بناء التربة (Soil Structure)

يمكن تعريف بناء التربة بأنه انتظام لدقائق التربة المختلفة عن طريق ارتباطها مع بعضها البعض بواسطة المواد اللاحمة وباشكال هندسية معينة . وهذا المصطلح يستعمل في بعض الاحيان مع النظم الهندسية للفراغات البينية ، وبسبب انتظام دقائق التربة المعقد ، لهذا لم تكن هناك طريقة عملية لقياس بناء التربة بصورة مباشرة لذا فظاهرة بناء التربة تكون مستعملة في التعبير النوعي. في الحقيقة ان الطريقة المستعملة لوصف بناء التربة غير المباشرة والتي تقيس بعض الصفات المؤثرة على البناء بدلا من قياس البناء مباشرة هي المتبعة في اغلب الاحيان .

من الملاحظ بان النسجة والسطح النوعي للتربة المعينة يكونان ثابتين على مدى فترات زمنية طويلة مقارنة ببناء التربة المتغير بدرجة كبيرة من وقت لاخر نتيجة لتغير الظروف الطبيعية ، النشاطات البايولوجية وادارة التربة وكذلك العمليات الزراعية . ان بناء التربة قد يكون العامل المحدد لانتاجية التربة بسبب تأثيره العالي على محتوى الماء والهواء وكذلك حرارة التربة ، التي بدورها تؤثر على انبات البذور، ونمو الجذور وكذلك تأثيرها على العمليات الزراعية مثل الحراثة والري والبزل .

بصورة عامة يمكن تمييز ثلاثة انواع من بناء التربة وهي حبيبات مفردة، حبيبات كتلية وتجمعات من الحبيبات يطلق على البناء الحبيبي. في حالة ان دقائق التربة تكون تماما غير مرتبطة مع بعضها البعض (حبيبات مفردة)، وعندما تكون الدقائق محاطة مع بعضها البعض على هيئة ضخمة نوعا ما يطلق عليها بالبناء الكتلي ، وهناك حالة وسطية والتي تكون فيها الدقائق منتظمة على هيئة كتلة صغيرة تعرف بالتجمعات وداخل هذه التجمعات تكون الدقائق نوعا ما ثابتة بواسطة روابط داخلية. ان التجمعات (البناء التجمعي) يمكن وصفها نوعيا (دليل مسح الترب) وذلك بتحديد شكلها النموذجي (المثالي) للتجمعات (مثل المكعبي ، العمودي والصفائحي) او كميا بواسطة قياس حجمها، وهذه القياسات يمكن عملها اما بواسطة النخل الجاف او النخل الرطب. طريقة النخل الرطب عادة مايتم تنفيذها عندما يكون نموذج التجمعات مغمورا في الماء وتستعمل كدليل على ثباتية التجمعات نحو فاعلية الماء.

حيث ان تشكيل هذه التجمعات وثباتيتها تكون معتمدة بالدرجة الكبيرة على كمية الماء وحالة دقائق الطين وعلى وجود المادة العضوية . ايمرستون وصف الموديل لتجمعات التربة استنادا على الطرق المختلفة التي فيها سيادة لدقائق الطين والمرتبطة معدقائق الكوارتز، الرمل والغرين لتشكل التجمعات الطبيعية (والتي يطلق عليها بـ ped) لتشكل جسم التربة.

ان المواد اللاعضوية المختلفة مثل الغرويات المتميعة للحديد والاكاسيد الالمنيوم اضافة لكاربونات الكالسيوم وكذلك المواد العضوية خاصة الاكثر ثباتية (الهيومس) والناتجة من تحلل بقايا النبات والحيوان تؤدي الى تكوين تجمعات تربة ثابتة .

وعندما يحصل تفكيك لطين التربة تحت تأثير تبادل الصوديوم ، يحدث انهيار لتجمعات التربة. تجمعات التربة الضعيفة ، بتأثير الماء يحصل لها تكسر وتحطم بفعل ظواهر التمدد ، الانكماش ، تكون الثلج ، قطرات المطر، عمليات الحراثة المتكررة والرص وتأثير كل ذلك على عملية التعرية. من جهة ثانية ، النمو المتقارب للنباتات الحولية التي لها نظام جذري كثيف مثل الحشائش تشجع على تكوين تجاميع تربة جيدة. بصورة عامة حدوث تكسر لتجمعات التربة في طبقات التربة السطحية ، والتي تكون ضمن نطاق الحقل الزراعي تكون معرضة لفعل قطرات الماء ، ويحصل لها اضغاط بفعل العمليات الزراعية وينتج عن ذلك في النهاية تشكيل قشرة متصلبة ذات كثافة عالية ، والتي تعكس تأثير نفوذية الماء وتبادل الغاز الحر وتعيق من نمو البادرات .

أ– تصنيف بناء التربة

أ– التصنيف المعتمد على حجم، شكل، خصائص وصفات التجمعات

لقد اقترح هذا التصنيف الخاص ببناء التربة اعتمادا على اشكال وحجوم التجمعات

وكذلك الخصائص المتعلقة بالسطح النوعي لهذه التجمعات والكتل من قبل (Zakharov ، ١٩٣٧). حيث تمكن من تمييز الأشكال الرئيسية لبناء دقائق التربة والتي تشمل

١ – البناء المكعبي Cubelike structure ، وهذا النوع من البناء تكون فيه الدقائق الثانوية على هيئة مكعب وذات اضلاع متساوية على طول المحاور الثلاثة .
٢ – البناء المنشوري Prismlike structure ، والذي تكون فيه الدقائق الثانوية طولية الشكل في اتجاه المحور العمودي مشكلة بذلك هيئة موشورية.
٣ – البناء الصفائحي Platelikestruture ، والذي تكون فيه الدقائق الثانوية على هيئة وحدات قصيرة في اتجاه المحور العمودي ومتسعة بدرجة اكبر في اتجاه المحور الافقي.

لذلك يلاحظ بان البناء الواقع ضمن الانواع الاساسية السابقة الذكر يمكن تميزه استنادا على خصائص الأوجه والحواف غير الواضحتين وكذلك الوحدات البنائية ذات الاوجه والحواف الواضحة والمتميزة. اما لأغراض وصف البناء حقليا، يلاحظ بان اعضاء فرقة مسح الترب اعتمدوا على الظواهر الاساسية التي وصفها(Nikiforoff، ١٩٤١) لتطوير التصنيف الخاص ببناء التربة حقليا وهذا التصنيف يستند على: ١ – نوع البناء المقدر بواسطة شكل وانتظام الكتل، ٢ – حجم الكتل ٣ – وكذلك درجة البناء المقدر بمدى وضوح هذه الكتل ، والموضحةفي الجدول (٣–١).

جدول (٣-١) تصنيف بناء التربة استناداً على هيئة مسح التربة (١٩٥١) واعتماداً على حجم الكتل

الصنف - حجم الكتل	صفائحي	المنشوري	العمودي	المكعبي	المكعبي الزاوي	الحبيبي	الكتلي
١- ناعم جداً او رقيق جداً	اقل من ١ ملم	اقل من ١٠ ملم	اقل من ١٠ ملم	اقل من ٥ ملم	اقل من ٥ ملم	اقل من ١ ملم	١ ملم
٢- ناعم او رقيق	١ - ٢ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	٥ - ١٠ ملم	٥ - ١٠ ملم	١ - ٢ ملم	١ - ٢ ملم
٣- متوسط	٢ - ٥ ملم	٢٠ - ٥٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	٢ - ٥ ملم	٢ - ٥ ملم
٤- خشن او سميك	٥ - ١٠ ملم	٥٠ - ١٠٠ ملم	٥٠ - ١٠٠ ملم	٢٠ - ٥٠ ملم	٢٠ - ٥٠ ملم	٥ - ١٠ ملم	—
٥- خشن جداً او سميك جداً	اكبر من ١٠ ملم	اكبر من ١٠٠ ملم	اكبر من ١٠٠ ملم	اكبر من ٥٠ ملم	اكبر من ٥٠ ملم	اكبر من ١٠ ملم	—

الدرجة- متانة الكتلة

١- صفر- عديم البناء غير تجمعي او منتظم متسلسل

٢- ضعيف- ضعيف التشكيل، وغير متصلب ويتكسر الى كتل صغيرة وغير متجمعة.

٣- متوسط - تشكيل جيد، متوسط الصلابة ويتكسر الى كتل غير متجمعة.

٤- قوي- تشكيل، متصلبة بدرجة ضعيفة مع بعضها البعض وتتكسر الى كتل متكاملة.

جدول (٣– ٢) . مستويات التصنيف لبناء التربة (عن Brewer, 1964) .

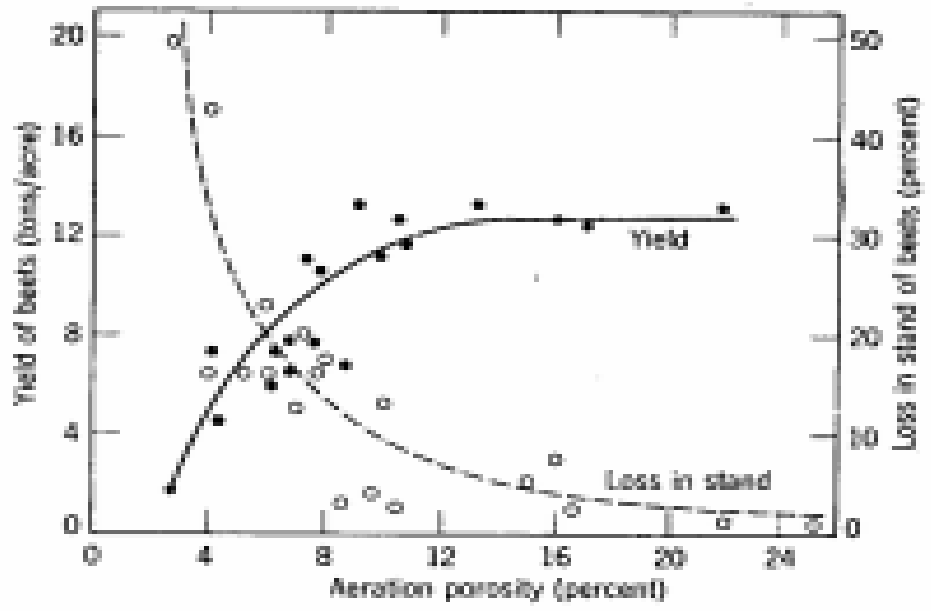
مستوى البناء	وصف المكونات
أ – انتظام الوحدات الاساسية	الحجم والشكل وانتظام الموشور، الحبيبات والفراغات المرتبطة .
١ – البناء المنشوري	الحجم والشكل وانتظام الموشور، الحبيبات والفراغ في الكتل البدائية لمواد التربة متضمنة الظواهر البيولوجية
٢ – البناء الاولي	تكامل الحجم والشكل وانتظام جميع الظواهر البيولوجية والمكونة شبكة على هيئة عدد البناء الاساسي .
٣ – البناء الابتدائي	تكامل صفات الحجم والشكل والانتظام المعين للظواهر البيولوجية والبناء الاساسي
ب – النظام بين الكتل	
١ – البناء الثانوي	الحجم والشكل وانتظام الكتل الاولية والفراغات وارتباط الظواهر البيولوجية في مواد التربة
٢ – البناء الثلاثي	الحجم والشكل وانتظام الكتل الثانوية (الكتل المركبة الناتجة من ارتباط الكتل الاولية) وارتباط الظواهر البيولجية مع الفراغات .

من هذا يلاحظ بان نعومة وملمس التربة (هشاشية) تطلق على انتظام الدقائق الاولية والثانوية مع بعضها البعض واحتوائها على المسام ، بينما هيكل التربة يتضمن الدقائق المعدنية المنفردة وكذلك المواد العضوية المقاومة للتحلل والتي يكون قطرها اكبر من الدقائق الغروية . اما اليلازما فتكون عبارة عن مواد التربة المتحركة في التربة والتي تكون نشطة بدرجة عالية وتتكون من المعادن الاولية والغرويات العضوية . ان انتظام الكتل تسلك مستويات من التنظيم معتمدا على حجم وشكل الكتل البسيطة ، وهذه الكتل الاولية لاتتكسر الى كتل صغيرة تكون وحدة اساسية لعملية الوصف . اما في حالة التربة غير الحاوية على الكتل ، فمواد التربة تكون وحدة اساسية عند الوصف .

٢ – بناء التربة ونمو النبات :

تعد التربة البيئة المناسبة لبزوغ البادرات ونمو النبات وتطوره في جميع مراحل النمو الجذري . حيث ان التربة لاتكون مسؤولة فقط عن تزويد النبات بما يحتاجه من عناصر غذائية لازمة لاكمال العمليات الحيوية لكنها تزوده بالماء والهواء اللازم لاداء وظائفه . يلاحظ بان امتصاص العناصر الغذائية من التربة يكون محددا بنقصان وزيادة كمية الماء في التربة .

ان زيادة الكثافة الظاهرية ونقصان التهوية لاتؤثر فقط على تكاثر الجذور وامتصاصها للعناصر الغذائية والماء بل تؤثر على نشاط الاحياء الدقيقة ، ونتيجة لذلك فان البناء غير الجيد للتربة يكون عاملا محددا في انتاج المحاصيل ويجب اخذه بنظر الاعتبار كعامل محدد لخصوبة التربة . ان تاثير البناء الضعيف (غير الجيد) على انتاج المحاصيل موضح بصورة جيدة في الشكل (٣ – ١) ، والذي يبين علاقة حاصل البنجر السكري مع تهوية التربة الطينية الثقيلة والمضاف اليها كميات مختلفة من المادة العضوية (Baver و Farnsworth ، ١٩٤٠) . يوضح الشكل بان التهوية الكافية تقلل من اضطجاع البنجر السكري طبقا للاصابة بالفطريات السوداء ، حيث ان التاثير المؤذي لهذه الاحياء يختفي عند زيادة المسامية الهوائية عن ١٠ ٪ ، ومن هذه العلاقة يلاحظ ايضا بان حاصل البنجر يثبت عند زيادة التهوية ، اعلى حاصل يمكن الوصول اليه عند حدود التهوية ١٠ ٪ وهذا لايؤثر على كمية الحاصل بل على ارتفاع نسبة السكر في حاصل البنجر.

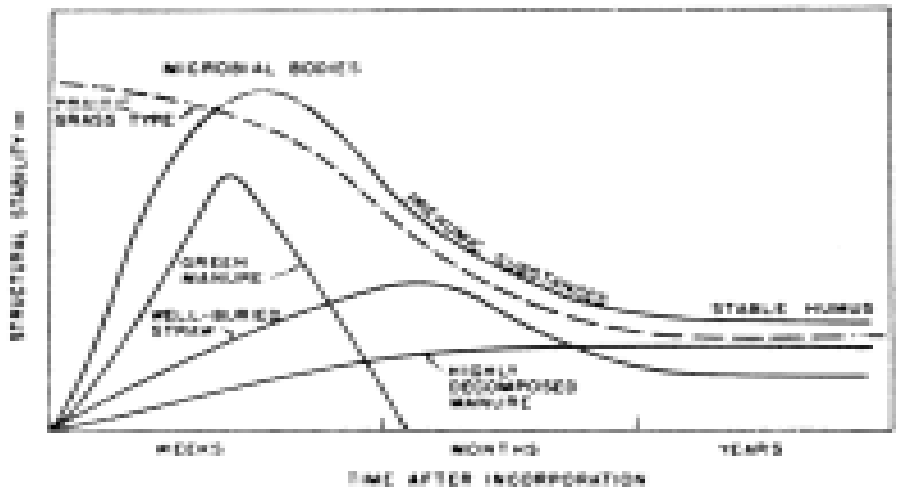


شكل (٣ – ١) علاقة المسامية (التهوية) بانتاج حاصل البنجر السكري (عن Baver ، ١٩٤٠) .

ان التهوية الجيدة تقلل من النتروجين الممتص من قبل النبات ، حيث يقاسي النبات من قلة التغذية بعد توفير التهوية الجيدة للتربة .

٣- ثباتية تجمعات التربة :

عند تقييم تجمعات التربة يلاحظ بان التوزيع الحجمي لهذه التجمعات ، كميتها وثباتية هذه التجمعات من اهم العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند تقدير كمية وتوزيع المسام البينية المرتبطة مع هذه التجمعات ومقاومتها لفعل العوامل المؤثرة عليها والتي تشمل التعرية المائية والريحية . ان ثباتية التجمعات تكون متغيرة باستمرار مع تغير اضافة المادة العضوية والمتحللة ، حيث ان المواد اللاحمة والتي تكون تجمعات ثابتة تتهدم فيما بعد لتكون تجمعات اقل ثباتية وبالنهاية تغير ثباتية التجمعات مع الزمن بعد تحلل وهدم المادة العضوية موضحة في الشكل (٣- ٢) . يلاحظ من الشكل بان ثباتية التجمعات تكون مستندة على اختلاف درجة تهدم التجمعات وتحطمها بفعل الماء ، الكحول والبنزين ، فروة المنحني توضح التجمعات المتحصل عليها بواسطة أجسام الكائنات الحية في التربة والذي يعود بالدرجة الاساسية الى زيادة كثافة النشاط البايولوجي خلال هذه الفترة والذي يؤدي الى الربط الميكانيكي عن طريق هايفات الفطريات والاكينومايستس وبعض الخلايا البكتيرية . وهذا النوع من الثباتية يكون وقتيا وذلك لان الهايفات والخلايا تضمحل عند قلة كثافة النشاط البايولوجي . ان النشاط النوعي لهذه المواد العضوية في



شكل (٣ - ٢) تأثير المادة العضوية في ثباتية تجمعات التربة (عن Monnier, 1975) .

ثباتية البناء والتجمعات تكون اقل لكن التجمعات المتكونة تكون مقاومة لفترة طويلة ومن هذه المواد التي يطلق عليها بريبيومك والتي تشمل السكريات المتعددة والمواد المشابه لها والتي تتعرض الى تحولات بايولوجية بطيئة ، يحدث نقصان في معدل تحلل المواد والذي يرتبط بتاثيره على ثباتية التجمعات . ان المرحلة النهائية لثباتية التجمعات تعتمد على ثبات الهيومس المتكون . يجب ملاحظة ان الاسمدة الخضراء التي تكون جاهزة للتحليل وفيها نسبة واطئة من C / N تظهر ذروة حادة خلال النشاط المركز عند التحلل وتنخفض الى الصفر في وقت قصير.

اما مخلفات القش لاتخضع الى التحلل البايولوجي وذلك لكون ان نسبة الكاربون الى النتروجين عالية وقلة نشاط الفطريات . ان المخلفات الخضراء ذات درجة التحلل العالية والتي تعرضت الى تحلل بايولوجي لم تظهر ذروة جيدة في المنحني ، لذلك نلاحظ بان ثباتية التجمعات تعد دالة مركبات الهيومك . ان جذور الاعشاب البرية ينتج عنها ثباتية تجمعات عالية قبل قلب مخلفاتها في التربة وينتج ذلك من التحولات البايولوجية والمرحلة النهائية من نواتج الهيومس المتكون .

٣- طرق تحليل تجمعات التربة والتعبير عن نتائجها

تهدف عملية تحليل تجمعات التربة الى قياس نسبة الدقائق الثانوية المقاومة لفعل الماء او الرياح في التربة وكذلك فعل الفصل الميكانيكي للتجمعات الناتجة من ارتباط المفصولات الصغيرة الحجم عند تكوينها مفصولات كبيرة الحجم . بصورة عامة هناك ثلاث طرق يمكن اتباعها عند تحليل تجمعات التربة وثباتيتها تشمل النخل الرطب والجاف ، استعمال الهواء ، وطريقة الترسيب . من الطرق المباشرة والمستعملة في الحقل لتقدير توزيع التجمعات والكتل هي طريقة النخل الجاف (Cole ، ١٩٣٩) والتي اعطت صورة واضحة لثباتية التجمعات الخاصة بالتربة الجافة لمنطقة كاليفورنيا عند مقارنتها مع طريقة النخل الرطب وذلك بسبب ضعف ارتباط التجمعات في ظروف التبلل عند مقارنتها مع الفعل الميكانيكي لعملية النخل والتي تؤدي الى تحطيم التجمعات . يلاحظ بان هناك بعض المشاكل التي قد تؤدي الى انسداد فتحات المنخل عند اتباع هذه الطريقة ، وللتغلب على مثل هذه المشاكل استخدمت المناخل الدوارة (Chepil ، ١٩٦٢) . ان النخل الجاف للتجمعات يكون دليلا مهما لتوضيح صفة مقاومة التجمعات في التربة للتعرية الريحية . اما عملية النخل الرطب فتعد من الطرق المعروفة لقياس تجمعات

التربة (Tiulin , ١٩٢٨) حيث تعتمد هذه الطريقة على الترطيب البطئ لنموذج التربة بواسطة الخاصية الشعرية لمدة ٣٠ دقيقة وبعدها تنقل الى سلسلة من المناخل المغمورة بالماء ، حيث يتم رفع المناخل ببطء في الماء بحدود ٣٠ مرة وبقدر وزن التربة المتبقية مع كل منخل ، ان المنخل الموجود في قاع هذه السلسلة له فتحات سعتها ٠,٢٥ ملم . بعد ذلك تطورت طريقة ميكانيكية لرفع وخفض المناخل او توماتيكيا خلال مسافة ٢ تقريبا ٣٠ ذبذبة في الدقيقة لمدة ٣٠ دقيقة ، وهذا حورت طريقة المناخل الرطبة لفصل التجمعات الكبيرة والتي يمكنها فصل التجمعات لحد ٠,١ ملم وكذلك ٠,٢٥٠٠ ملم .

تعدمشكلة ترطيب نموذج التربة من المشاكل الكبيرة لطريقة النخل الرطب وذلك لان التجفيف الهوائي يقلل من نسبة التجمعات الكبيرة على حساب التجمعات الصغيرة الحجم (Russell ، ١٩٣٨) وهذا التاثير يكون كبيرا ومتركزا في عملية التجفيف . كلما كانت سرعة ترطيب نموذج التربة كبيرة تكون اكثر عرضة لتحطيم التجمعات الكبيرة ، فمر التربة بالماء تسبب اكثر تحطما للتجمعات اكثر من الترطيب بواسطة الخاصية الشعرية . اما عملية رش الماء على هيئة رذاذ الى التجمعات ينتج عنها تحطيم قليل للتجمعات في الطرق المذكورة . اما عند ترطيب النموذج تحت التفريغ يمكن حل المشكلة السابقة وهذا التاثير يتم بمعاملة التجمعات مع ايثايل الكحول ليحل محل الهواء قبل عملية النخل الرطب (Kemper و Chepil ، ١٩٦٥) . ربما يستعمل الهواء لفصل التجمعات ذات الأقطار المحصورة بين ١ — ٠,٠٢ ملم وتكون مفيدة خاصة في حالة الفصل تحت المستويات التي لايمكن فصلها بواسطة النخل الرطب (Baver و Rhoades ١٩٣٢) .

بينما يتم استخدام طريقة الترسيب لتقدير توزيع التجمعات في المفصولات الناعمة والتي لايمكن فصلها باستعمال المناخل وتكون محددة لاحجام التجمعات الاصغر من ١ ملم . ويمكن استخدام اما طريقة الماصة او الهيدروميتر لعملية الفصل وهناك بعض الصعوبات في حالة الفصل باستخدام طريقة الترسيب وهي اختلاف كثافة التجمعات خاصة بالنسبة للدقائق الثانوية الكبيرة وكذلك حدوث تجميع للمفصولات خلال عملية الترسيب وذلك لحركة التجمعات الكبيرة نحو الاسفل .

اما بالنسبة لطريقة التعبير عن تجمعات التربة فهناك عدة طرق يمكن اتباعها ويمكن تسمية حالة التجمعات لتمييز نسب التجمعات ، والتي تكون اكبر من بعض الحجوم المعينة من وزن التربة المحدد . حيث يلاحظ بان الترب الرملية لاتحتوي على تجمعات مثل احتواء الترب الغرينية المزيجية والطينية جيدا ، ومن الممكن لجميع الدقائق الغرينية والطينية في الترب ذات النسجة الخشنة ان توجد على هيئة تجمعات . ولفرض قياس نسبة

التجمعات للمفصولات الناعمة ، فالقيمة المستعملة يحصل عليها بقسمة نسبة التجمعات التي تكون اكبر من الحجم (٠,٠٥ – ٠,١ ملم) في التربة الى نسبة المفصولات الاصغر من هذا الحجم وهذا مايعطي درجة التجمعات للدقائق الصغيرة وهذا مايوضح نسبة الدقائق الاصغر من الحجم المعين والذي يكون متجمعا في وحدات ثابتة اكبر من هذا الحجم . استخدم (Van Bavel ، ١٩٤٩) اصطلاح معدل القطر الموزون (MWD) mean weight diameter كدليل للتعبير عن التجمعات وذلك عن طريق ضرب نسبة وزن المفصولات المعينة Wi لحجم مفصولات التجمعات بمعدل قطر هذه المفصولات ($\bar{X}_i$) وحاصل جمع هذه المفصولات لجميع احجام اجزائها يعطي معدل القطر الموزون .

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \bar{X}_i W_i$$

لقد استخدم ايضا معدل القطر الهندسي geometric mean diameter (GMD) كدليل للتعبير عن تجمعات التربة (Mazurak ، ١٩٥٠) وفي هذه الحالة يضرب وزن التجمعات في الحجم المعين من حجم المفصولات بلوغاريتم معدل قطر المفصولات وحاصل جمع المفصولات لجميع احجام المفصولات يقسم على وزن نموذج التربة ومنها يحصل على GMD .

$$GMD = \exp\left[\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \log \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}\right]$$

حيث تمثل W_i وزن التجمعات ضمن الحجم الذي له معدل قطر $\bar{X}_i$ ، $\sum_{i=1}^{n} W_i$ تمثل الوزن الكلي لنموذج التربة .

٤ – طرق تقييم ثباتية تجمعات التربة :

هناك عدة طرق يمكن من خلالها التعبير عن ثباتية التجمعات والتي تشمل :

١ – الثباتية ضد الهدم خلال التخل الرطب .
٢ – الثباتية ضد تصادم قطرات مياه الامطار .
٣ – الثباتية ضد التمزق خلال الغسل بالمحلول المخفف لكلوريد الصوديوم .
٤ – الثباتية ضد الغمر عند معاملة النموذج بمحلول كحولي او السوائل العضوية .

ان طريقة التخل الرطب استعملت بدرجة كبيرة لتقدير التوزيع الحجمي للتجمعات وثباتيتها . ان ثباتية التجمعات يمكن تقييمها بعدة طرق عند استخدام هذا التكنيك-لقد

وجد كل من Russall و Feng ١٩٤٧ علاقة بين ثباتية التجمعات وطول فترة التذبذب بانها دالة اسية عند تذبذب التجمعات في المناخل العمودية بالماء لفترات زمنية مختلفة والعلاقة موضحة في المعادلة :

$$\log W = a - b \log T$$

حيث تمثل W وزن التجمعات الثابتة في الماء ، T زمن التذبذب ، a هي لوغاريتم وزن النموذج عندما يكون زمن التذبذب صفر والتي يطلق عليها الثباتية الابتدائية ، b هي انحدار المنحني الخطي والذي يطلق عليه بمعدل التفرقة . فالتربة ذات الثباتية الابتدائية العالية ومعدل التفرقة الواطئ لها تجمعات ثابتة . يلاحظ ان التغير في معدل القطر الموزون من النخل الجاف الى النخل الرطب يمكن ايضا ان يتصف بالتجمعات الثابتة . ان الثباتية يمكن ان تقدر بواسطة ترطيب التجمعات ذات الاقطار ١ — ٢ ملم تحت المفرغة ، وبعدها توضع تحت النخل الرطب خلال منافذ بقطر ٢٥ , ٠ ملم لفترة ٥ دقائق وبعدها يطرح وزن كمية الرمل في التجمعات الباقية على الفتحات(Kemper ، ١٩٦٥) . ان فعل قطرات المطر على تفرقة التجمعات يكون واضحا في طريقة قطرات الماء (McCalla ، ١٩٤٤) والثباتية تقدر عن طريق عدد قطرات الماء ذات الاقطار ٧, ٤ ملم التي تسقط من ارتفاع ٣٠ سم على كتلة التربة والتي تحتاج لاكمال تحطم كتلتها . اما Emerson ، ١٩٥٤ فقد قدر ثباتية التجمعات لكتلة التربة عن طريق تقدير تركيز كلوريد الصوديوم والذي ادى الى تفرقة تجمعات التربة وجعلها عديمة النفاذية ، حيث ان كتلة التربة قد رطبت تحت جهد الشد ١٥ سم من ٥, ٠ بمحلول كلوريد الصوديوم وبعدها غسلت بنفس المحلول لغرض الاحلال التام بالكاتيونات الموجبة . يلاحظ بان التركيز الذي أدى الى تفرقة كتل التربة ، وعندما كانت النفاذية صفر يطلق عليه بالتركيز الحرج والذي يكون دليلا على ثباتية التجمعات ، حيث ان التركيز الواطئ يعطي اعلى ثباتية (مثال ذلك ان التركيز الحرج في التربة التي لم تسمد كان ٠,٠٣٤ ع واما في التربة المسمدة كان ٠,٠٠٥ ع في حين نجد التربة الحاوية على حشائش دائمية كان ٠,٠٠٣ ع)وعند تقدير مايحتاجه التركيز المفرد من كلوريد الصوديوم ،لوحظ بان ٠,٠٥ ع كان كافيا ليس فقط لارتباط التجمعات بل كان واطئا بدرجة لتقليل النفاذية . ان دليل الالتصاق او ثباتية التجمعات يكون مساويا الى نسبة $\frac{K_1}{K_2}$ حيث ان K_1 هي النفاذية البدائية لكتلة التربة قبل غسلها بثلاث اثار من كلوريد الصوديوم ذو العيارية ٠,٠٥ ع ، K_2 تمثل النفاذية النهائية بعد الغسل . ان معاملة التربة بالكحول والذي يؤدي الى احلال الهواء في المسام ليحد من ظاهرة التمدد . اما البنزين يقلل من ترطيب التجمعات كما هي مثبتة

بواسطة المادة العضوية عند مقارنتها بالترب الغنية في الطين . بينما الكحول يسلك سلوك الترب ذات النسبة العالية من التجمعات (مثال ذلك الترب غير المعاملة اعطت قيم مقدارها ٢,٤٢ ، ٦,٨٨ و ١,٣٦ كنسبة مئوية للتجمعات الاقل من ٠,٢ ملم على التوالي عند عدم معاملتها بالكحول او البنزين على التوالي) . في حين ان القيم للترب المعاملة بالاسمدة الخضراء كانت ٥,٣٢ ، ٥,١١ ، ٥,٦٩ ٪ . لذلك فدليل الثباتية يمكن تقديره بالاعتماد على المعادلة الاتية :

$$S = \frac{A + L}{\left(\frac{A_{wl} + A_{ww} + A_b}{3} \right) - 0.9\,(SG)}$$

حيث تمثل A + L اقصى كمية للدقائق ذات الاقطار الاكبر من ٠,٠٠٢ و والتي يتحصل عليها من نخل التجمعات الاقل من ٠,٢ ملم ، A_{wl} و A_{ww} و A_b هي التجمعات المعاملة بالكحول وغير المعاملة والمعاملة بالبنزين على التوالي ، SG تمثل دقائق الرمل الخشنة في نموذج التربة S تمثل دليل ثباتية التجمعات . لقد حصل على معامل ارتباط سالب وخطيا بين لوغاريتم S (ثباتية التجمعات) ولوغاريتم K (حيث ان K تمثل نفاذية التجمعات) .

مثال (١)

احسب معدل وزن أقطار تركيب التجمعات من البيانات الموضحة في الجدول الآتي ، مع العلم أن النسبة المئوية لهذه البيانات تمثل كتلة الأجزاء الجافة من التربة لكل مدى من مديات هذه الأقطار.

مديات اقطار التجمعات (ملم)	النخل الجاف (نسبة مئوية)		النخل الرطب (نسبة مئوية)	
	التربة البكر	التربة المحروثة	التربة البكر	التربة المحروثة
صفر – ٠,٥	١٠	٢٥	٣٠	٥٠
٠,٥ – ١,٠	١٠	٢٥	١٥	٢٥
١,٠ – ٢,٠	١٥	١٥	١٥	١٥
٢,٠ – ٥,٠	١٥	١٥	١٥	٥
٥,٠ – ١٠,٠	٢٠	١٠	١٥	٤
١٠,٠ – ٢٠,٠	٢٠	٧	٥	١
٢٠,٠ – ٥٠,٠	١٠	٣	٥	صفر

مديات أقطار التجمعات صفر– ٠,٥ ٠,٥ – ١ ١ – ٢ ٢ – ٥ ٥ – ١٠ ١٠ – ٢٠ ٢٠ – ٥٠

المعدل ٠,٢٥ ٠,٧٥ ١,٥ ٣,٥ ٧,٥ ١٥ ٣٥

تطبق المعادلة الاتية لحساب معدل وزن اقطار التجمعات

$$MWD = \bar{X} = \sum_{i=1}^{i=n} \bar{X}_i W_i$$

الحالة الاولى بالنسبة للنخل الجاف/ التربة البكر

معدل القطر الموزون = (٠,٢٥ × ٠,١) + (٠,٧٥ × ٠,١) + (١,٥ × ٠,١٥) + (٣,٥ × ٠,١٥) + (٧,٥ × ٠,٢) + (١٥ × ٠,٢) + (٣٥ × ٠,١)

= ٨,٨٥ ملم

الحالة الثانية بالنسبة للنخل الجاف / التربة المحروثة

معدل القطر الموزون = (٠,٢٥ × ٠,٢٥) + (٠,٢٥ × ٠,٧٥) + (٠,١٥ × ١,٥) + (٠,١٥ × ٣,٥) + (٠,١ × ٧,٥) + (٠,٠٧ × ١٥) + (٠,٠٣ × ٣٥)

= ٤,٣٠ ملم

الحالة الثالثة بالنسبة للنخل الرطب / التربة البكر

معدل القطر الموزون = (٠,٢٥ × ٠,٣) + (٠,١٥ × ٠,٧٥) + (٠,١٥ × ١,٥) + (٠,١٥ × ٣,٥) + (٠,١٥ × ٣,٥) + (٠,٠٥ × ٠,١٥) + (٠,٠٥ + ٣٥)

= ٤,٥٦ ملم

الحالة الرابعة بالنسبة للنخل الرطب / التربة المحروثة

معدل القطر الموزون = (٠,٢٥ × ٠,٥) + (٠,٢٥ × ٠,٧٥) + (٠,١٥ × ١,٥) + (٠,٠٥ × ٣,٥) + (٠,٠٤ × ٧,٥) + (٠,٠١ × ١٥) + (صفر × ٣٥)

= ١,١٦ ملم