المصدر:

علاقة التربة بالماء والنبات تأليف د. قتيبة محمد حسن

تخفيف اجهاد الرص والمعاوقة الميكانيكية Alleviating Compaction and Mechanical Impedance

مقدمة

يشير مصطلح المعاوقة الميكانيكية الى استجابة نمو جزء من أجزاء النبات الى التقييدات الحاصلة له في حجم معين من التربة.

هناك أربعة أنواع من الاستجابات وهي

1. معاوقة الجذر لاستكشاف حجم أكبر من التربة
2. التقييد الشعاعي للجذر أي بمنعه من التوسع قطريا
3. معاوقة الجزء الخضري للبزوغ
4. معاوقة الجسم الثمري عندما يكون دخوله الى التربة ضروريا لتطوير الثمار

تعاريف Definitions

ان نسبة حجم الفراغات الى حجم الجزء الصلب تسمى بنسبة الفراغ بينما تسمى نسبة حجم الفراغات الى الحجم الكلي للتربة المسامية. وان كتلة الجزء الصلب المجفف في الفرن في وحدة حجم التربة هي الكثافة الظاهرية. ان هذه المعايير الثلاثة هي جميعها تعتبر مقاييس لقابلية رص التربة والتي تعتبر بدورها حالة متغيرة. ان عملية زيادة قابلية التربة للرص تسمى برص التربة وهي سلوك ديناميكي للتربة.

نبذة تاريخية عن دراسة المعاوقة الميكانيكية History Mechanical Impedance

للمعاوقة الميكانيكية تاريخ طويل من الدراسات فقد عد بان الأساس الاول للتربية الجيدة للمحاصيل هو ان تحرث التربة بصورة جيدة والاساس الثاني هو ان تحرث مرة أخرى. وعلى فرض هذه الأسس تجهزنا بمهد رخو للبذرة أي مهد التربة الرخو مع مساماته العديدة الجيدة التهوية يسمح للجذور بالنمو بدون إعاقة كما يسمح لها بان تضع سطوح امتصاصها في تلامس مباشر مع حبيبات التربة من جهة ومع ماء التربة من جهة أخرى. وبهذه الطريقة فان الغذاء في البذرة يجهز بأكبر سطح جذري في أقصر وقت.

ثم حدثت ثلاث وقائع تركزت على دراسات المعاوقة الميكانيكية الأولى، فقد استنتج بان زيادة الكثافة الظاهرية تقلل من نمو الجذور حتى في الترب التي لا تعاني من مشكلة التهوية. والثانية فقد تأكد بان هناك فجوات رئيسة في معرفتنا بالمعاوقة الميكانيكية ونمو النبات وقدمت خطوط عريضة لسد هذه الفجوات. والثالثة هي ان

الدراسات الخاصة بضغط الجذر بينت بانه بإمكان النباتات ان تبدي ضغوطا تصل الى 2500 كيلو باسكال خلال النمو.

المبادئ الأساسية للمعاوقة الميكانيكية Basic Principles of Mechanical Impedance

تنمو الأعضاء النباتية في التربة عندما تتكون خلايا جديدة وعندما يكون ضغط الانتفاخ داخل هذه الخلايا كاف للتغلب على كل التقييدات المقابلة من جدران الخلايا ومن التقييدات الخارجية الناتجة عن مادة التربة المحيطة بها. ان الفرق بين ضغط الانتفاخ وتقييد جدار الخلية (للجذر) يعرف بانه ضغط نمو الجذر. ولأجل ان ينمو العضو النباتي لابد وان يكون ضغط النمو أكبر من المعاوقة المؤثرة على المقطع العرضي لهذا العضو.

وقد وجد بان اقطار المسامات تؤثر في بعض الاحيان على معدلات استطالة الجذور. فاذا كان المسام أكبر من طرف الجذر فان الجذر يستطيع ان يدخل المادة الصلبة. وإذا كانت المادة سهلة التدهور فان الجذور تدخلها وتنمو وتستمر بالنمو الى ان يؤثر على معدل استطالتها عامل اخر يختلف عن عوامل المعاوقة الميكانيكية حتى وان كانت المادة غير مسامية. وفي معظم الأحيان فان الجذور تنمو جزئيا من خلال المسامات البينية وجزئيا من خلال دفع دقائق التربة جانبيا.

ان الماء يكسر الاواصر التي تمسك دقائق التربة مع بعضها ويسبب تقليل حجم الوحدات التركيبية في الطبقة السطحية للتربة. ان عمليات الرش والجريان والترسيب تسبب إعادة ترتيب ورص هذه الوحدات حتى يتساوى سطح التربة من جديد ويغطى بدقائق ناعمة متراصة مع بعضها. وتتصلب هذه الطبقة عند الجفاف وقد تتشقق اعتمادا على نوع وكمية الطين. فاذا تكونت القشرة وجفت بعد الزراعة وقبل بزوغ البادرات فسوف يتأثر المجتمع النباتي بكامله. تبزغ البادرات خلال هذه القشرة اما بزيادة قطرها وبذلك تزيد من القوة اللازمة للاندفاع نحو القشرة او بانحناء الجزء الخضري ومن ثم نموه بصورة موازية لسطح القشرة حتى تواجه شق فتبزغ منه.

ان التقييدات الشعاعية للجذور او السيقان تنتج عن نمو الجذر او الساق خلال طبقة ذات قوة تماسك منخفضة. وعندما تجف هذه الطبقة وتكون طبقة متماسكة قوية تسبب المعاوقة الشعاعية. ان المطر او الري يعيد تبلل هذه الطبقة عادة ويقلل من قوتها بصورة مؤقتة الى ان تجف مرة ثانية. ان هذا النوع من المعاوقة يعتبر اشد قسوة في المناطق شبه الجافة بسبب قلة المادة العضوية في التربة وبسبب سرعة جفاف التربة. وبالرغم من الضرر الكبير الذي يسببه هذا النوع من المعاوقة موقعيا فانه يعتبر اقل سيادة من معاوقة الجذر الناتج عن الطبقات المرصوصة او معاوقة الجزء الخضري الناتج عن قشرة التربة.

الخواص الميكانيكية للتربة Mechanical Properties Of Soils

ترتبط الأصناف الأربعة من المعاوقة (استطالة الجذر والتقييد الشعاعي له وبزوغ الجزء الخضري ودخول الجسم الثمري الى التربة) بمستويات القوة الميكانيكية للتربة وتنشأ هذه القوة في الترب الزراعية عادة بسبب:

أ. ان الترب تتراص نتيجة قوى تضاف اليها خلال العمليات الزراعية والحراثة.

ب. فقدان جزئي لتجمع الدقائق اما بسبب الحراثة الزائدة او بسبب فقدان المادة العضوية.

ت. زيادة تماسك التربة مع بعضها بسبب فقدان ماء التربة في منطقة المعاوقة.

رص التربة Soil Compaction

ان مقاومة التربة للرص (الانضغاط او القص) تحسب بقوتها الميكانيكية وتتكون قوة التربة الميكانيكية من عنصرين الأول قوة التماسك والثاني قوة الاحتكاك. ان قيم هذين العنصرين تختلف بصورة كبيرة اعتمادا على محتوى الماء والتوزيع الحجمي للدقائق وشكل الدقيقة بضمنها الخشونة وعلى حجم المجموعة والتركيب الايوني في محلول التربة.

أسباب رص التربة Causes Of Soil Compaction

أ. التصلب الطبيعي خلال عمليات تكوين التربة

ب. الدوس او الوطء من قبل الحيوانات والانسان

ت. الانكماش الطبيعي للترب اثناء جفافها

ث. استجابة الترب للضغوط الناتجة عن العجلات او الأدوات الخاصة بالتربة وهناك سبب اخر وهو

هـ. تأثيرات ثقل قطرات الماء على مجاميع التربة الضعيفة اثناء التساقط او الري بالرش او الغمر.ان الانسان يستطيع التأثير بسهولة على العوامل ب و ث وهـ من خلال تجنب تسليط القوة او اتباع إدارة خاصة للعمليات أعلاه.

العواقب المترتبة على رص التربة Consequences Of Soil Compaction

عندما تتعرض التربة الى ثقل مسلط عليها كاف لرصها فان هناك أربعة عوامل يمكن ان تتغير بسبب هذه الثقل. وهذه العوامل هي:

1. انخفاض في محتويات التربة من السائل او الغازات في مساماتها
2. إعادة ترتيب دقائق التربة
3. تغير في ضغط السائل والغازات في المسامات البينية
4. انخفاض في حجم الدقائق الصلبة

الأدوات اللازمة لقياس الصفات الميكانيكية للتربة المرصوصة Devices To Measure Mechanical Properties Of Compacted Soils

لقد استخدمت أدوات عديدة لتقدير تأثيرات كثافة التربة الظاهرية ومحتوى الماء على الصفات الميكانيكية للتربة. وتشمل هذه الأدوات مقياس اختراقية التربة (بينتروميترات التربة) وريش القص ومكائن قوة الضغط غير المقيدة ومعامل الكسر ومكائن قوة الشد. ان كل هذه الطرائق تعطي نتائج تجريبية عند استخدامها للدراسات الخاصة بالمعاوقة. وينبغي ان يجري تعيير للنتائج مع قياسات فعلية لنمو النبات تحت ظروف المعاوقة قبل استخدامها للتنبؤ عن شدة المعاوقة.

ان مقياس اختراقية التربة (البنيتروميترات) استخدمت بمدى أوسع من الأدوات الأخرى لحساب تأثيرات كثافة التربة الظاهرية ومحتوى الماء على تغلغل الجذور. فبزيادة كثافة التربة الظاهرية او بانخفاض ماء التربة تزداد قيم الاختراقية.

القيم المحددة للمعاوقة الميكانيكية Limiting Values Of Mechanical Impedance

1.حدود نمو الجذور Root Growth Limits

ان جذور النباتات لا تدخل طبقات التربة ذات التركيب الكتلي بسبب زيادة مقاومة التربة الميكانيكية. ان زيادة المقاومة الميكانيكية للتربة تقلل من معدل استطالة الجذر أيضا. لقد أوضحت العديد من الدراسات بان القوة الكبيرة لطبقات التربة تقلل من كمية الجذور النامية في مقدات التربة في الحقل.

2.حدود بزوغ البادرات

تتأثر عملية بزوغ البادرات بالصفات الميكانيكية للتربة الموجودة فوق البذور. لقد وجد بان المحاصيل ذات البذور الصغيرة مثل البصل تتأثر بالمعاوقة الميكانيكية بسهولة أكثر من بعض المحاصيل الأخرى مثل القطن والذرة البيضاء.

القيم المحددة للمعاوقة الميكانيكية من ناحية الحاصل Limiting Values Of Mechanical Impedance For Crop Yield

1.معاوقة الجذور Root Impedance

ان من الاسهل تبيان العلاقة بين التأثير والسبب الموجودة بين طبقات المعاوقة الميكانيكية ونمو الجذور او بزوغ الأجزاء الخضرية مقارنة بتبيان مثل هذه العلاقة بين المعاوقة والحاصل. وهناك أسباب عديدة لذلك. منها ان النباتات تحتاج الى الماء والعناصر الغذائية المعدنية الضرورية والاسناد من التربة. فاذا لم تؤدي طبقات التربة المعاوقة الى زيادة اجهادات النبات بسبب نقص في احدى هذه الأسباب عند أي وقت بين البزوغ والنضوج الفسيولوجي، فان المعاوقة سوف لن تؤثر على الحاصل. هذا من جهة ومن جهة أخرى فقد بينت التجارب بان المعاوقة الميكانيكية تختزل من نمو الجذور. الا ان هذه التجارب أجريت في المختبر تحت ظروف متجانسة مسيطر عليها بصورة محكمة. ان هذه الظروف لا يمكن الحصول عليها في الحقل حيث تنجز

التجارب الخاصة بالحاصل. وبالرغم من هذه الصعوبات فان العديد من التجارب قد بينت بان غلة المحصول تنخفض بزيادة قوة طبقات او حجوم التربة. تستطيع الجذور ان تواجه الطبقات المتراصة عندما يكون محتوى الماء فيها عند السعة الحقلية وعليه فأنها تكون عند أوطأ معاوقة ميكانيكية. وعند حصول هذه الحالة فبالإمكان تقدير المعاوقة الميكانيكية من الكثافة الظاهرية للتربة. ويمكن إعطاء حكم عام (مع وجود العديد من الاستثناءات) على ان الكثافة الظاهرية التي تصل الى 1.55، 1.65، 1.80، 1.85 غم/سم^3 تعيق بدرجة كبيرة نمو الجذور وعليه فإنها سوف تخفض من غلة المحاصيل النامية في التربة المزيجة الطينية والمزيجة الغرينية والمزيجة الغرينية الناعمة والرملية الناعمة المزيجة على التوالي.

2.بزوغ البادرات والتقييد الشعاعي وتغلغل الجسم الثمري

لا توجد تجارب محددة منجزة لتقدير مستويات المعاوقة التي تخفض من الحاصل كنتيجة للتقييد الشعاعي لنمو الجذور او كنتيجة للنقص الحاصل في مقدار تغلغل الاجسام الثمرية في التربة.

تجنب معاوقة الجذر Evading Root Impedance

لقد استخدمت العديد من الطرائق للتقليل من تأثيرات المعاوقة الميكانيكية على انتاج المحاصيل. ولكي تتم معرفة وحساب نوعية الإجراءات الواجب اتخاذها لنجاح كل من هذه الطرق لابد من اختبارها على الموقع المطلوب بصورة دقيقة.

1.السيطرة على حركة المرور. Controlled Traffic

لقد اتضح نجاح تجنب المعاوقة الميكانيكية التي يلاقيها النبات في الأعماق السطحية من الأرض وذلك بالتحكم بحركة المرور عليها. ويتم عند اتباع هذا الأسلوب عمل ممرات ضيقة على جوانب الحقل لاستخدامها في مرور جميع أنواع المركبات.

2.التحكم بمحتوى الماء. Water Content Control

تزرع نباتات المحاصيل في المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم غالبا عندما تكون التربة في طبقة الحراثة عند محتوى رطوبي اقل من السعة الحقلية ولكنه كاف لعملية الانبات. وبما ان المعاوقة الميكانيكية هي دالة لكل من الكثافة الظاهرية للتربة ولمحتوى الماء فيها. فان الطبقات ذات المحتوى المنخفض من الماء تعاوق في بعض الأحيان جذور النباتات الى ان يحين موعد سقوط الامطار او الري وعند إضافة الماء فان قوة التربة تنخفض ويزداد مقدار تغلغل الجذور فيها. ان الري الإضافي او الجريان السطحي للماء الموجه الى المناطق المزروعة يعتبر أداة إدارة التربة لا تسبب زيادة تجهيز الماء الى مقد التربة فحسب بل تجعل هذا الماء أكثر جاهزية عن طريق زيادة تغلغل الجذور خلال طبقات التربة القوية.

3. تكسير طبقات التربة الصلدة بوساطة الماءSoil Pan Shattering by Plants

هناك العديد من النباتات لها القدرة على تكسير طبقات التربة الصلبة ومنها الجت والبرسيم الحلو.

4.تحوير التربة لتقليل قوتها الميكانيكية وذلك عن طريق

أ. اضافة المادة العضوية Adding Of Organic Matter

ان خلط المادة العضوية في التربة له تأثيرات عديدة على النمو والحاصل وتتضمن هذه التأثيرات ما يلي:

أ. خفض الكثافة الظاهرية الكلية للتربة

ب. تثبيت او إطلاق النتروجين

ت. تكوين المجاميع والمواد المثبتة للمجاميع في التربة

ث. زيادة تراكم غاز ثاني أوكسيد الكاربون في التربة والهواء

ج. زيادة اعداد دودة الأرض او المجاميع الحيوانية الأخرى

ح. تغير قيمة الاس الهيدروجيني

ب. اضافة الاليكتروليتات المتعددة Adding Of Polyelectrolytes

تؤدي إضافة هذه المواد الى التربة الى زيادة تجميع دقائق التربة وتساعد التربة على مقاومة الرص.

ج. ادارة دودة الارض Earthworm Management

د. اضافة الكلس

ان إضافة الكلس للأغراض الزراعية قد زاد من قوة التربة عند محتويات ماء متساوية ودلائل مطاطية اعلى. لقد استخدم مهندسي التربة في السنين الأخيرة معدلات عالية جدا من الكلس (3−30%على أساس الوزن) لتبيت الترب في الطرقات والسدود وتحت المنشآت. ان المعدلات العالية من الكلس الكافية للتأثير بصورة جوهرية على التخثر وتجمع الدقائق وزيادة قوة التربة الطينية المجواة تقلل من نمو النبات. ان هذا الانخفاض بالنمو يمكن التغلب عليه في بعض الأحيان بإضافة العناصر الغذائية للتربة.

5.ادارة التربة الحاوية على القشرة لتقليل معاوقة الجزء الخضري

1. تجنب القشرة Evading Crust

يكون تركيب التربة في الطبقة السطحية رقيقة (عدة مليمترات) لجميع الترب تقريبا مختلفة بصورة جوهرية عن الطبقة التي تحته. ان لهذه الطبقة عدد اقل من المسامات الكبيرة وكثافة ظاهرية اعلى وغالبا ما تحتوي على دقائق منتظمة بشكل صفائحي. ان هذه الطبقة غالبا ما تكون أكثر صلابة من بقية التربة بسبب جفافها بصورة أسرع وبسبب كثافتها الظاهرية العالية وغالبا ما تقلل من بزوغ البادرات او تمنع ذلك في بعض الأحيان.

ان اهم الطرق المناسبة لإدارة الترب الحاوية على القشرة هي تجنب تكوين هذه القشرة. وبما ان طرائق الري تؤثر على تكوين القشرة السطحية لذلك ينبغي اختيار طريقة ري بحيث لا تسبب تشبيع التربة التي تغطي بذور

المحاصيل بالماء. ان طريقة الري بالمروز تسبب تكوين القشرة بصورة اقل من طريقة الري بالألواح وذلك لان الأخيرة تؤدي الى تشبيع التربة بصورة أكثر مما تسببه الطريقة الأولى. كما وجد ان طريقة الري بالرش الأقل شدة يقلل من تكوين القشرة مقارنة بالري بالرش بشدة عالية.

هناك وسائط أخرى لتجنب مشكلة تكوين القشرة الا وهي حماية سطح التربة من تكوينها عن طريق ترك مخلفات المحصول السابق في الحقل.

2. زيادة البزوغ عند موقع تكوين القشرة

إذا كان بالإمكان الحفاظ على سطح التربة الحاوية على قشرة بصورة رطبة فان قوة القشرة تبقى منخفضة وتكون كافية لبزوغ البادرات ويمكن استخدام أنظمة الري بالرش مع فتحات رش ناعمة او دقيقة وبمعدلات إضافة منخفضة لتحقيق هذا الغرض. وفي بعض الأحيان وفي حالة زراعة البذور على جوانب المروز فانه بالإمكان اجراء عملية الري بطريقة بحيث يتم تبليل القشرة الموجودة فوق البذور مباشرة بالجريان غير المشبع بالماء الى الأعلى من بطن المرز ان هذه الطريقة تقلل من قوة القشرة.

الأدوات المستخدمة لتحوير المعاوقة الميكانيكية

ان أسرع وأكثر الطرق تكاملا لتحوير التربة التي تسبب معاوقة النبات هي طريقة الفلاحة او الحراثة الميكانيكية. ومنها المحاريث القلابة، المحراث القرصي القياسي، المحراث القرصي العمودي، محاريث تحت التربة السطحية، الممهدات القرصية، الممهدات النابضية السن، الممهدات المساميرية السن، الحادلات، وغيرها