الحية، تتم عملية تحول النتروجين الى شكل نشادري بسهولة كلية. وهذه الظاهرة المشجعة الى مثل هذا التحويل، تتم ايضًا، ليس فقط بسبب وجود المادة العضوية، مولدة الألكترون التي هي مصدر القوة للبكتريات، بل ايضًا بفضل افتقار التربة الى الأوكسيجين، وتدني نسبته الى حد الانعدام، بفضل عمل البكتريات المكثف.

د) نسبة شوارد الهيدروجين والحرارة المرتفعة :

لكي تتم عملية تحويل النتروجين النتريكي الى نتروجين نشادري، يجب ان تتراوح نسبة شوارد الهيدروجين، او معدل الحموضة، بين ٧,١ و ٨,٦. ولكن هذه العملية تتحمل احيانًا نسبة حموضة قد تصل الى الرقم خمسة (٥,٠٠). ولكن عملية التحويل تتوقف نهائيًا اذا ما تدنى المعدل الى دون هذا الرقم. اما معدل الحموضة الأقصى فهو يقارب الرقم عشرة ونصف (١٠,٥).

وفيما يختص بالحرارة، فان الدرجة القصوى الممكن ان تتم دونها عملية التحويل، فانها تتراوح بين ٦٠ و ٦٥ درجة مئوية حسب رأي «نوميك» (١٩٦٦)، «وبرنر» و «شو» (١٩٥٨).

هـ) تأثير النباتات على عملية التحويل :

ان النباتات، سواء بفعل رواسبها او جذورها، تقوّي عملية التحويل الى النتروجين النشادري، اذ انها تعطي، البكتريات المحوّلة او الكائنات الحية، مواد عضوية اي موادًا مقوية ومغذية مشحونة بالألكترونات التي تحتاج اليها تلك البكتريات.

دور البكتريات في عمل الحالات الثلاث : النشدرة، والنترجة، وتقويض النترجة. كيفية اجراء التحاليل المجهرية

لقد اجريت التحاليل البكتريولوجية على ٧٦ عينة، من كل من الحالات الثلاث، وقد اخذت بطريقة معقمة من المقاطع الثمانية من التربة في كل من محطتي

تربل ولبعا، اي من التربة الحمراء ومن التربة البيضاء. ونظرًا لكثرة التحاليل وتعداد النتائج، ورغبة في عدم اثقال هذا الكتاب، فمن المنطق الاكتفاء باظهار عمل كل حالة من الحالات الثلاث في كل من محطتي الاختبار كما هو مبين في الرسم البياني اللاحق (ص ٩٦ وص ١٠٤).

١. عمل البكتريات في النشدرة اي في تحرير النتروجين في محطة تربل.

الأعداد للتحاليل :

من اجل اجراء التحاليل البكتريولوجية يجب اعداد الموطن الذي ستنمو عليه الكائنات المجهرية. والاعداد يتم باستعمال محلولين اساسيين: محلول فينوغرادسكي، ومحلول العناصر الثانوية.

- محلول فينوغرادسكي :

فوسفات البوطاسيوم	٥,٠٠ غرام
سلفات المغنيزيوم	٢,٥٠ غرام
املاح الصوديوم	٢,٥٠ غرام
سلفات الحديد	٠,٠٥ غرام
سلفات المانغنيز	٠,٠٥ غرام
مياه مقطرة	١٠٠٠,٠٠ ملليلتر

- محلول العناصر الثانوية :

موليبدات البوطاسيوم	٠,٠٥ غرام
بوارت الصوديوم	٠,٠٥ غرام
بركلورير الحديد	١,٠٠ نقطة
نترات الكوبالت	٠,٠٥ غرام
سلفات الكادميوم	٠,٠٥ غرام
سلفات النحاس	٠,٠٥ غرام
سلفات الزنك	٠,٠٥ غرام
سلفات المانغنيز	٠,٠٥ غرام

مياه مقطرة	١٠٠٠,٠٠ ملليلتر

اعداد البيئة لتحليل الكائنات المجهرية أو البكتريات

- البيئة لتحليل بكتريات الآزوتوباكتر :

محلول التربة	١٠,٠٠ ملليلتر
محلول فينوغرادسكي	٥٠,٠٠ ملليلتر
مانتول	١٠,٠٠ غرام
محلول العناصر الثانوية	١,٠٠ ملليلتر
كاربونات الكلسيوم	٠,٥٠ غرام
مياه مقطرة	١٠٠٠,٠٠ ملليلتر

- البيئة لتحليل بكتريات الكلوستريديوم :

محلول فينوغرادسكي	٥٠,٠٠ ملليلتر
فوسفات مونوبوتاسيوم	٠,٧٥ غرام
صوديوم	٣٣,٠٠ ملليلتر
غلوكوز، سكر العنب	١٠,٠٠ غرام
محلول التربة	١٠,٠٠ ملليلتر
مياه مقطرة	١٠٠٠,٠٠ ملليلتر

- البيئة لتحليل بكتريات النشدرة :

محلول فينوغرادسكي	٥٠,٠٠ ملليلتر
اسباراجين	٠,٢٠ غرام
محلول العناصر الثانوية	١,٠٠ ملليلتر
مياه مقطرة	٩٥٠,٠٠ ملليلتر

- البيئة لتحليل بكتريات النترجة :

– للبكتريات المحوّلة الى نترات :

محلول فينوغرادسكي	٥٠,٠٠ ملليلتر
سلفات الامونيوم	٠,٥٠ غرام

كاربونات الكلسيوم	١,٠٠ غرام
مياه مقطرة	٩٥٠,٠٠ ملليلتر

– للبكتريات المحولة الى نشادر نتريكي :

محلول فينوغرادسكي	٥٠,٠٠ ملليلتر
نتريت الصوديوم	١,٠٠ غرام
كاربونات الكلسيوم	١,٠٠ غرام
مياه مقطرة	٩٥٠,٠٠ ملليلتر

- البيئة لتحليل بكتريات تقويض النترجة :

محلول فينوغرادسكي	٥٠,٠٠ ملليلتر
نترات البوتاسيوم	٢,٠٠ غرام
غلوكوز ، سكر العنب	١٠,٠٠ غرام
كاربونات الكلسيوم	٥,٠٠ غرام
محلول العناصر الثانوية	١,٠٠ ملليلتر
مياه مقطرة	١٠٠٠,٠٠ ملليلتر

٢. طريقة التحليل – أسلوب الاحصاء او العدّ :

ان احدث طريقة، واقربها الى الواقع في تحليل البكتريات، هي طريقة التخفيف أو الاضعاف اي انحلال التراب المنوي تحليله بانبوب الماء مرات عديدة ومكثّفة، كما وصفها العالمان «بوشون» و «تارديو». ومن اجل عدّ البكتريات، يستعان بلائحة «ماك كرادي». وقد سميت أيضًا هذه الطريقة بطريقة «ماك كرادي».

وهذه الطريقة، تعرف أيضًا بطريقة الاحصاء غير المباشر للبكتريات؛ ويمكن اجراء التحليل سواء على جسم سائل أو على جسم صلب. اما التحاليل، موضوع هذا المؤلف، فقد اجريت على جسم سائل على الشكل التالي :

– تذوّب عينة التراب في الماء ليصار الى اضعافها أو تخفيفها أو تصغيرها ست مرات حتى ثماني مرات . فيذوّب في أنبوب صغير معقم ملليلتر واحد أو غرام واحد من التربة، في ٩ ملليلتر من المحلول المعد المشار اليه اعلاه حسب نوع البكتريات المنوي تحليلها . يصار

بعدئذ الى خض الأنبوب ٢٥ مرة، فيصبح جاهزًا ما يسمّى محلول مخفّف أو مضعف بقوة ١٠-١ أي ١٠,٠ ؛ ثم يضاف من هذا المحلول المخفف ملليلتر واحد الى ٩ ملليلتر من المحلول المعد في أنبوب آخر ومعقّم ايضًا، ليظهر محلول آخر مخفّف بقوة ١٠-١ ، ويتتالى الاضعاف بهذا الشكل ليصبح المحلول مخفّف بقوة ١٠-١٦ أو ١٠-٨ .

- بعد هذا الاضعاف، يصار الى قراءة النتائج – حسب ما يكون ظهر في اعلاها، أي اعلى الأنابيب، على وجه السائل، تكاثر أو تكثيف ميكروبي أو بكتريائي في الأنابيب المرقمة من ١٠-١ الى ١٠-٦ أو ١٠-٨ ، والموزّعة على ثلاث مجموعات أو ثلاثة صفوف. ثم يميّز بين الأنابيب التي يظهر فيها التكاثر أو التكثيف الميكروبي، وتسمى ايجابية ؛ والأنابيب التي لا يظهر فيها تكاثر ميكروبي وتسمى سلبية.
- فمن اجل شرح النتائج، يسجّل التكثيف الميكروبي أو عدمه، بعلامة (+) للتكثيف الايجابي، وبعلامة (–) للتكثيف السلبي، وذلك على الشكل التالي :

قوة الاضعاف	١٠-١	١٠-٢	١٠-٣	١٠-٤	١٠-٥	١٠-٦
مجموعة رقم ١	+	+	+	+	+	–
مجموعة رقم ٢	+	+	+	+	–	–
مجموعة رقم ٣	+	+	+	–	–	–

بعد التسجيل على هذا الشكل، يصار الى اختيار ما يسمّى بالعدد المميّز الذي يتألف من ثلاثة ارقام. فتُقرأ الأرقام بالمجموعات الثلاث، اي الأنابيب الثلاثة العائدة لكل فئة مضعفة من الفئات الست. ويختار الرقم الأول من العامود المميز بقوة الاضعاف الأكبر عددًا، وحيث تكون المجموعات الثلاث كلها ايجابية اي مميزة بعلامة +. هذه المواصفات تلازم اذن العامود الثالث، حينما تقرأ عاموديًا، حيث قوة الاضعاف الأكبر هي ١٠-٣ ، وهي العائدة الى المجموعات الثلاث، أي الأنابيب الثلاثة. وكلها إيجابية +. وبما انه يوجد ثلاث مجموعات ايجابية، أي ثلاث علامات + ، فيكون الرقم الأول المعتمد هو رقم (٣). اي الرقم الذي يوازي الأنابيب الايجابية –كما هو ظاهر في الجدول ادناه :

	قوة الاضعاف	١٠-١	١٠-٢	١٠-٣
رقم ٣	مجموعة رقم ١	+	+	+
	مجموعة رقم ٢	+	+	+
	مجموعة رقم ٣	+	+	+

اما الرقم التالي، فهو يوازي الأنابيب الايجابية ذات العلامة + حيث قوة الاضعاف هي اعلى من القوة السابقة. فيبدو ان القوة هذه هي ١٠-٤ التي يلازمها أنبوب ذات علامة +. فيكون اذن الرقم الثاني هو (٢)، اي مواز لعدد الأنابيب الايجابية ذات الأضعاف ١٠-٤ ، كما هو مبين في الجدول ادناه :

	قوة الاضعاف	١٠-٤
رقم ٢	مجموعة رقم ١	+
	مجموعة رقم ٢	+
	مجموعة رقم ٣	–

فيصبح اذن رقمان ٣ و ٢.

اما الرقم الثالث، فيكون في العامود حيث قوة الاضعاف هي اكبر من السابقة، أي ١٠-٥، وفي هذا العامود يوجد أنبوب واحد ايجابي +. فيكون الرقم (١) كما هو مبين في الجدول ادناه :

	قوة الاضعاف	١٠-٥
رقم ١	مجموعة رقم ١	+
	مجموعة رقم ٢	–
	مجموعة رقم ٣	–

وبتقريب هذه الأرقام الى بعضها، من الشمال الى اليمين، يتكوّن العدد ٣٢١ المسمى العدد المميّز العائد الى قوة الاضعاف الأعلى رقمًا، والعائدة الى الأنابيب الايجابية، اذن القوة الاضعافية هي $١٠^{-٣}$. ولمعرفة عدد البكتريات، ينقل العدد المميّز ٣٢١ الى لوحة «ماك كرادي» ليصار الى مقارنته بعدد البكتريات الموازي الى هذا الرقم، كما هو مبيّن في الجدول ادناه:

٣. جدول ماك كرادي

الرقم المميز	عدد البكتريات	الرقم المميز	عدد البكتريات
٠٠٠	٠,٠	٢٢٢	٣,٥
٠٠١	٠,٣	٢٢٣	٤,٠
٠١٠	٠,٣	٢٣٠	٣,٠
٠١١	٠,٦	٢٣١	٣,٥
٠٢٠	٠,٦	٢٣٢	٤,٠
١٠٠	٠,٤	٣٠٠	٢,٥
١٠١	٠,٧	٣٠١	٤,٠
١٠٢	١,١	٣٠٢	٦,٥
١١٠	٠,٧	٣١٠	٤,٥
١١١	١,١	٣١١	٧,٥
١٢٠	١,١	٣١٢	١١,٥
١٢١	١,٥	٣١٣	١٦,٠
١٣٠	١,٦	٣٢٠	٩,٥
٢٠٠	٠,٩	**٣٢١**	**١٥,٠**
٢٠١	١,٤	٣٢٢	٢٠,٠
٢٠٢	٢,٠	٣٢٣	٣٠,٠
٢١٠	١,٥	٣٣٠	٢٥,٠
٢١١	٢,٠	٣٣١	٤٥,٠
٢١٢	٣,٠	٣٣٢	١١٠,٠
٢٢٠	٢,٠	٣٣٣	١٤٠,٠
٢٢١	٣,٠	–	–

فعدد البكتريات الموازي الى الرقم ٣٢١ هو ١٥,٠، أي انه يعني وجود ١٥ بكتريا، أو كائن مجهري حي، بكل سنتمتر مكعّب بالأنبوب ذات قوة الاضعاف $١٠^{-٣}$. فيكون عدد البكتريات اذًا ١٥×١٠^{-٣} بكتريا بالسنتيمتر المكعب من المحلول الأساسي، وبما ان $١٠^{-٣}$ تعني زيادة ثلاثة اصفار على الرقم ١٥، اي انه يوجد ١٥٠٠٠ بكتريا بالغرام الواحد من التربة.

وكما ورد سابقًا، اجريت التحاليل البكتريولوجية العائدة الى الحالات الثلاث: النشدرة والنترجة وتقويض النترجة، على ٧٦ عينة من المقاطع الثمانية في كل من محطتي الاختبار في تربل ولبعا. وقد اعتمدت طريقة التحليل المشار اليها اعلاه، ووضعت النتائج لكل محطة اختبار على الرسم اللاحق الوارد في صدد شرح العمل البكتريولوجي في مراحله الثلاثة.

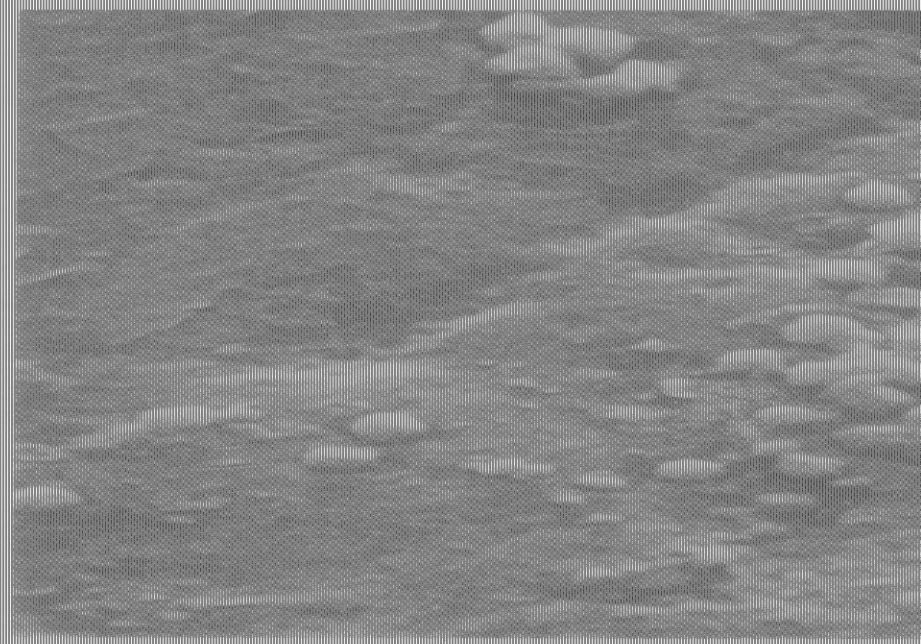
شرح العمل البكتريولوجي في النشدرة والنترجة وتقويض النترجة في نوعي التربة اي في محطة تربل ومحطة لبعا

١. التربة الحمراء في محطة تربل:

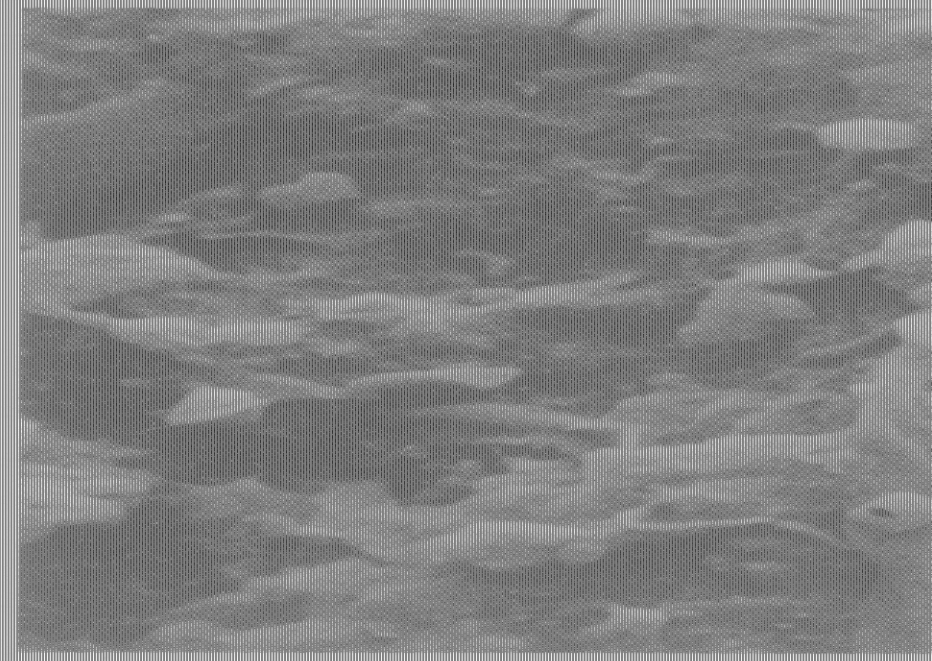
• النشدرة:

كما هو ظاهر في الرسم اللاحق، ان عمل بكتريات النشدرة وتحوله الى غازات هو اسرع بكثير من عمل بكتريات النترجة وبكتريات تقويض النترجة اي فصل النتروجين وتحوّله الى غازات. ففي كل التجارب في المقاطع الأربعة، بما فيها الشواهد، ان النشدرة تبتدئ في اليوم الأول لتصبح واضحة وفي درجتها القصوى في اليوم الثالث واليوم الرابع، وذلك في الأنبوب المخفّف بقوة تتراوح بين $١٠^{-٥}$ و $١٠^{-٨}$.

ولكن تفاعل التربة يختلف مع كل عمل من اعمال البكتريا، ويتغيّر حسب نوع السماد أو المادة العضوية الموضوعة في التربة. كما انه يتبيّن بأن عدد بكتريات النشدرة يتكاثر مع ارتفاع مدة حضانة هذه البكتريات. وبتغيير آخر، ان عدد البكتريات يرتفع مع ارتفاع عدد ايام الحضانة حيث يصل العمل البكتريولوجي الى حالته القصوى. اما بالنسبة الى مقارنة عدد البكتريات بنوع السماد المستعمل، فقد تبيّن، حسب نتائج



هذا الرسم يمثل الكاتدرائية الجوهرية داخلية
فيها مجموعة بكتريات عددهم ٣ سكتريون
متجاورة يعضها البعض على حافة الرمل .



هذا الرسم يمثل الإستجابة الضوئية
البكتريات عددهم ٣ سكتريون وهي متجاورة
على الحافة الضوئية الضوئية وهي في طور
التكاثر .

« بيعة البكتريا سكتريون حية »
من كتاب
للوضوح وما تعبير

بكتريا عندما تستعمل هذه الأسمدة العضوية ممزوجة بفوسفات الأمونياك. ومن هنا يتضح بأن عنصر الفوسفور الموجود في سماد فوسفات الأمونياك هو غذاء مهم لبكتريات النشدرة، وحيث يوجد يرتفع عدد البكتريات.

ومن اولى النتائج التي يمكن استخلاصها، هي ان الكائنات المجهرية الحية المسؤولة عن النشدرة، هي ناشطة ابدًا وتنمو وتتكاثر بشكل سريع في التربة الحمراء. وانها تتميّز بسرعة عملها وبتكاثر عددها في التربة المسمدة بالسماد الطبيعي. ويتضح بأن المادة العضوية التي تتفكك بسهولة هي التي يتراوح المعدل الكاربونتروجيني فيها بين رقمي ١٠–١١,٦٦، علمًا ان هذا المعدل للمقاطع الأربعة في محطة تربل، كان كما يلي: ١٠,٧٧ – ١١,٢٢ – ١١,٦ – ١٠ – ١٠,٥ – ١١,٣. هذا وان السماد الطبيعي يشجع تكاثر بكتريات النشدرة لأنه يتميّز بسهولة التفكك تحت تأثير البكتريات، وان المادة العضوية النضرة تحتوي على عناصر للنمو، وهذا ما يؤدّي الى غنى التربة بالنتروجين الأمونياكي الذي، بفضل بكتريات النترجة، سيتحوّل الى نتروجين نتريكي. وان النتائج العملية لهذه الظاهرة، هي استفادة النباتات من النتروجين فتنمو سريعًا وتزدهر، في حين ان التربة تضعف، لأن المعدل الكاربونتروجيني المتدني، كما هو مبيّن اعلاه، يؤدّي الى اضعاف التربة. هذه الظاهرة توضح اسباب افتقار التربة وضعفها عند الأفراط باستعمال الأسمدة الكيماوية الآزوتية. كما ان السماد الطبيعي كسماد الماعز، ذات المعدّل الكاربونتروجيني المتدني ١٠ – ١١، لا يعمل على اصلاح التربة خلافًا لما هو معتقد، بل بالعكس انه، بفضل سرعة تفكك مادته العضوية، يعمل على اضعاف التربة وتدني قوة تماسكها.

ولكن بالنسبة الى علاقة عدد البكتريات بالانتاج الزراعي، فان التجارب، اثبتت اجمالاً، في التربة الحمراء، بأن التربة المسمدة بالسماد الطبيعي، اعطت اعلى نسبة بكتريات النشدرة واعلى كمية انتاج. فان المقاطع التي سمدت بالسماد الطبيعي والتي تميزت بعدد يصل الى ١١٠ ملايين بكتريا، قد اعطت انتاجًا ذات معدّل وسطي ٥١٥٨,٨٠ غرامًا والى ٦٠٢٣,٩١ غرامًا. بينما التربة المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، كالهوموباكترا والبلانكتون، ذات المعدّل الكاربونتروجيني المرتفع من ١٠,٦٤ الى ٢٠,٩٣، اعطت انتاجًا اقل. اذن يمكن القول بأن المادة العضوية البطيئة التفكك تتسم بنشاط بكتريولوجي وبانتاج زراعي اقل شأنًا. فحيث

وضع البلانكتون لحاله كان عدد البكتريات ٣ ملايين، في حين اصبح ٢٢ مليونًا عندما استعمل مع فوسفات الأمونيوم. اما سماد هوموباكترا، فاعطى لحاله ٢٠ مليونًا، و ٤٥ مليونًا عندما مزج مع فوسفات الأمونيوم. اما الانتاج فكان بمعدل وسطي ٣٨٥٠,٦٠ غرامًا و٣٦٠٣,٤١ غرامًا و ٤٦٩٣,٧٥ غرامًا. اذن، هذه النتائج تثبت النظرية المشار اليها سابقًا، وهي ان المادة العضوية البطيئة التفكك، اي ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، تجعل بأن النتروجين يتجمد في التربة ولا يتحرّك الا ببطء وحسب احتياجات النبات. وهنا تكمن قيمة هذه الأسمدة، اذ انها تصلح التربة فلا تعمل على تقويضها، كونها لا تتفكك بسرعة، وتغذي النبات تدريجيًا، ولكنها لا تعطي الانتاج الأعلى.

• النترجة :

ان الآزوت الأمونياكي، المنبثق عن عمل البكتريا المنشدرة، هو بدوره يتأكسد بواسطة بكتريا النترجة، ليعطي ما يسمى النترات. وهذا التحول يدعى النترجة.

ان عمل النترجة هو ابطأ من عمل النشدرة. واذا ما تفحصنا المنحنى في الرسم البياني العائد الى المقاطع الأربعة لمحطة تربل (ص ٩٦)، نرى ان النترجة لا تظهر الا في اليوم الثاني أو الثالث، الا للشواهد، ولسماد هوموباكترا، فانها تظهر في اليوم الأول. انها في حالتها القصوى بين اليوم الثالث واليوم الخامس في الانحناءات ما بين 10^{-6} 10^{-7}. فيتضح بأن منحنى النترجة غالبًا ما يكون محاذيًا لمنحنى النشدرة، غير ان كثافة هذه الأخيرة اقوى.

واذا ما اخذنا بعين الاعتبار عدد الكائنات المجهرية الحية المسؤولة عن النترجة، نرى انه غير ذات شأن عندما يكون متأت من المربعات التي سمدت بالأسمدة الطبيعة، في حين يكون مرتفعًا جدًا في المربعات التي سمدت بالأسمدة العضوية الاصطناعية. مثال على ذلك ان مربعًا معينًا، يحمل الأسم ت٣، مسمّد بالسماد الطبيعي، تميّز بأنه يحتوي بالغرام الواحد، على ١١٠,٠٠٠,٠٠٠ بكتريا منشدرة، في حين انه لا يحوي سوى ٤,٥٠٠,٠٠٠ بكتريا منترجة. ويبقى المستوى ذاته متى كان السماد العضوي ممزوجًا بفوسفات الأمونيوم. ان هذا الفرق متأت من ان قسمًا كبيرًا من الآزوت النتريكي يمتصه النبات. فهذه الظاهرة، في التجارب التي اجريت،

تعكس النتائج التي اعطتها المقاطع المسمدة بسماد الماعز، أو كما يسمّي في سياق هذه الأبحاث، السماد الطبيعي، كما هو وارد سابقًا. اذن، ان عمل البكتريات المهم في النشدرة، وبعد النترجة، تميز بوفرة انتاج الغلال. ولكن كثافة بكتريات النترجة ظهرت جليًا في التربة التي سمّدت بالأسمدة العضوية الاصطناعية، وذلك بفعل تجمّد قسم كبير من النشادر، أو الآزوت النتريكي حيث المعدل الكاربونتروجيني مرتفع (من ١٠,٦٤ الى ٢٠,٩٣) كما اظهرتها النتائج. وتجدر الاشارة الى ان هذا التجمد، أي تجمّد النشادر، يزداد بقدر ما يكون المعدل الكاربونتروجيني في التربة مرتفعًا، ليضع بتصرّف الكائنات المجهرية الحية، أو البكتريات، الكميات اللازمة من الكاربون، اي من المواد المغذية والمقوية التي هي العنصر الأساسي لتغذية هذه الكائنات ونموها. ففي وضع كهذا، اي في تربة غنية بالكاربون، بفضل تسميدها بسماد غني ايضًا بالكاربون، فان النبات، اذا لم يستفد كثيرًا بفعل تجمّد الآزوت ولو الى حين، ان التربة تستفيد كثيرًا بفعل تكاثر البكتريات ونموها السريع الذي يليه الأتلاف اي موت البكتريات، ثم تجدّدها؛ وهكذا دواليك فتجعل من بقاياها وافرازاتها، المواد المعروفة بالمركبات السكّرية. هذه المواد المؤلفة من المركبات السكّرية وافرازات البكتريا وجثثها والتي تسمّى ايضًا المواد البوليسكاريدية، تشكّل عاملاً مهمًا وفعّالاً في اصلاح التربة واغنائها بالمواد العضوية. فعمل النترجة هذا يفسّر قيمة المادة العضوية الغنية بمادة الكاربون، البطيئة التفكك، باصلاح طبقات التربة. ويستطاع القول، بأنه بقدر ما تكون التربة مسمدة بمادة عضوية ذات معدل كاربونتروجيني مرتفع، تكون ركام البكتريات وجثثها مهمة فتصلح التربة. وعكس ذلك، اي، بقدر ما تكون التربة ذات مادة عضوية ومعدّل كاربونتروجيني ضعيف، تكون هذه التربة ضعيفة ويقال عنها «تربة حافية»، و «تربة صايطة». وهذا الشرح العلمي ما يفسّر القول الدارج، بأن الأسمدة الآزوتية تؤدّي غالبًا الى اضعاف التربة. ولدى تفحّص المنحنيات في الرسم السابق ذكره، يتضح بأن الفارق أو المساحة بين منحنى النشدرة ومنحنى النترجة، تمثّل النتروجين المستعمل من قبل النبات؛ والفارق بينها، تقويض النترجة، يمثّل فئة النشادر المجمّد والذي يكون الغذاء والقوة للكائنات المجهرية أو البكتريات. ومن الملاحظ بأن الفوارق بسيطة جدًا بين منحنيات النترجة وتقويض النترجة، مما يفسّر بأن التربة غير المسمدة بالأسمدة العضوية، لا تصلح لأن تكون مسرحًا لعمليات النترجة، حيث ان التفاعلات البيولوجية، الاحيائية، للبكتريات هي مجمدة.

• تقويض النترجة :

هو تحول النترات بواسطة البكتريات الى مركبات نتروجينية بشكل غازات، اي تحويل النترات الى الحالة الغازية. ان هذه العملية هي أبطأ من العمليتين السابقتين اي النشدرة والنترجة. انها لا تظهر في غالب الأحيان الاّ في اليوم الثاني أو اليوم الثالث، ما عدا بعض الشواذات، في مقاطع سمدت بسماد بلانكتون، والتي لم تسمّد قطعيًا. اي في مربّع الشاهد المكرر، حيث تظهر في اليوم الأول في الأنبوب.

وحسب المنحنى البياني، الذي يمثّل تقويض النترجة، في المقاطع الثمانية في محطة تربل، يظهر عمل البكتريات التقويضي على نوعين: نوع ذات عمل سريع جدًا بحيث يتم تقويض النترجة بسرعة هائلة، ونوع ذات عمل اقل سرعة بحيث يتم التقويض بسرعة اقل.

فالحالة الأولى تتميّز بالشواهد والمربعات التي سمّدت بالأسمدة العضوية الاصطناعية لوحدها، أو ممزوجة مع فوسفات الأمونيوم. الاّ ان عملية التقويض، خلافًا لعملية النشدرة، لا تؤدّي الى انتاجية مرتفعة من الغلة، رغم تميزها بكثافة الميكروبات المجهرية الحية. فعلى سبيل المثال، في المربع المسمد بسماد هوموباكترا لحاله، ت^{1}–أ، ان عمل بكتريات تقويض النترجة يبتدئ في اليوم الثالث، لتصل كثافة البكتريات في اليوم الحادي عشر الى العشرين مليونًا، ليقابلها انتاج لا يتعدّى ٣٨٥٠,٦ غرامًا. في حين انه في المربع ت^{1}–ب، حيث وُضع سماد الهوموباكترا مع فوسفات الأمونياك، تظهر عملية التقويض في اليوم الثاني، لتعطي في يومها الثامن كثافة بكترية قدرها اربعة عشر مليون بكتريا، يقابلها انتاج متوسط قدره ٥٥٤٤,٤١ غرامًا، أي اعلى من السابق. وما ظهر مع سماد هوموباكترا، ظهر ايضًا مع سماد بلانكتون. وهذا مما يدل على ان النبات لا يستفيد كثيرًا عندما تتم عملية التقويض بسرعة بفضل كثافة البكتريات، انما يهمه البطء، اي امتداد العمل البكتريائي الى اطول مدة ممكنة. ومما يجب الاشارة اليه، هو ان المعدل الكاربونتروجيني العائد الى هذه الفئة، اي النوع ذات العمل السريع بتقويض النترجة، يتراوح بين الأرقام من ١٠,٦ الى ٢٠,٩٣.

اما الحالة الثانية، اي مع السماد الطبيعي وفوسفات الامونيوم، فانها تتميز بعمل بكتريولوجي ابطأ من الأولى، وبكثافة بكتريولوجية اقل شأنًا ولكن بانتاج اهم.

هكذا يتبيّن بالمربّع ت^{3}–ج، المربع المسمّد بالسماد الطبيعي لحاله، ان عملية تقويض النترجة بطيئة، اذ انها تبتدئ في اليوم الثالث ولا تصل الى اقصى حد الاّ في اليوم الثاني عشر، حين تبلغ كثافة الكائنات المجهرية ثلاثة ملايين بكتريا. في هذه الحالة، ان الانتاج يصل الى معدل وسط مرتفع ١٥٨,٨٤ غرامًا. ومع استعمال السماد الطبيعي المستعمل مع فوسفات الأمونيوم، فان العمل البكتريولوجي مشابه للحالة السابقة، غير ان كثافة الكائنات المجهرية هي اقل بحيث تتدنى الى ثلاثمائة الف، في حين يبلغ متوسط الانتاج ذروته مع ٦٠٢٣,٩١ غرامًا. وتتميز هذه الحالة بمعدل كاربونتروجيني متدني يتراوح بين ١٠، و ١١,٦٦. هذا المعدل الكاربونتروجيني يبرّر بطء العمل البكتريولوجي، اذ ان قوة الدفع، أو القوة الغذائية الكربونية للبكتريات هي متدنية، في حين ان نسبة النتروجين مرتفعة مما يبرّر وفرة الإنتاج وارتفاعه.

فيظهر مما تقدّم، بأنه يوجد صلة وثيقة بين غنى التربة بالمادة العضوية، اذن التربة ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، وبين كثافة، اي ارتفاع عدد البكتريات المسؤولة عن تقويض النترجة. وهذا مما تأكد بالمربعات المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، كسماد بلانكتون وسماد هوموباكترا، الغنية بالمادة العضوية ذات النسبة الكاربونية المرتفعة. وبالاستناد الى النتائج التي ظهرت، يمكن الاستنتاج بانه باستعمال المادة العضوية البطيئة التفكك، ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، تكون عملية تقويض النترجة سريعة. وبتعبير آخر، ان هذه العملية تتم بسرعة بقدر ما تكون التربة مفتقرة الى النتروجين، أو تكون نسبة هذه المادة قليلة فيها.

هذه النتائج والاستنتاجات، تتوافق تمامًا مع النتائج التي توصل اليها العالم «ماك غاريتي» (١٩٦١)، من خلال التجارب التي قام بها في جنوبي اوستراليا، الذي ابرز للمرة الأولى، «وجود ارتباط وثيق بين كثافة عمليات تقويض النترجة ونسبة الكاربون العائدة لنوع التربة». ولكن من الواضح ان هذه الظاهرة الميكروبيولوجية السريعة، اي تقويض النترجة، لا يستفيد منها النبات كثيرًا، اذ انها تتميز بانتاج غير مرتفع، ذلك لأنها تحول كمية كبيرة من الآزوت النتريكي الى غاز يتبخّر ويذهب دون اي فائدة. غير ان المدة التي تفصل بين عملية التقويض والنشدرة من جهة، والنترجة من جهة اخرى، كما هو ظاهر بالمسافة التي تفصل بين المنحنيات في الرسم؛ وبقدر ما تكون طويلة، تفيد التربة بحيث تغنيها بالمادة الكاربونية التي تكوّن

المادة المغذية والدافعة للبكتريات، التي بدورها تغني التربة بالمواد البوليسكاريدية، كما تبين سابقًا، التي تصلحها وتحسّن كيانها.

وبالاختصار ان عمليات الكائنات المجهرية الحية، في التربة، تتلخص بما يلي:

• بكتريات النشدرة:

ان عمليات النشدرة هي اسرع من النترجة. وهي تصل الى الحد الأقصى بوجود فوسفات الأمونيوم والسماد الطبيعي ذات المعدل الكاربونتروجيني المتوسط نسبيًا الذي يتراوح بين ١٠ و ١٢. في هذا الحين يكون الانتاج مرتفعًا، اذ ان النبات يستفيد من نسبة النتروجين المرتفعة. ولكن حيث وضعت الأسمدة العضوية الاصطناعية، فان المعدل الكاربونتروجيني مرتفع بحيث يتراوح بين ١٥ و ٣٠، فتتم عملية النشدرة ببطء، فيتحرّر النتروجين تدريجيًا، وقسم كبير منه يترسّب في التربة، فلا يستفيد منه النبات كثيرًا، وخصوصًا المزروعات من فصيلة النجيليات؛ وهذا ما يبرّر الانتاج المتدني نسبيًا لهذا النوع من النبات.

• بكتريات النترجة:

ان عمليات النترجة هي ابطأ من النشدرة كما تقدم، ولا تبلغ القمة الا بوجود المادة العضوية البطيئة التفكك، المتآتية من الأسمدة العضوية الاصطناعية ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، والذي يعطي كثافة مرتفعة لبكتريات النترجة. اما الانتاج فلا يكون مرتفعًا الاّ بالمربعات التي سمّدت بالسماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم، بحيث ان قسمًا كبيرًا من النتروجين، الناتج عن النترجة، يستفيد منه النبات.

• بكتريات تقويض النترجة:

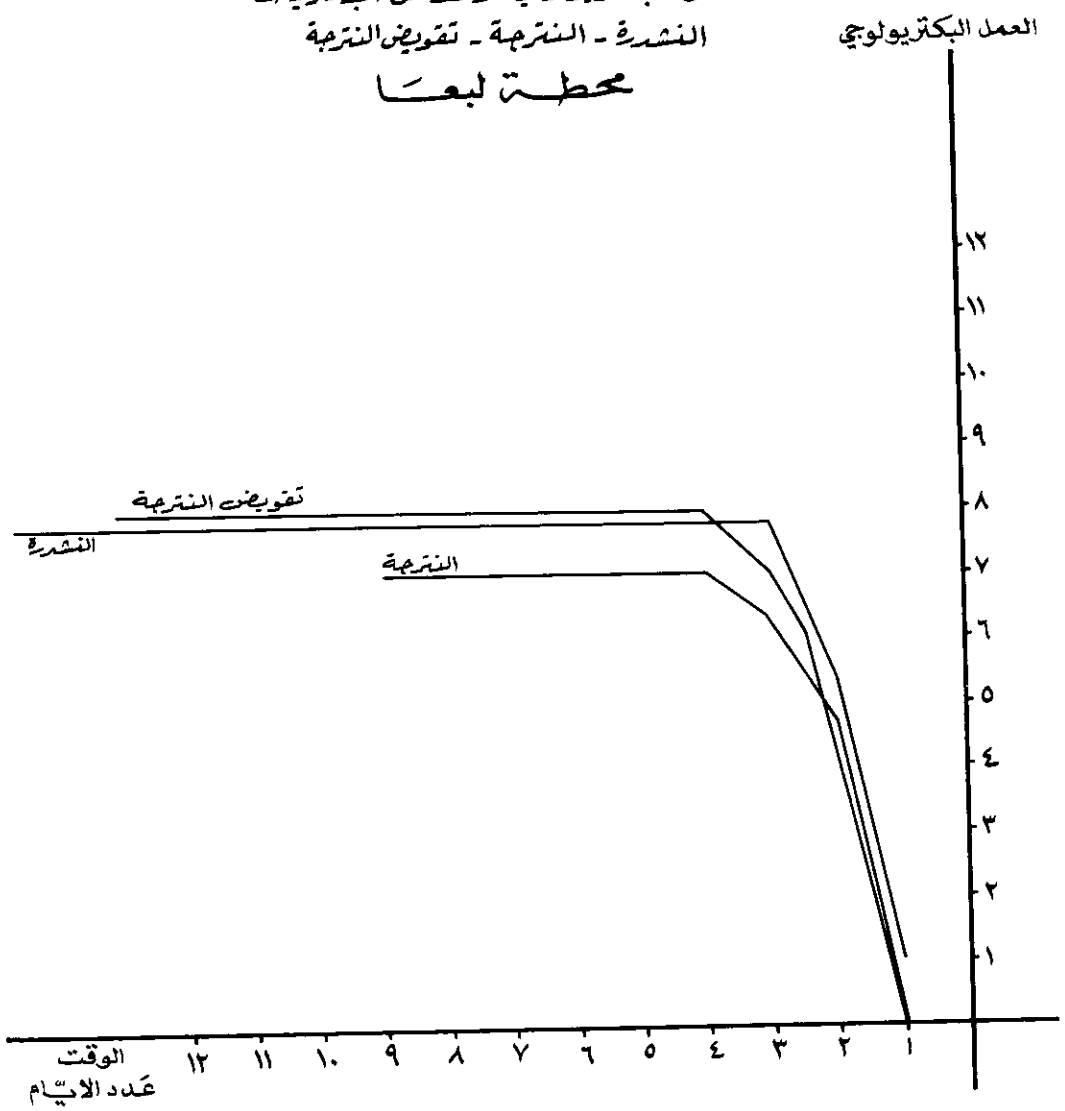
ان كثافة هذه البكتريات ترتفع بقدر ما يكون المعدل الكاربونتروجيني في التربة مرتفعًا. وهذا ما يؤكد الصلة الوثيقة بين قوة تقويض النترجة وغنى التربة بمادة الكاربون. وهذه الحالة تتميز بانتاج اقل شأنًا بسبب ضياع قسم كبير من النتروجين؛ ولكن من حسن ميزاتها، انها توفر المواد محسنة التربة بفضل غناها بالمادة الكاربونية التي تكوّن الغذاء والقوة للكائنات المجهرية الحيّة أو البكتريات. ولا بد من الاشارة

الى ان النتائج المستخلصة لا بد من ان ترشد الى طرق علمية لتحسين التربة الحمراء.

٢. التربة البيضاء في محطة لبعا:

لقد اظهرت التحاليل جليًا ان مراحل العمل البكتريولوجي الثلاث، اي النشدرة والنترجة وتقويض النترجة، في التربة الكلسية البيضاء، في محطة لبعا، تتم بسرعة بحيث ان ترجمتها بالرسم البياني اللاحق، تظهر غالبًا تشابك المنحنيات وترسبها فوق بعضها البعض. لذلك انه سيتم استعراض نتائج هذه الحالات البكتريولوجية الثلاث متحدة وليس منفصلة كما في التربة الحمراء في محطة تربل.

ان المسافة الزمنية، التي غالبًا ما كانت ثمانية ايام، والتي تفصل بين النشدرة والنترجة في التربة الحمراء، والتي من جرائها يستفيد النبات بحيث يحوّل قسمًا كبيرًا من النشادر اليه، تختلف تمامًا في التربة الحوارية الكلسية البيضاء. هذا ما هو واضح في المصور ادناه. ذلك ان عمل البكتريات في النشدرة والنترجة يتم بسرعة كلية، وخصوصًا ان تقويض النترجة يتم غالبًا بوقت اسرع من العمليتين السابقتين، كون هذا العمل تشجعه التربة المتراصة الثقيلة المفتقرة الى الأوكسيجين كالتربة البيضاء. وهذه النتائج قد جاءت مطابقة تمامًا لما اكده العالمان «مولدر» و «ولدندروب». فان العمل البكتريولوجي يبتدئ من اليوم الأول ليصل الى ذروته في اليوم الثاني او الثالث، دون ان يظهر اي مسافة تذكر بين المنحنى العائد الى كل من الحالات الثلاث. وهذه الظاهرة تميزت بها كل انواع الأسمدة العضوية والكيماوية والطبيعية المستعملة في تربة محطة لبعا. فالنتيجة العملية الحتمية لهذه الظاهرة، ان التربة الكلسية البيضاء لا تتجاوب مع الكائنات المجهرية الحية بشكل يفيد النبات، وخصوصًا مع بكتريات النشدرة، اي التي يتم بها تحويل النشادر أو الآزوت الآمونياكي. هذا بالنسبة الى النبات، اما فيما يختص بالتربة، فانها ايضًا لا تستفيد كثيرًا لأن المادة العضوية، وخصوصًا السماد الطبيعي، يتفكك بسرعة ويذهب مفعوله دون نتيجة تذكر بتحسين التربة، الا اذا تم التدخل لاعادة العمل البكتريولوجي، في حالاته الثلاث، الى حالاته الطبيعية. وهذا التدخل، الذي من شأنه اصلاح العمل البكتريولوجي، ومن ثم اصلاح التربة وطريقة التغذية للنبات، وهو بتقليل بقدر المستطاع القوة القلوية،



بالاضافة الى التربة مواد حمضية أو كبريتية، ثم، وهذا ما هو الأهم، باضافة الأسمدة العضوية البطيئة التفكك، ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع. وكما يدل المنحنى العائد الى تقويض النترجة، والعدد الهائل الى بكتريات التقويض بالنسبة الى بكتريات النشدرة والنترجة، حسب الجدول المقابل:

المربعات	بكتريات النشدرة	بكتريات النترجة	بكتريات تقويض النترجة
ل١ – أ	١١٠,٠٠٠,٠٠٠	١,٤٠٠,٠٠٠	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠
ل١ – ب	٤٥,٠٠٠,٠٠٠	٣,٠٠٠,٠٠٠	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠
ل٢ – ث	١١٠,٠٠٠,٠٠٠	٤٥,٠٠٠,٠٠٠	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠
ل٣ – ج	١١٠,٠٠٠,٠٠٠	١١٠,٠٠٠,٠٠٠	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠
ل٣ – ح	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠	١٤,٠٠٠,٠٠٠	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠
ل٤ – ش	١٥,٠٠٠,٠٠٠	٤٥,٠٠٠,٠٠٠	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠
ل٤ – ش مكرر	٢٠,٠٠٠,٠٠٠	٤,٠٠٠,٠٠٠	١٤٠,٠٠٠,٠٠٠

يتبيّن من الرسم البياني المشار اليه، بأن عملية تقويض النترجة هي اسرع وأقوى من النشدرة والنترجة، بحيث بلغت كثافة البكتريات ١٤٠ مليونًا بالغرام الواحد من التربة. وهذه الظاهرة تصح في جميع انواع الترب الكلسية المعروف عنها انها تلتهم بسرعة النشادر أو الآزوت الموجود فيها أو المضاف اليها، اذ ان «التربة تحرق سمادها». بالاضافة الى ذلك، وبما ان بكتريات تقويض النترجة تعمل دائمًا في البيئة العديمة الأوكسيجين أو الهواء، فانها تجد في تربة لبعا البيضاء القوية المكان الملائم لعملها الاحيائي، أي تحويل النترات الى الحالة النشادرية أو الى حالة الغازات.

فنتيجةً لما تقدم، ان النترجة تكاد تكون معدمة بحيث ان النترات المتأت من عمل النترجة يُفقد بسرعة فلا يفيد منه النبات بأية صورة من الصور، ويظهر المنحنى العائد للنترجة، متحدًا مع المنحنين الأخرين العائدين للنشدرة ولتقويض النترجة. فانعدام عمل بكتريات النترجة بشكل طبيعي، اذن، يؤدّي الى نتائج زراعية متدنية في هذا النوع من الترب. هذا ما يبرّر تدني انتاج العشب في تربة لبعا القلوية اي الكلسية البيضاء، بالمقارنة بانتاج تربة تربل الحمراء الخالية من المادة الكلسية. ولا بد من الاشارة الى ان النجيليات تفضل الآزوت النتريكي على الآزوت النشادري؛ وانحسار عمل النترجة، يبرر سوء الانتاج لهذا النوع من النبات. ويمكن الاستنتاج بأن التربة البيضاء في محطة لبعا هي تربة كلسية مفتقرة دائمًا الى النتروجين، اذن ذات شهية لهذا العنصر. بما انها ثقيلة ومعدومة الأوكسيجين في

طبقاتها، فان عملية تقويض النترجة تمتاز على عمليات النشدرة والنترجة. وفي هذه الحال لا يستفيد النبات، وهذا ما يبرّر، تدني الانتاج.

وبالاختصار، ان اعمال الكائنات المجهرية الحية العائدة الى النشدرة والنترجة وتقويض النترجة في التربة الكلسية البيضاء، تختلط بعضها بالبعض. وبشكل اخص، ان تقويض النترجة يتم بسرعة وبقوة لكون التربة البيضاء العديمة الهواء تنمّي عمليات التقويض بتكاثر البكتريات العائدة الى هذا العمل. ففي هذه الحال، ان النترات تضمحل بسرعة، اذ ان التربة تحرق النتروجين، فلا تستفيد النباتات منه، اي من النتروجين نظرًا لسرعة اضمحلاله ولكون النباتات تحتاج الى امتصاص النتروجين ببطء؛ أو على الأقل يجعلها تستفيد جزئيًا، وهذا ما يؤدّي الى انتاج متدني. ان المواد العضوية ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، البطيئة التفكك، والغنية بمادة الكاربون بالاضافة الى المواد الحمضية، تبقى الحل الوحيد من اجل اصلاح هذا النوع من التُرَب، ومن اجل زيادة الانتاج.

الفصل السادس

الخاتمة

من المعلوم ان العلم الحديث يعطي اهمية متزايدة للعلاقات التي تربط بين الكائنات المجهرية الحية والمادة العضوية والتربة والنباتات، وتفاعلها بين بعضها البعض. كما انه يبرز الدور المهم الذي تلعبه تلك الكائنات المجهرية أو البكتريات، في تكوين التربة وفي العمل على الحفاظ عليها، وعلى اخصابها بفضل العمل البكتريولوجي بتفكك المواد المغذية، كالأسمدة الكيمائية، وتقديمها الى النباتات. ومن اجل الاسهام في امتحان هذه النظريات العلمية، المتولدة طبعًا من تجارب عملية مخبرية وطبيعية، على تُرَبٍ تختلف عن تربة لبنان، وفي مناخ مختلف أيضًا، رأينا انه من المفيد جدًا اجراء التجارب على نوعين من ترب لبنان بالذات، أي من منطقة واقعة على الحوض الشرقي للبحر الأبيض المتوسط.

لهذا السبب، وبغية الافادة من الدور الذي تلعبه البكتريات من جهة، والمادة العضوية من جهة أخرى، في تكوين التربة وتحسينها، وزيادة الانتاج، ومن ثم بغية التوصل الى طريقة لتحسين التربة، توجب درس نوعين من التربة اللبنانية: التربة الكلسية البيضاء في محطة لبعا، والتربة الحمراء المعدومة الكلس في محطة تربل. فجرت الدراسات والتجارب في اطار التفاعل في التربة بين الكائنات المجهرية الحية والمادة العضوية. ومن بديهيات المنطق العلمي ان يبرز عن هذه التجارب التي أجريت في الحقل، أي على الطبيعة، وفي المختبر، نتائج ملموسة لا بد ان تلقي بعض الأضواء على علم التربة الحديث، وان تؤدّي الى استنتاج طريقة أو طرق لتحسين التربة.

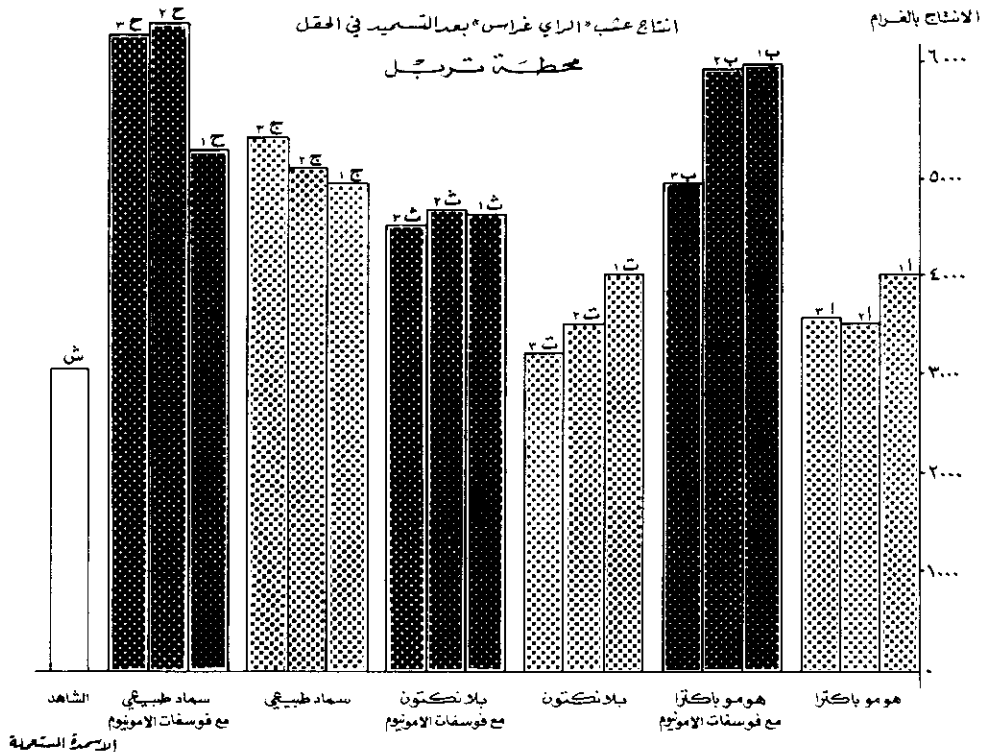
١. مفعول المادة العضوية – الكائنات المجهرية الحية

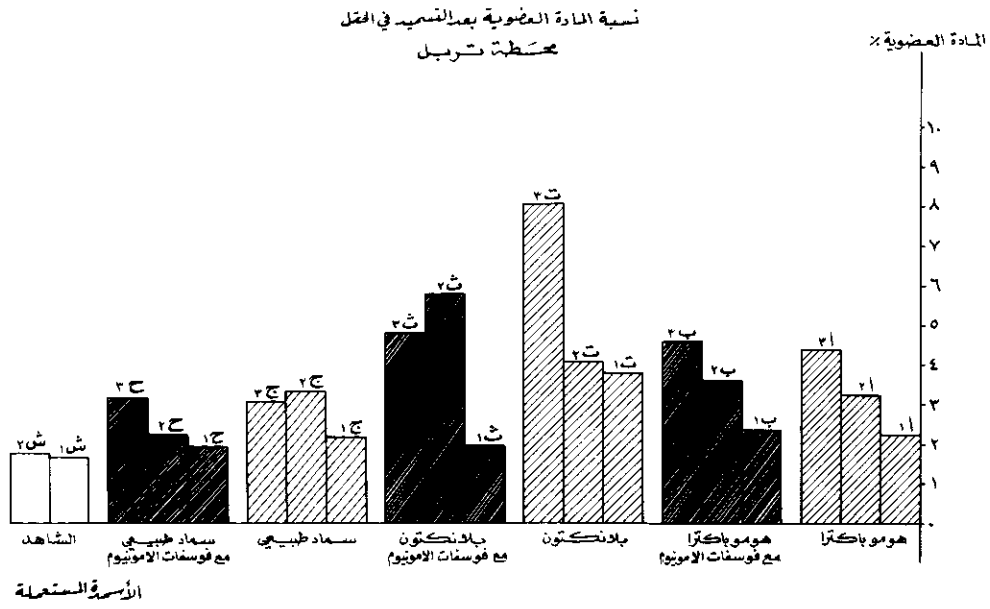
ان مفعول الثنائي المادة العضوية – الكائنات المجهرية الحية، كان بارزًا وذا مغذى في كل مراحل الأبحاث والاختبارات التي اجريت على نوعي التربة البيضاء والحمراء. لقد ظهر اثره تباعًا على الانتاج، على نسبة المادة العضوية، على المعدل الكاربونتروجيني، على المواد الكاربونية والمواد النتروجينية أو الآزوتية، وأخيرًا على العمل البكتريولوجي في حالاته الثلاث، اي النشدرة والنترجة وتقويض النترجة. فكان لهذه الظواهر كلها مجتمعة اثر على التربة وعلى الانتاج على حدّ سواء.

أ) المفعول على الانتاج :

لقد تبيّن في نوعي التربة التي أُجريتْ عليها التجارب، بأن السماد الطبيعي والأسمدة العضوية الاصطناعية، اعطت ناتجًا كميًّا ادنى من الناتج الذي اعطته هذه الأسمدة ذاتها مستعملة مع فوسفات الأمونيوم. وان الرسم المقابل يظهر بوضوح نِسَبْ انتاج عشب «الراي–غراس» في محطة تربل. بالمقارنة بنسَبْ المادة العضوية لذات المربعات التي سمدت بذات النوع وبذات الكمية من الأسمدة. وكما هو ظاهر بالرسم، ان الانتاج المرتفع نسبيًا كان في المربعات حيث المادة العضوية متدنية نسبيًا ايضًا. وهذا يعني انه بقدر ما تتفكك المادة العضوية بسرعة (اذًا تظهر النسبة متدنية) بقدر ما يكون الانتاج مرتفعًا. والعكس صحيح، أي بقدر ما تتفكك المادة العضوية ببطء (اذًا تظهر النسبة مرتفعة)، بقدر ما يكون الانتاج اقل ارتفاعًا. ثم من الظاهر ايضًا ان الأسمدة العضوية الاصطناعية تتميز بنسب اعلى للمادة العضوية (كونها بطيئة التفكك) من تلك المتأتية من السماد الطبيعي (سريع التفكك).

فالسماد الطبيعي المستعمل لوحده قد اعطى في جميع مراحل التجارب نتائج اعلى من تلك التي اعطاها سماد هوموباكترا وسماد بلانكتون. غير ان سماد هوموباكترا، اعطى نتائج اعلى من تلك التي اعطاها سماد بلانكتون، ذلك بفضل احتواء الهوموباكترا على المواد المعدنية الثانوية، وبكون معدله الكاربونتروجيني اقل من معدل البلانكتون، أي انه يتفكك بسهولة اكثر. غير ان هذين السمادين العضويّين، يعطيان انتاجًا اكبر متى استعملا مع فوسفات الأمونيوم. والسبب العلمي لهذه الظاهرة، هو كون استعمال عنصري سلفات الأمونيوم أو النشادر والحامض



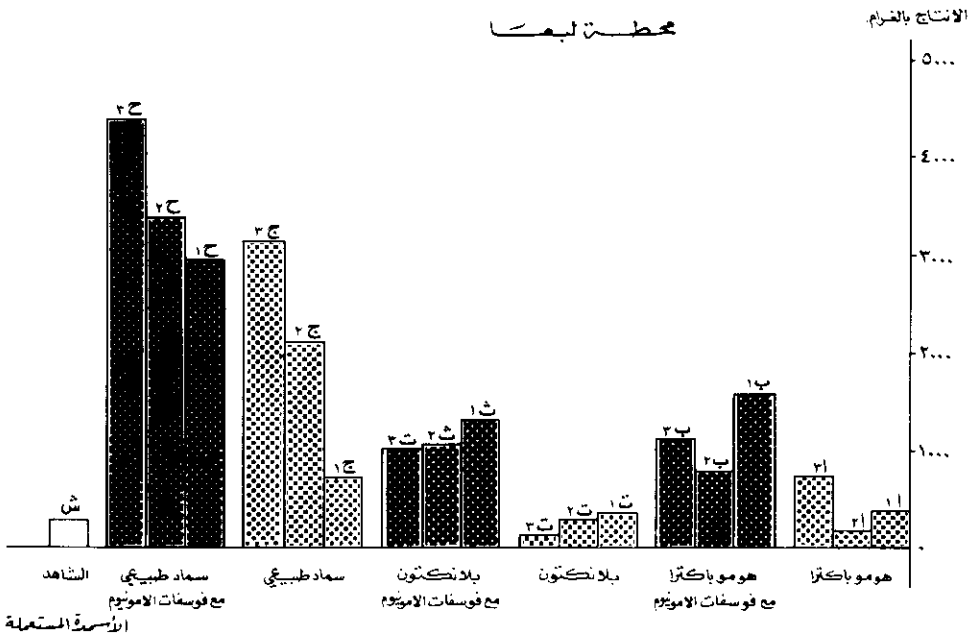


الفوسفوري، المكوّن منهما فوسفات الأمونيوم، بالاضافة الى مفعوله الايجابي على البكتريات، يرفع قدرة التربة على التقاط ذرات النشادر. وقد اثبتت هذه النظرية ابحاث المعهد الهندي للبحوث الزراعية في نيودلهي عام ١٩٧٧. كما ظهر جليًا ان الانتاج كان اكثر ارتفاعًا في التربة الحمراء. فيمكن الاستنتاج مما تقدم، بأن التربة الحمراء، الخالية من الكلس، تتفاعل ايجابيًا مع المادة العضوية، سواء استعملت لوحدها أو ممزوجة مع فوسفات الأمونيوم. والعكس هو صحيح مع التربة الكلسية البيضاء. وقد اثبتت هذه التجارب النظرية القائلة بتفكك المادة العضوية السريع في التربة الحمراء. اما التربة الكلسية البيضاء (٦٥ ٪ كاربونات الكلسيوم العام، و٢٥ ٪ كاربونات الكلسيوم الفعّال)، فخلافًا لما هو معروف، انها تحد من العمل البكتريولوجي، اذ انها تحرق المادة العضوية بسرعة، مما يخلق ارتباكًا في عمل البكتريات لجهة تفكك المادة العضوية وتحرير النتروجين، وهذا ما يبرّر الانتاج المتدني في مثل هكذا تُرَبْ.

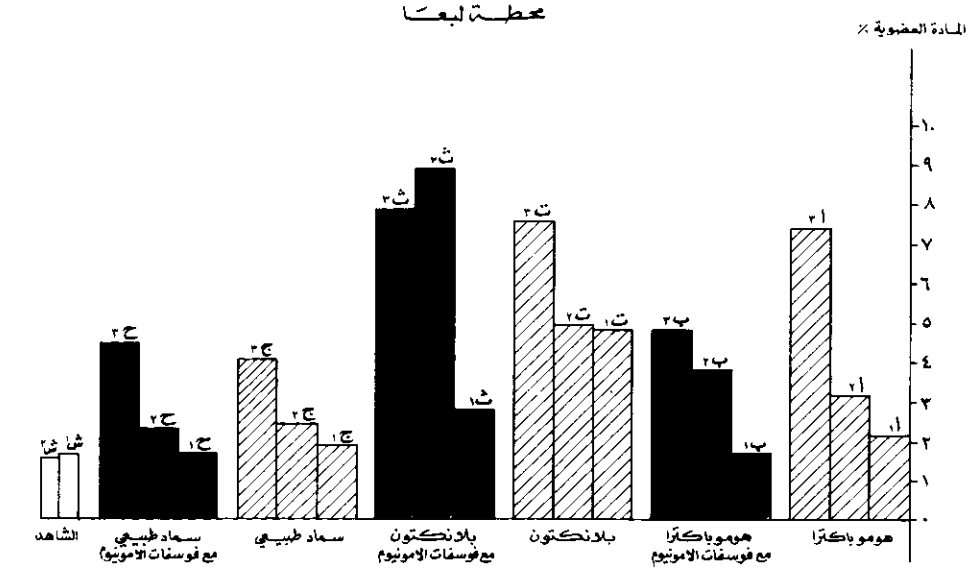
ب) المفعول على نسبة المادة العضوية، وعلى الكاربون والنتروجين، وعلى المعدل الكاربونتروجيني العائد الى التربة :

لقد اثبتت التجارب، في التربة الحمراء، بأن نسبة المادة العضوية في المربعات المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، هي اعلى مما عليه في المربعات التي سمدت بالسماد الطبيعي. فهذه النسبة كانت ٤,٣٨ للتربة المسمدة بسماد هوموباكترا، و٨,١٠ للتربة المسمدة بسماد بلانكتون، (انظر الرسم المقابل)، في حين انها كانت ٣,٠٤ بالمائة للتربة المسمدة بالسماد الطبيعي. ومن الملاحظ النسبة العليا لسماد بلانكتون، ذلك ان هذا السماد هو ذات مادة عضوية اغنى بالكاربون، غير انها بطيئة التفكك. وهذه الظاهرة تصح أيضًا في التربة البيضاء حيث اعطت المربعات المسمدة بالأسمدة الاصطناعية نسبًا مئوية من ٢,١٦ الى ٣,١٢ الى ٧,٤٨ الى ٤,٨٠ الى ٤,٨٩ الى ٧,٥٥، اي اعلى اجمالاً من النسب المتأتية من المربعات المسمدة بالسماد الطبيعي وهي ١,٨٧ – ٥,٤٠ – ٤,٠٨. وكما يبين الرسم ادناه، العائد الى التربة البيضاء في محطة لبعا، ان الاستنتاج شبيه بذلك الصادر عن محطة تربل، الاّ ان النسب المئوية العائدة للانتاج هي ادنى، وتلك العائدة الى المادة العضوية هي اعلى، لأن التربة البيضاء هي اقل تفاعلاً مع المادة العضوية من التربة الحمراء.

انتاج عشب «الراي غراس» بعد التسميد في الحقل
محطة لبعا



نسبة المادة العضوية بعد التسميد في الحقل
محطة لبعا



فهذا المعدل المرتفع للمادة العضوية، في التُرَبْ المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، يؤدّي الى معدل كاربونتروجيني مرتفع ايضًا. فقد تراوح هذا المعدل في التربة الحمراء، من ١١,٧٢ الى ١٦,٦٠ لسماد هوموباكترا، ومن ١٥,٧٨، الى ١٦,٦٤ الى ٢٢,٥٢ لسماد بلانكتون. في حين ان هذا المعدل للسماد الطبيعي كان ١٠,١٨ و١١,٨٠ ونادرًا ما وصل الى ١٥. أما في التربة البيضاء فالملاحظ ان الظاهرة هي ذاتها، اي ان المعدل الكاربونتروجيني للترب المسمدة بسماد هوموباكترا كان ١١,١٨ – ١٢,٩٢ – ٢٠,٦٦، والمسمدة بسماد بلانكتون كان ١٧,٤٣ – ١٨,٩٣ – ٢٤,٣٨؛ في حين ان المعدل الناتج عن التسميد بالسماد الطبيعي كان ٨,٧٢ – ٩,٦٤، ١١,٥٢. وقد دلّت التجارب التي أُجرِيَتْ ان استعمال السماد العضوي، في التربة البيضاء، يؤدّي الى ارتفاع نسبة المادة العضوية في هذه التربة، مما يؤدّي الى تحسينها. في هذه الحالة، ان المعدل الكاربونتروجيني يكون مرتفعًا، والنسبة الكلسية، اي كاربونات الكالسيوم تتدنى بفعل النباتات والكائنات المجهرية الحية التي تستعمل قسمًا من المواد الكلسية لغذائها ولتكملة دورتها الحياتية.

واذا ما قارنا النتائج المتأتية من الأسمدة المختلفة، نرى ان النتائج المهمة، أي الناتجة عن استعمال السماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم، لا تأتي من المربعات ذات المعدل الكاربونتروجيني العالي والمسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية لحالها أو مع فوسفات الأمونيوم، بل من المربعات، ذات المعدل الوسط، المسمدة بالسماد الطبيعي، سواء لحاله أو مع فوسفات الأمونيوم. وهذا يصح في نوعي التربة، اي التربة الحمراء والتربة الكلسية البيضاء. فيمكن القول بأن التربة المسمدة بالأسمدة الطبيعية، تتميز بمعدل كاربونتروجيني متوسط يتراوح بين ١٠ و ١٥ للتربة البيضاء، و ١١,٩ للتربة الحمراء، وتعطي انتاجًا مرتفعًا، نسبيًا؛ في حين ان التربة المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية، المميزة بمعدل كاربونتروجيني مرتفع من ١٢ الى ٢٢، واحيانًا ٢٥، تعطي انتاجًا اقل شأنًا. وهذا ما يؤكّد بأن الانتاج المرتفع لعشب «الراي–غراس» لا يأتي من النسبة المئوية المرتفعة للمادة العضوية، بل من السماد الطبيعي ذات المادة العضوية الفقيرة بمادة الكاربون والتي تتفكك بسهولة، والتي لا تترك اثرًا على التربة، أي انها لا تستطيع اصلاحها والحدّ من انجرافها. كما ان التجارب، على نوعي التربة، اثبتت بأن الانتاج لا يرتبط بالمادة العضوية الاّ ضمن

معدلات محددة يجب ان لا يتخطاها. هكذا في التربة الحمراء في تربل، ان الانتاج المرتفع، بين ٥٠٠٠ غرام و ٨٠٠٠ غرام، يأتي من نِسَبْ المادة العضوية المتراوحة بين ٢ ٪ و ٦ ٪. لذا يستطاع القول، من جهة، بأن المادة العضوية لا تؤثّر على الإنتاج ايجابيًا الا اذا تراوحت نسبتها بين ١,٥٠ ٪ و ٥ ٪ للتربة الكلسية البيضاء، و٢ ٪ و٦ ٪ للتربة الحمراء؛ وما خلا ذلك فان الانتاج يتدنى، وذلك بسبب «تجمّد» عنصر النتروجين في التربة متى ارتفع معدّل المواد الكاربونية اكثر من النِسَبْ اللازمة. ومن جهة اخرى ان كل اصلاح للتربة باضافة المادة العضوية الغنية بالكاربون، أي ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، يجب ان يرافقه اضافة فوسفات الأمونيوم، الذي يساعد على تفكك المادة العضوية تحت تأثير الكائنات المجهرية الحية، ويغني التربة بعنصر النشادر.

جـ) المفعول على نسبة المادة العضوية، وعلى الكاربون والنتروجين، وعلى المعدل الكاربونتروجيني العائد الى الانتاج اي العشب:

فيما يختص بعشب «الراي–غراس»، الذي جرى عليه التحليل وهو بحالته النضرة، فان معدلات المادة العضوية والكاربون والنتروجين والمعدل الكاربونتروجيني، تشابه، الى حد كبير، المعدلات العائدة الى التربة والوارد ذكرها انفًا، وهذا ما يثبت النظرية القائلة «بأن النبات هو مرآة التربة». فالعشب المنتج بواسطة الأسمدة العضوية الاصطناعية يتميز بمعدل كاربونتروجيني اعلى من المعدل الناتج عنه متى سمد بالسماد الطبيعي. ولا بد من الاشارة، بأن سماد بلانكتون يفوق سماد هوموباكترا من ناحية المعدل الكاربونتروجيني. غير ان هذا المعدل يتدنى نسبيًا عندما تمزج الأسمدة العضوية المستعملة، سواء الطبيعية أو الاصطناعية، بفوسفات الأمونيوم، الذي يجعلها سريعة التفكك.

وبتفحص الرسم اللاحق يتبيّن جليًا بأن نِسَبْ المادة العضوية في عشب «الراي–غراس» في التربة البيضاء في محطة لبعا، هي اعلى منها في التربة الحمراء في محطة تربل، وذلك لجميع الاسمدة المستعملة في التجارب وبذات المقاطع والمربعات. هذه الظاهرة، ان دلت على شيء، فانها توضح بأن المادة العضوية، أي الكربونية، في التربة البيضاء، هي أوفر أي اكثر وأبطأ بالتفكك والاندثار منها بالتربة الحمراء؛

التربة الحمراء. حيث المعدل الكاربونتروجيني يتراوح بين ١٠ – ١٢، بعد استعمال السماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم. فهذا المعدل في التربة البيضاء اعطى انتاجًا اقل بالنسبة الى انتاج التربة الحمراء. كما ان الأسمدة العضوية الاصطناعية، المستعملة مع فوسفات الأمونيوم، ذات المعدل الكاربونتروجيني بين ١٠ – ١٥، اعطت اعدادًا هائلة من الآزوتوباكتر، وناتجًا مهمًا، لكنه ادنى من ذلك الذي اعطاها السماد الطبيعي، وطبعًا اعلى من الذي اعطته الشواهد. وقد اثبتت هذه التجارب، بأن المعدل الكاربونتروجيني المثالي لهذا النوع من الترب يجب ان يكون بين الـ ١٠ والـ ١٥، ليعطي اقصى انتاج وأعلى كثافة للبكتريات.

وبناء على ما تقدم، يمكن القول بأن الأسمدة العضوية الطبيعية والاصطناعية المستعملة مع فوسفات الأمونيوم، تتميز بمعدل كاربونتروجيني بين ١٠ و١٥ مما يجعلها تتفكك بسرعة لتعطي انتاجًا مرتفعًا. في حين إن الأسمدة العضوية الاصطناعية، المستعملة لوحدها، فانها بفضل غناها بمادة الكاربون والهوموس والمواد القشرية، بطيئة التفكك والانحلال مما يجعلها تصلح التربة بفضل المواد البوليسكاريدية التي تفرزها البكتريات. وقد اصبح من المعروف، بأنه بقدر ما يكون المعدل الكاربونتروجيني مرتفعًا، يكون العمل البكتريولوجي قويًا ومستمرًا بفضل الكاربون، ليفرز المواد الضرورية لاصلاح التربة. ولا بد من الملاحظة بأن هذا النوع من الأسمدة لا يفيد كثيرًا النجيليات اي المزروعات ذات الجذور السطحية والصغيرة، بل بالعكس، فانه يفيد المزروعات ذات الجذور العميقة وذات الحجم الكبير، كالأشجار المثمرة مثلاً. ويكون من المفيد جدًا متابعة هذه التجارب على هذا النوع من المزروعات.

اما في التربة الحمراء الخالية من المادة الكلسية، فان النتائج من حيث كثافة البكتريات ووزن الناتج، هي اهم بكثير من نتائج التربة البيضاء. ففي هذه التربة، ان السماد الطبيعي المستعمل لوحده أو مع فوسفات الأمونيوم، اعطى ارقامًا تصل الى ١,٤٠٠,٠٠٠ بكتريا، وناتجًا ذات وزن ٩٨٣ ٥ غرامًا في المقاطع ذات المعدل الكاربونتروجيني المتراوح بين الـ ١٠ والـ ١٥. ومن المحتمل ان يكون تكاثر كائنات الآزوتوباكتر متأتي، كما اظهرت التحاليل، من توافر المواد المعدنية الثانوية في التربة الحمراء، كالمانغانيز وخصوصًا الكوبالت، الذي يساعد البكتريات على الانتشار. غير

ان المقاطع المسمدة بالأسمدة العضوية الاصطناعية ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع من ١٥ الى ٢٥، فان عدد البكتريات كان اقل بحيث تراوح بين ١١٠,٠٠٠، و ٢٠٠,٠٠٠ ورافقه انتاج متفاوت، من حد ادنى ٣٢٠٠ غرام الى حد اعلى ٧٢١٦ غرامًا، أي اكثر من الانتاج المتأتي من السماد الطبيعي المشار اليه. ولقد تبين ايضًا بأن كثافة البكتريات تتدنى كثيرًا، كما الانتاج، عندما يتدنى المعدل الكاربونتروجيني تحت الرقم ١٠.

فعلى ضوء ما تقدم، يمكن القول بأن التربة الحمراء تتجاوب بشكل ممتاز، واحسن من التربة البيضاء، مع الأسمدة العضوية المستعملة مع فوسفات الأمونيوم، بحيث اعطت نتائج مهمة، من حيث عدد البكتريات وكميات الانتاج، حين يتراوح المعدل الكاربونتروجيني بين ١٠ و ١٥. كما انه يمكن الاستنتاج بأن، على هذا المعدل الكاربونتروجيني، يتوقف تكاثر الكائنات المجهرية الحية وليس كميات الانتاج المتأتي من المزروعات الموسمية ذات الجهاز الجذري المحجّم اي الصغير، مع الأخذ بعين الاعتبار بأن الانتاج الوفير كان متأتيًا من المقاطع المسمدة بالسماد الطبيعي المستعمل مع فوسفات الأمونيوم. ومن المهم الملاحظة بأن اضافة هذا السماد المعدني، أي فوسفات الأمونيوم، الى الأسمدة العضوية الاصطناعية ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، يعطي هذه الأسمدة قوة اخصابية منتجة لتضاف الى مميزاتها كمحافظة على التربة.

وبحيث ان العمل البكتريولوجي بأوجه الثلاثة النشدرة خصوصًا، والنترجة، وتقويض النترجة، يعكس المزايا المخصبة سواء للسماد أو للتربة، كان من المفيد جدًا اكتشاف الصلة الوثيقة بين العمل البكتريولوجي وأنواع الأسمدة المستعملة في هذه التجارب. فهذا من شأنه المساعدة على ايجاد طريقة جديدة لاخصاب التربة والمحافظة عليها والحد من انجرافها بذات الوقت، أو على الأقل تحسين الطرق المعروفة والمتبعة حاليًا. فقد تبيّن بأن تجاوب التربة، بالنسبة الى كل من اوجه العمل البكتريولوجي، يتغيّر حسب نوع السماد المستعمل، وحسب نوعية هذه التربة. فهكذا، ان السماد الطبيعي المستعمل مع فوسفات الأمونيوم، في التربة الحمراء، ذات المعدل الكاربونتروجيني المتراوح بين ١٠ و ١٢، اعطى كثافة بكتريولوجية قدرها مائة وعشرة ملايين بكتريا، في حين ان الأسمدة العضوية الاصطناعية اعطت

كثافة اقل، أي خمسة وأربعين مليونًا مع سماد هوموباكترا، واثنين وعشرين مليونًا مع سماد بلانكتون؛ مع العلم بأن هذين السمادين يتميزان بمعدل كاربونتروجيني مرتفع يتراوح بين ١٢ و ٢٥. ولا بدّ من الإشارة الى ان عمل النشدرة تميز دائمًا بانتاج وفير وصل الى ١٥٨ ٥ غرامًا و ٦٠٢٣ غرامًا. كما ان عمل النترجة وتقويض النترجة اللذين يتبعان النشدرة، يتم غالبًا بعد فترة تتراوح بين يومين وثلاثة ايام. وهذا التفاوت بين وجهات عمل الكائنات المجهرية الحية يفيد التربة. غير ان هذا العمل البكتريولوجي، في التربة البيضاء الصعبة، لا يظهر أي تمييز بين وجهة وأخرى، بل ان اطوار النشدرة والنترجة وتقويض النترجة تتراكم ولا يفصل بينها أية مدة، خصوصًا وان عمل تقويض النترجة يظهر بسرعة مما يفكك النترات ويجعلها تتبخّر بشكل غازات. في هذا الوضع، فان سرعة التفكك لا تسمح بأن يحدث اي تجاوب مع التربة بحيث انها لا تفيد من هذا العمل البكتريولوجي، وهذا ما يبرّر، عمليًا، الانتاج الضئيل في التربة البيضاء.

٢. طريقة تحسين التربة

فممّا تقدم يمكن الاستنتاج بأن المادة العضوية، المستعملة بالتربة مع فوسفات الأمونيوم والتي تعطي معدلاً كاربونتروجينيا بين ١٠ – ١٥، سهلة التفكك في التربة الحمراء الخالية من المادة الكلسية، في محطة تربل، بينما انها اصعب في التفكك في التربة الكلسية البيضاء في محطة لبعا.

ففي الحالة الأولى، ان العمل البكتريولوجي، وبنوع اخص النشدرة، أي تفكك المادة العضوية بفعل الآزوتوباكتر قوي، وان كميات الانتاج هي اهم. ومن المرجح، بأن قوة العمل البكتريولوجي وتكاثر البكتريات وتعود اولاً، بالاضافة الى فضل المادة العضوية، الى الخصائص الفيزيائية والكيمائية للتربة المتصفة بالتهوئة، غير الملبدة، والغنية بالمواد المعدنية الثانوية، لا سيما المولبيدان الذي له مفعول مهم بالتقاط الآزوتوباكتر حسب اختبارات «دوميرغ»، ١٩٧٠، و «مولدر» ١٩٥٤، ومولدر ومعاونيه ١٩٥٩؛ وثم بنوع اخص الكوبالت الذي يساعد على تكاثر فصائل الآزوتوباكتر كما يزعم «دوميرغ» و «مانجينو» ١٩٧٠.

اما في الحالة الثانية، أي في التربة الكلسية البيضاء، حيث معدل الكلسيوم الفعال يصل الى ٢٥ ٪، وبشروط التجارب ذاتها، فان العمل البكتريولوجي، وبنوعٍ اخص النشدرة بواسطة الآزوتوباكتر، هو محدود وضئيل، كما ان الانتاج ايضًا محدود الكمية. وسبب هذه الظاهرة أيضًا، خصائص التربة البيضاء الفيزيائية والكيمائية التي تتصف بانها عديمة التهوئة، متماسكة، شديدة، ومفتقرة الى المواد المعدنية الثانوية لا سيما الكوبالت كما اظهرت التحاليل. فمن المحتم اذن ان يتغيّر العمل البكتريولوجي في هكذا بيئة، بحيث يتم تقويض النترجة، أي تفكك النتروجين، بسرعة فلا يفيد منه النبات، مما يؤدّي الى تدني الانتاج.

فانطلاقًا من هذا الواقع، وبناءً على النتائج التي ظهرت، فمن المستطاع استنتاج طريقة تحسين التربة حسب التصورات التالية:

أ) تحسين التربة الحمراء:

ان الأسمدة العضوية الطبيعية المستعملة مع فوسفات الأمونيوم والتي تتفكك بسرعة في التربة الحمراء في محطة تربل المعروفة بكونها تربة خفيفة، فانها، وان تزيد الانتاج، تعمل على اضعاف التربة. فمتوسط المادة العضوية في هكذا تربة هو ١,٨٣ ٪ (معدل اربعة مقاطع ١,٩٦ – ١,٩٩ – ١,٨٢ – ١,٥٨) على عمق يتراوح من صفر الى عشرين سنتمترًا، كما ان معدلها الكاربونتروجيني هو غير مرتفع. فمن المرجح، وحسب التقديرات بالعين المجردة، ان هذا النوع من الترب لا يستطيع الاحتفاظ بنسبة كافية من المياه أو الرطوبة، مما يعرّض عادة المزروعات فيها الى العطش، فضلاً عن انه يعرّض قسمًا كبيرًا من العناصر الغذائية المعدنية للضياع في الأعماق. فلتحسين هذه الفئة من الترب، من اللازم تسميدها بالأسمدة العضوية ذات المواد الكاربونية المرتفعة، الغنية بالمواد القشرية السلليلوزية، اذن، ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، التي من شأنها ان تتفكك ببطء تحت تأثير العمل البكتريولوجي. ومن حسنات المواد القشرية السلليلوزية انها تولّد الهوموس أو المادة العضوية الهوموسية، المتميزة بكبر حجم مسامها، مما يتيح لها اختزان الهواء والماء بشكل افضل، بالاضافة الى استيعاب العناصر الغذائية كالأمونيوم مثلاً. ومتى تمكنت من كل ذلك، فانها تعمل على افادة التربة والنباتات من هذه المميزات

بصورة تدريجية ومتواصلة. كما ان التجارب التي اجريت اظهرت، خلافًا لما هو معتقد عمليًا، ان السماد الطبيعي، أي هنا سماد الماعز، ذات المعدل الكاربونتروجيني المتدني نسبيًا (١٠,٤)، غير كاف للحفاظ على بنية التربة أو تحسينها. فقد دلّت التجارب بأن الطريقة المثلى للحفاظ على بنية التربة، بفضل المواد البوليسكاريدية، وخصوبتها في آن واحد، هي بتسميدها بالأسمدة العضوية، ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، المماثلة للسماد العضوي الذي استعمل في التجارب، هوموباكترا، المميز بالمعدل الكاربونتروجيني المرتفع (٢٣,٨٢)، ولسماد بلانكتون (٥٣,٣٩)، مستعملة مع فوسفات الأمونيوم. فبفضل هذا المزيج، ان التربة تصبح مزودة بذات الوقت بالمواد التي تحافظ على بنيتها، وتحسّنها، وبالمواد المعدنية، بالأخص الفوسفور والأمونيوم، التي بفضل الكائنات المجهرية الحية، أو بكتريات النشدرة، تتحوّل الى مواد غذائية مهمة لزيادة الانتاج.

ب) تحسين التربة البيضاء:

اما بالنسبة الى التربة الكلسية البيضاء في محطة لبعا، فمعروف عنها بأنها قوية متراصة، تفتقر الى الأوكسيجين، بحيث ان البكتريات لا تستطيع العيش فيها والتكاثر بسهولة، اذ ان عملها، في اطواره الثلاثة، أي النشدرة والنترجة وتقويض النترجة، متقطع ومضطرب ويعتريه الخلل. كما ان هذه التربة ليست غنية بالمادة العضوية، اذ انها تحتوي على ٢,١٨ ٪ (متوسط المقاطع الأربعة ١,٨٩ – ٢,٢٧ – ١,١٦ – ٢,٤٠) على عمق متراوح من صفر الى ٢٠ سم، وهذا المعدل هو غير كاف للترب الحارة. كما انها ايضًا فقيرة بمادة النتروجين بحيث النسب تتراوح بين ٠,٠٩ – ٠,١٢ – ٠,١١ – ٠,١٢ بالمائة لذات المقاطع. فهذا النوع من الترب يستهلك النتروجين بسرعة، اذ ان تقويض النترجة يحدث بصورة جدّ سريعة. لذا يلزم اعادة هذه المادة اليها، أي مادة النتروجين، بوضع الأسمدة الكيماوية النشادرية، التي هي في مراحل التجارب، فوسفات الأمونيوم، مع الاعتراف بأن التسميد بالأسمدة الكيمائية الآزوتية، دون اضافة المادة العضوية، كثيرًا ما يضعف التربة ويخفض متانة بنيتها. وبالاضافة الى ذلك، ان احتواء هذه التربة على المادة الكلسية

بكثرة (الكلسيوم الفعال ٢٥ ٪)، يحدّ كثيرًا من عمل البكتريات، رغم ان عنصر الكلسيوم هو مفيد للكائنات المجهرية الحية.

فلإزالة تلك العوائق في التربة البيضاء، أي للحد من تراصها، ومن أجل تخفيض المعدل الكلسي وللحفاظ على الخصوبة، وبما ان التربة البيضاء «تحرق مادتها العضوية»، يجب استعمال المواد العضوية الغنية بالهوموس ذات نسبة الحموضة العالية، أي حمضية وذات معدل تركيز شوارد الهيدروجين منخفض. وهذه المواد العضوية تتوافر بالأسمدة العضوية، ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع، كتلك المستعملة في التجارب، أو المشابهة، لها، كسماد هوموباكترا وسماد بلانكتون. فهذا النوع من الأسمدة باستطاعته ان ينتج، بفضل البكتريات التي يحتوي عليها وتلك الموجودة في التربة، موادًا سكرية وغيرها من المواد المجلّة كالمواد البوليسكاريدية التي تعمل على المحافظة على متانة التربة. فاذا ما اضيفت الى تلك الأسمدة العضوية في التربة، المواد المعدنية، أي الأسمدة الكيمائية، كفوسفات الأمونيوم مثلاً، وبعض المواد المعدنية الثانوية خصوصًا المولبيدان والكوبالت بنسب مدروسة، فان هذه الأسمدة، بالاضافة الى دورها كمحافظة على متانة التربة، تعمل ايضا على تغذية النباتات وزيادة الانتاج. وهذا ما اثبتته التجارب التي اجريت على نوعي التربة في محطتي تربل ولبعا. وتلك الطريقة بالتسميد هي الممكن اعتمادها والنصح بها من اجل تقوية متانة التربة والحفاظ عليها والحد من انجرافها من جهة، ومن أجل تغذية النبات وزيادة الانتاج من جهة ثانية.

وتجدر الاشارة، الى ان هذه الطريقة لتحسين التسميد المقترحة لنوعي التربة التي اجريت عليها التجارب، تهدف رئيسيًا الى تحسين التربة. اما بالنسبة الى الانتاج، فانه اذا كان مرتفعًا الى الحدود القصوى في الأماكن التي سمّدت بالسماد الطبيعي مع فوسفات الأمونيوم، فانه كان أيضًا جيدًا غالبًا، ومقبولاً في الأماكن التي سمّدت بالأسمدة العضوية والمستعملة ايضًا مع فوسفات الأمونيوم. هنا يكون المزارع امام خيار عسير: هل يبتغي الدرجات القصوى من الانتاجية بواسطة السماد الطبيعي السريع التفكك والأسمدة الكيمائية الآزوتية، وهذا ما ثبت علميًا وعمليًا بأنه يضعف التربة ويفقدها خميرتها وخصوبتها، ام انه يقبل بانتاجية دون القصوى، ولكنها مقبولة، مع الحفاظ على التربة وتجمّدها والحد من اندثارها؟

فحسب رأينا المبني على التجارب التي اجريت، نعتقد بأن اتباع هذه الطريقة

المقترحة بالتسميد يمتاز بفوائد من الناحية العملية، اهمها الحفاظ على التربة الحمراء وتقوية متانتها، وتحسين التربة البيضاء والتخفيف من صلابتها، بفضل المواد العضوية الغنية بمادة الكاربون والمواد الهوموسية المتأتية جميعها من الأسمدة العضوية الاصطناعية. هذا مع الأخذ بعين الاعتبار سرعة تفكك الأسمدة الطبيعية، لا سيما سماد الماعز، في ترب البلدان الحارة والشبه الحارة، كالتربة التي اجريت عليها التجارب. فالأسمدة الطبيعية المميزة بمعدل كاربونتروجيني وسطي بل متدني نسبيًا، والسريعة الانحلال، تؤدّي الى انتاج افضل، ولكن ما من مادة تفوقها لتقوية التربة سوى الأسمدة العضوية الاصطناعية ذات المعدل الكاربونتروجيني المرتفع البطيئة التفكك. وهذا ما تحتاج اليه التُرَبْ الحارة والمفتقرة دومًا الى المادة العضوية، سواء اكانت حوارية وكلسية بيضاء، ام حمراء خالية من المادة القلوية أو الكلسية. وبما ان التربة «تحرق مادتها العضوية»، فعلى المزارع ان يتدخّل ليعوّض على التربة ما فقدته، وذلك من اجل ديمومته واستمرارية انتاج المادة الغذائية.

ومن هذا المنطلق، ونظرًا لاغفال اغلب المزارعين الموسميين، اي الذين يستثمرون الأراضي الزراعية بالإيجارة لموسم واحد أو لموسمين، استعمال الاسمدة العضوية في تسميد مزروعاتهم، أو الأحجام عنها بسبب بطء تفكّكها أو بسبب ارتفاع كلفتها، واعتمادهم فقط على الأسمدة الكيمائية، فان النتيجة التي يواجهونها تكون باضعاف التربة و«تحفيتها» لعدم وضع الخميرة فيها اي المادة العضوية. واذا ما لقي المزارع ازديادًا بالانتاج للمرة الأولى لدى استعماله الاسمدة الكيمائية، لا سيما الآزوتية، فان انتاجه يتدنى تدريجيًا لدى تكرار استعمال الاسمدة الكيمائية. فان هذه الأسمدة «تتجمّد» بالتربة لا بل تسممها احيانًا وتلوثها لبقائها في الحالة النتريتية، أي عندما لا تتحوّل بفعل النترجة، الى نتروجين نافع؛ وهذا ما يسبب يباس العشب أو النبات الذي يلامس بَوْل الحيوانات. ازاء هذه الظاهرة والطرق المتبعة، أنه من الواجب وضع تشاريع زراعية أو ريفية تحتم على المزارع الموسمي ان يسمّد التربة بالأسمدة العضوية قبل فوات الأوان.

المراجع

ALEXANDER, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol,* d'Y. DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1961.

AUBERT et BOULAINE, *La Biologie des Sols,* Presses Universitaires de France, Paris, 1967.

AUBERT (G), «Classification française des Sols», *Cahiers Orstom,* série *Pédologie,* ,vol. 3, fascicule 3, 1965.

BAGNOULS et GAUSSEN, «Climats Biologiques et leur Classification», *Annales de Géographie,* n° 355, 1957.

BRENNET et SHAW, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol,* d'Y. DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1958.

CAMPBELL et LEES, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol,* d'Y. DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie., Paris, 1967.

CHRISMENT (Brigitte), *Manuel de Travaux Pratiques de Microbiologie,* Ensbana-Université de Dijon, Fac. des Sc., 1972.

Direction Générale de l'Aviation Civile-Météorologique, *Climat du Liban,* n° 3, novembre 1970, Beyrouth, 1970.

DOMMERGUES (Y), *La Biologie des Sols,* Presses Universitaires de France, Paris, 1967.

DOMMERGUES (Y) et MANGENOT (F), *Écologie Microbienne du Sol,* Masson et Cie, Paris, 1970.

DUBERTRET (L), *Carte Géologique du Liban au 1/200.000* + notice explicative, République Libanaise, Ministère des Travaux Publics, Beyrouth, 1953.

——, *Carte Géologique, Feuille de Zahlé,* Service Géographique des F.F.L. à Beyrouth, 1949.

EMBERGER (L), *Une Classification Biologique des Climats,* Fac. Sc., Montpellier, série *Bot.* (7), France, 1955.

GREENWOOD, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol,* d'Y. DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1963.

HARMSEN (G.W.) et VANSCHREVEN (D.A.), *Adv. Agron.,* 299-398, 1955.

KEILLING (J), «Biologie des Sols. Données et Perspectives Nouvelles», article extrait du n° 11 de *Sciences et Techniques.*

KOPPEN (W), «Des Geografische System des Klimate», *Handbuch der Klimatologie,* B.I, T.C, Berlin, 1937.

LAMOUROUX (M) et OSMAN (A), *Le Liban et son Milieu Naturel,* ronéo, Tel-Amara, Liban, 1967.

MCGARITY, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol,* d'Y. DOMMERGUE et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1961.

MEDAWAR (K), *La Matière Organique dans quelques Sols du Liban,* Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS A.O.12432), Paris, 1976.

MULDER (E.G.), LIE (T.A.) et WOLDENDORP (J.W.), *Biologie et Fertilité du Sol,* Laboratory of Microbiology, Agriculture University, Wageningen, Netherlands, 1975.

NOMMIK (H), *Acta Agric. Scand.,* 81-94, 1962.8.

OSMAN (A). *Contribution à l'Étude des Sols du Liban Nord,* Fac. Sc. Université de l'État à Gand-Belgique, 1971.

فهرس

الصفحة

مقدمة ١
شرح بعض العبارات والاصطلاحات العلمية ١١
الفصل الأول : البيئة ١٣
١. موقع لبنان الجغرافي وطبيعته الفيزيائية ١٣
أ) المناخ ١٥
ب) الحرارة ١٦
جـ) الامطار ١٨
د) المياه والانهار ١٩
٢. الجيولوجية ٢١
٣. التربة ٢٣
أ) التربة الحمراء ٢٣
– تحليل فيزيائي وكيمائي للتربة الحمراء قبل التسميد وبعده ٢٤
ب) التربة البيضاء ٢٥
– تحليل فيزيائي وكيمائي للتربة البيضاء قبل التسميد وبعده ٢٥
الفصل الثاني : التجارب ٢٧
١. وصف المواد المستعملة في التجارب ٢٧
أ) تحليل سماد الماعز ٢٧
ب) تحليل كيمائي لسماد هوموباكترا ٢٨
– تحليل بكتريولوجي لسماد هوموباكترا ٢٨

POCHON (J) et TARDIEUX (P), *Techniques d'Analyses en Microbiologie du Sol*, Éditions de la Tourelle, Paris, 1962.

Programme des Nations Unies pour le Développement, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. Enquête pédologique et Programmes d'Irrigation Connexes-Liban, 1969.

Recueil de Statistiques Libanaises, n° 9, Ministère libanais du Plan, Direction Centrale de la Statistique, 1973.

REHM (S), «L'Érosion des Sols prend des proportions inquiétantes», article paru dans *La Revue du Liban* le 24 janvier 1975.

REY (J), *Carte Pluviométrique du Liban au 1/200.000*, notice explicative, Beyrouth, 1955.

SCHAEFER, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol*, d'Y. DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1961.

SCHLOESNIG ET MUNTZ, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol*, d.Y, DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1877.

SIMONART (P) et MAYAUDON (J), Pédologie Symp. Intern. 2, *Appl. Sc. nuel. Péd.* 91-103, Gand, 1961. ???

TORNTHWAITE (C.W.), «An Approach toward a rational classification of climate», *The Geographical Review*, vol. 38, 1948.

U.S. Department of Agriculture (U.S.A.), *Soil Survey Manual, Agriculture Handbook*, n° 18, 1975.

WARINGTON, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol*, d'Y. DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1891.

WINOGRADSKY, *Citation dans l'Écologie Microbienne du Sol*, d'Y. DOMMERGUES et de F. MANGENOT, Masson et Cie, Paris, 1890.

الصفحة

جـ) تحليل كيمائي لسماد بلانكتون ٢٩
– تحليل بكتريولوجي لسماد بلانكتون ٢٩
د) تحليل فوسفات الامونيوم ٢٩
هـ) تحليل بعض الأسمدة الطبيعية على سبيل المقارنة ٣٠
و) تحليل الكومبوست أو المواد المخمرة ٣٠
– ملاحظات حول تركيب الاسمدة المستعملة في التجارب ٣٠
٢. التجارب في الحقل وفي المختبر ٣١
أ) التجارب في الحقل في محطة تربل ٣٢
– نتائج التجارب في الحقل في تربة تربل ٣٥
ب) التجارب في الحقل في محطة لبعا ٣٧
– نتائج التجارب في الحقل في محطة لبعا ٣٩

الفصل الثالث: تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في تربة تربل وتربة لبعا ٤٥

١. تحليل المادة العضوية والنتروجين والكاربون في تربة تربل – معدل الكاربون على النتروجين أو المعدل الكاربونتروجيني ٤٥
أ) المادة العضوية ٤٧
– الأسمدة العضوية الاصطناعية تغني التربة بالمادة العضوية اكثر من الاسمدة الطبيعية ٤٧
– الهوموس يحسن التربة ٤٩
ب) النتروجين ٥١
جـ) الكاربون ٥٢
د) معدل الكاربون على النتروجين أو المعدل الكاربونتروجيني ٥٢
٢. تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في تربة لبعا–المعدل الكاربونتروجيني .. ٥٣
أ) المادة العضوية ٥٤
ب) النتروجين ٥٧
جـ) الكاربون ٥٧
د) معدل الكاربون على النتروجين أو المعدل الكاربونتروجيني ٥٨

الصفحة

الفصل الرابع : تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في عشب «الراي غراس» في محطتي تربل ولبعا – المعدل الكاربونتروجيني ٥٩

١. تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في عشب «الراي–غراس» في محطة تربل – المعدل الكاربونتروجيني ٥٩
٢. تبدّل المعدل الكاربونتروجيني او معدل الكاربون على النتروجين، بالنسبة للمادة العضوية ٦١
٣. تحليل المادة العضوية والكاربون والنتروجين في عشب «الراي–غراس» في محطة لبعا – معدل الكاربون على النتروجين أو المعدل الكاربونتروجيني ٦٣
أ) المادة العضوية ٦٤
ب) الكاربون ٦٥
جـ) النتروجين ٦٦
د) معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني ٦٦

الفصل الخامس : الكائنات المجهرية الحية او بكتريات التربة ٦٧

١. دورة النتروجين الخارجية – مصادر النتروجين في التربة ٦٧
٢. دورة النتروجين الداخلية او تجميد تحلّل النتروجين ٦٨
٣. المادة العضوية : النضرة والمخمرة – الهوموس ٦٩
٤. معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني ٦٩

نتائج التحاليل المجهرية ٧١

١. الكائنات المجهرية الحية في تربة لبعا وعددها في الغرام الواحد من التراب. معدل الكاربون على النتروجين أو المعدل الكاربونتروجيني ٧١
٢. الكائنات المجهرية الحية في تربة تربل وعددها في الغرام الواحد من التراب. معدل الكاربون على النتروجين او المعدل الكاربونتروجيني ٧٢
٣. تحليل المانغانيز والكوبالت والموليبدان في تربتي تربل ولبعا ٧٤
أ) محطة تربل ٧٤
ب) محطة لبعا ٧٤
• الموليبدان ٧٥

الصفحة

• المانغانيز ٧٥
• الكوبالت ٧٦
جـ) شرح نتائج التحاليل المجهرية في تربة تربل وتربة لبعا..... ٧٦

٤. دور الآزوتوباكتر باغناء التربة بالآزوت وبزيادة الانتاج ٧٦
أ) في التربة البيضاء في محطة لبعا ٧٧
ب) في التربة الحمراء في محطة تربل..... ٧٩

عوامل تفكّك المادة العضوية
النشدرة – النترجة – تقويض النترجة ٨٢

١. النشدرة او تحويل المادة العضوية الى مركّب نشادري او امونياكي ٨٢
ومراحل تفكك الآزوت العضوي في التربة باشكاله المختلفة..... ٨٣
أ) تحويل البروتينات..... ٨٣
ب) تحويل الحوامض الفوسفورية..... ٨٣
جـ) تحويل سماد اليوريا والسيانواميد ٨٣

٢. النترجة أو تحويل الامونياك او نشادر المادة العضوية الى نترات–العوامل التي
تؤثر على النترجة ٨٤
أ) الآزوت الامونياكي او النتروجين النشادري..... ٨٥
ب) معدل الحموضة أو معدل شوارد الهيدروجين ٨٥
جـ) الرطوبة..... ٨٥
د) عوامل مانعة للنترجة..... ٨٦

٣. تقويض النترجة او اعادة تحويل النتروجين من الحالة النتريكية الى الحالة
النشادرية او الى غازات..... ٨٦
أ) وجوب وجود النتروجين بالشكل النتريكي ٨٧
ب) فقدان الأوكسيجين..... ٨٧
جـ) وجود مواد في التربة مولّدة الألكترون..... ٨٧
د) نسبة شوارد الهيدروجين والحرارة المرتفعة..... ٨٨
هـ) تأثير النباتات على عملية التحويل..... ٨٨

الصفحة

دور البكتريات في عمل الحالات الثلاث :
النشدرة والنترجة وتقويض النترجة. كيفية اجراء التحاليل المجهرية ٨٨

١. عمل البكتريات في النشدرة اي في تحرير النتروجين في محطة تربل.
الاعداد للتحاليل ٨٩
٢. طريقة التحليل – اسلوب الاحصاء أو العدّ..... ٩١
٣. جدول ماك كرادي..... ٩٤

شرح العمل البكتريولوجي في النشدرة والنترجة وتقويض
النترجة في نوعي التربة اي في محطة تربل ومحطة لبعا ٩٥

١. التربة الحمراء في محطة تربل..... ٩٥
• النشدرة..... ٩٥
• النترجة ٩٨
• تقويض النترجة..... ١٠٠
٢. التربة البيضاء في محطة لبعا..... ١٠٣

الفصل السادس : الخاتمة ١٠٧
١. مفعول المادة العضوية – الكائنات المجهرية الحية..... ١٠٨
أ) المفعول على الانتاج..... ١٠٨
ب) المفعول على نسبة المادة العضوية ، وعلى الكاربون والنتروجين، وعلى المعدل
الكاربونتروجيني العائد الى التربة ١١٠
جـ) المفعول على نسبة المادة العضوية ، وعلى الكاربون والنتروجين، وعلى المعدل
الكاربونتروجيني العائد الى الانتاج اي العشب ١١٣
د) المفعول على العمل البكتريولوجي بحالاته الثلاث : النشدرة والنترجة ،
وتقويض النترجة..... ١١٥
٢. طريقة تحسين التربة ١١٨
أ) تحسين التربة الحمراء..... ١١٩
ب) تحسين التربة البيضاء ١٢٠

المراجع ١٢٣

PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ LIBANAISE

SECTION DES ÉTUDES AGRONOMIQUES

I

الجمهورية اللبنانية
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

POUR LA PROTECTION DU SOL DU LIBAN

Dr KAMAL MEDAWAR
DOCTEUR-INGÉNIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES
PRÉSIDENT DE LA FÉDÉRATION LIBANAISE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

République Libanaise
Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public
(C.P.E.S.P.)

BEYROUTH 1981

Distribution : LIBRAIRIE ORIENTALE, B.P. 1986, Beyrouth, Liban