المصدر:

علاقة التربة بالماء والنبات تأليف د. قتيبة محمد حسن

تخفيف الاجهاد الحراري Alleviating Temperature Stress

لقد شخص علماء الزراعة والمهندسون منذ زمن بعيد بان درجة حرارة التربة والهواء مهمة جدا وغالبا ما تعتبر من العوامل الحرجة لنمو النبات وانتاجه. ان التحوير الناجح لدرجة حرارة التربة يتطلب معرفة ما يلي:

1. الميكانيكيات التي تتحكم بدرجة حرارة التربة
2. العلاقة بين درجة حرارة التربة ونمو الجذور ومكونات النبات المرغوبة
3. تأثيرات التطبيقات الزراعية على درجة حرارة التربة

ميكانيكيات واسس التحكم بدرجة حرارة التربة

تعتمد درجة حرارة التربة على التوازن الاشعاعي عند سطح الأرض وعلى التدفق الحراري في التربة وعلى تدفق ماء التربة.

التوازن الاشعاعي عند سطح الأرض

يعتبر الاشعاع القادم من الشمس المصدر الرئيس للحرارة المؤثرة على درجة حرارة التربة، ولا يصل كل الاشعاع الشمسي المباشر من خارج الأرض الى سطح الكرة الأرضية بسبب انعكاس وامتصاص وإعادة اشعاع كثير منه بشكا اشعاع حراري او بسبب تناثره وانتشاره في جو الأرض.

الاشعاع الحزمي المباشر

ان شدة الاشعاع الشمسي المباشر التي تصل مساحة افقية على سطح الأرض تتأثر بالارتفاع الشمسي وبخط العرض الأرضي وبالميل الزاوي الشمسي وبزاوية الساعة الشمسية وباتجاه نصف قطر المسافة بين الشمس والأرض وأخيرا بمعامل نقل الجو.

الاشعاع المنتشر والاشعاع الحراري

تعتبر عناصر الاشعاع المنتشر والحراري عند سطح كرة الأرضية أصغر بكثير من عنصر الاشعاع المباشر. ان الجسم الأسود الجيد الامتصاص خو أيضا جسم اسود جيد الانبعاث وتعتبر كل النباتات والترب والرمل والثلج والغيوم ذات مواصفات الجسم الأسود فقد تشع الغيوم عند درجة حرارة صفر مئوية من الاشعاع الحراري باتجاه الأسفل الى سطح التربة.

معامل الانعكاس

ان السطح المبلل سواء كان تربة او غطاء نباتي يعكس اقل مما يعكسه السطح الجاف وان انعكاس البقايا النباتية يكون نوعا ما أكبر من سطوح التربة.

ان كل من درجة الخشونة الدقيقة او العشوائية الناتجة من مجاميع التربة او درجة الخشونة على المقياس الأكبر الناتجة من عمليات الحراثة تسبب تغيرات في مقدار الانعكاس الخاص بالتربة غير المزروعة. خشونة التربة وسيلة لإدارة درجة حرارة التربة عندما لا يوجد غطاء نباتي فوق التربة.

خلاصة إدارة التوازن الحراري

ان بالإمكان تحوير الصفات الحرارية للتربة بخمسة طرائق وهي

1. تغيير مقدار الانعكاس
2. تغيير الايصالية الحرارية
3. تغيير السعة الحرارية
4. تحوير مقدار الفقد في الحرارة المحسوسة
5. تغيير شكل وميل او واجهة سطح التربة

ان بالإمكان تغيير قابلية التربة على عكس الاشعة وذلك بتغيير لونها. ان الإضافات السطحية من المواد المختلفة تمتد من الرمل الفاتح اللون او الطباشير الى البقايا النباتية والى غبار الفحم. كذلك فان تغيير محتوى التربة من الماء يؤثر على لونها. إضافة الى ذلك فان تغيير مقدار خشونة سطح التربة يؤثر أيضا على قابلية عكس الاشعة. ان الايصالية الحرارية والسعة الحرارية ربما يمكن تغييرها بسهولة جدا عن طريق تغيير محتوى ماء التربة ومساميتها (الكثافة الظاهرية). ان النسجة تؤثر أيضا على الايصالية وعلى السعة الحرارية ولكن تغييرها لا يعتبر سهلا تحت الظروف الحقلية الا عندما يتم خلط افاق التربة المختلفة النسجة مع بعضها بالحراثة العميقة. ان تحوير التبخر عن طريق التكسية والحراثة هو الذي يحدد والى درجة كبيرة مقدار الاشعاع المتوفر لتسخين التربة. ان تغيير شكل سطح التربة يؤثر على زاوية الاشعاع الساقط وعلى بزل الماء.

تغايير خواص التربة

الترب الزراعية غالبا ما يكون لها طبقة سطحية مفككة نسبيا تقع فوق طبقة أخرى او أكثر من الطبقات التحتية وقد تختلف عنها بخواصها اختلافا جوهريا من ناحية النسجة والكثافة الظاهرية ومحتوى الماء. وحتى الترب غير المزروعة فأنها تكون غير متجانسة مع العمق. وقد تمتلك البراري البكر طبقة سطحية رقيقة ذات محتوى عالي نسبيا من المادة العضوية تؤثر بدورها على مقدار الانعكاس من التربة وعلى ايصاليتها وسعتها الحرارية.

استجابة الانبات والبزوغ لدرجة حرارة التربة

يتم انبات البذرة السليمة عندما يبزغ الجذير (الجذر الجنيني) من تركيب غطاء البذرة. ويتم البزوغ عندما يخرج الجزء الخضري الفتي من خلال سطح التربة. ان عملية الانبات تعتبر حساسة لدرجة حرارة التربة وذلك لان تشرب البذرة بالماء يتطلب نشاطا انزيميا وتنفسيا له سرعة استجابة دالا على العمليات الكيميائية والحيوية الجارية. ويجب ان تكون المادة قابلة للحركة والانتقال الى نقاط النمو. ان للنمو خلال فترة الانبات – البزوغ قيمة عالية من سرعة الاستجابة ربما بسبب الفعالية الانزيمية اللازمة لتحريك الغذاء المخزون في البذرة. ويكون نشوء الجذر في هذا الطور او المرحلة حرجا كما تكون نسبة الجزء الخضري الى الجذور اقل خلال هذه الفترة وخلال فترة التحضير المبكرة مقارنة بنهاية مرحلة النمو الخضري.

نمو الجذور والاستجابة لدرجة حرارة التربة المثلى

يشمل حساب الشكل النهائي للنظام الجذري على كل من التفرعات الجذرية واستطالة المحاور الجذرية الفردية. لقد اشارت العديد من المراجعات العلمية الحديثة الى ان معظم الأنواع النباتية لها درجة حرارة مثلى للوصول الى اقصى معدل لاستطالة الجذر. وقد أظهرت التفرعات الجذرية استجابة مشابهة وعليه فان درجات الحرارة المثلى لأقصى انتاج من مادة الجذر للعديد من الأنواع النباتية يتراوح بين 20 و30 مْ. وكما توجد فروقات في معدل استجابة استطالة الجذر وتفرعاته لدرجة حرارة ضمن الاجناس المختلفة للنباتات فان هناك اختلافات أيضا بين الأنواع ضمن الجنس الواحد وبين الأصناف المحلية ضمن النوع الواحد.

نمو الجذر وتطرف درجات حرارة التربة

ان العديد من المحاصيل النامية في المناطق المعتدلة لها فصل نمو ينحصر في نهايته بدرجات حرارة منجمدة. اما المحاصيل النامية في المناطق الاستوائية فأنها غالبا ما تتعرض الى عالية لحرارة التربة على الأقل عند بداية او نهاية فصل النمو. ان الميكانيكيات المقترحة التي تكون سببا في حدوث الاضرار عند درجات الحرارة التي تزيد على درجات حرارة التربة المثلى هي

أ. المعل الأعلى لسرعة التفاعل. فان فعل الكتلة قد يتقلص بسبب استنزاف واستهلاك المواد المتفاعلة او بسبب تركم نواتج التفاعل.

ب. الانحلال المعجل لنواتج الايض الحيوي والانزيمات والمواد الأخرى المنظمة للنمو

ت. الاخلال في معدلات سرعة التفاعل للعمليات المختلفة

ان البروتينات الموجودة في الانزيمات تعتبر حساسة بصورة خاصة لدرجات الحرارة العالية. وان التنفس قد يسبب التجويع للنبات عند درجات الحرارة العالية مالم تتعجل عملية التركيب الضوئي.

درجة حرارة التربة المتوسطة لفعالية الجذور

ان وظائف الجذر هي أيضا تعتمد على درجة الحرارة. ان وظائف الجذر هذه تتحكم بتجهيز الماء والعناصر الغذائية للجزء الخضري وتتوسط قوة المستجمع للمواد المنتجة بعملية التركيب الضوئي في الجزء الخضري.

امتصاص الماء

تؤثر درجة الحرارة على امتصاص الماء بعدة طرائق، ان لزوجة الماء عند حرارة 25 مْ هي حوالي نصف لزوجته عند درجة حرارة صفر مئوي. اضافة الى ذلك فان زيادة درجة الحرارة تزيد من نفاذية الغشاء الخلوي والفعالية الحيوية (الايض).

ان حركة الماء داخل النبات ومن ثم خروجه منه عن طريق النتح تتأثر أيضا بدرجة حرارة الجذر.

امتصاص العنصر الغذائي وانتقاله وتمثيله

قبل ان يصبح أي عنصر غذائي مندمجا مع الجزء الخضري لابد وان يتواجد خارج الجذر بشكل جاهز للجذر أي جاهز ليؤخذ ويمتص بوساطة الجذر ومن ثم يتم تمثيله في بعض فعاليات النمو الحيوية قبل او بعد انتقاله الى الجزء الخضري ويؤثر تمثيل هذه العناصر في عمليات النمو الحيوية داخل النبات. ان نواتج عملية التركيب الضوئي وبصورة رئيسة السكريات والنشويات يجب ان تنتقل بعيدا عن الجزء الخضري(الأوراق) الى مستجمع مثل الجذور. كما يحتمل ان تنتج الجذور بعض المواد المنظمة للنمو وان انتاجها وانتقالها الى الجزء الخضري قد تتحكم به درجة الحرارة.

التفاعلات بين نمو الجذور ونمو الجزء الخضري والحاصل

غالبا ما يعرف النمو بانه عبارة عن زيادة دائميه في الوزن او الحجم للنبات ككل. ان هذا التعريف يعتبر تعريفا مبهما جد لغرض تبيان السبب والتأثير. وقد يكون عديم المعنى بالنسبة للمزارع الذي يرغب في تسويق جزء معين من النبات فقط. الا انه يعطي معنى للعلاقات بين الجذور والاجزاء الخضرية وتأثيرات درجة الحرارة على عوامل نمو الجذر التي تؤثر على الحاصل. ان نواتج عملية التركيب الضوئي مثل الكربوهيدرات تنتج في الجزء الخضري من النبات بينما تمتص العناصر الغذائية المعدنية والماء بوساطة الجذور. ان العلاقات بين

المصدر والمستجمع تتحكم الى حد ما بتجزئة وانتقال نواتج عملية التركيب الضوئي الى الجذور وانتقال العناصر الغذائية والماء الى الأجزاء الخضرية وتتحكم بعض الهرمونات النباتية بالتجزئة النهائية لمثل مواد النمو هذه.

المحاصيل الورقية ومحاصيل الحبوب

ان درجة حرارة التربة المثلى لحاصل النبات تتأثر بمقدار تجهيز الماء والعناصر الغذائية ومرحلة النمو وبنوع النبات وبمعدل وفترة تغير درجة حرارة التربة (اليومية والفصلية) وبالعوامل البيئية الأخرى.

التداخل مع العوامل الأخرى لمحيط التربة

ان العديد من العوامل الأخرى لمحيط التربة بإمكانها ان تتداخل مع درجة الحرارة وتؤثر على نمو الجذر وحتى انها في بعض الأحيان قد تمسخ تأثيرات التربة. ان لأحياء التربة المجهرية غالبا درجات حرارة مثلى مشابهة لتلك الدرجات المثلى لنمو الجذر وعليه فان تتنافس مع الجذور على العناصر الغذائية والاوكسجين. وقد تمسخ بعض الاحياء المرضية الضارة استجابة محبذة متوقعة لدرجة حرارة معينة من النمو الجذري.

ان درجة حرارة التربة المثلى لنمو بكتريا العقد الجذرية (الرايزوبيا) وتثبيت النتروجين بطريقة تعايشيه تتزامن بصورة عامة مع درجة الحرارة للنبات البقولية المضيف. ان عملية النترجة التي يتم بوساطتها تحويل نتروجين التربة الى الشكل الجاهز للامتصاص من قبل النبات لها درجات حرارة مثلى مشابهة لهذه الدرجات. ومن جهة أخرى فان لرص التربة تأثير اخر على نشوء وتطور العقد الجذرية وقد يمسخ تأثيرات درجة الحرارة. إضافة الى ذلك رص التربة قد يؤدي الى تغيير استجابة التفرعات الجذرية لدرجة الحرارة ويغير بدرجة كبيرة من امتصاص العناصر الغذائية. وعليه فان تداخل درجة حرارة التربة مع عوامل محيط التربة الأخرى يؤدي الى تعقيد تحديد السبب والتأثير تحت الظروف الحقلية.

تحوير درجة حرارة محيط التربة

ينبغي على المنتج او الباحث الراغب في تحوير درجة حرارة محيط التربة ان يحسب ما يلي:

أ. متى تكون درجة حرارة التربة محددة لإنتاج المحصول

ب. كيفية تحوير درجة حرارة التربة

درجة حرارة التربة المثلى تعتمد على استجابة النبات المطلوب وعلى مرحلة نموه. بينت الأبحاث الحقلية المكررة بان هناك علاقة قوية بين درجة حرارة التربة والانبات ونشوء الورقة والنمو المبكر.

المعايير الحقلية للتحوير

ان من السهولة جدا إدارة درجة حرارة التربة عن طريق معاملتها بمواد تضاف اليها قبل الزراعة او بفترة قصيرة بعدها. ان استجابة درجة حرارة التربة للمعاملات تعتبر بصورة عامة استجابة انية. فقد تبين انه بالإمكان تغيير درجة حرارة التربة على عمق 50 سم خلال ثلاثة أيام بعد الحراثة.

تحوير درجة حرارة التربة

أ. الكساء

1. البقايا النباتية على سطح التربة

ربما يعتبر الكساء السطحي من اكثر الطرائق فعالية لغرض تحوير درجة حرارة التربة. وتعتبر البقايا النباتية من اكثر المواد شيوعا للتكسية. ان كمية البقايا المتوفرة بعد عملية الحصاد تخضع عادة الى عملية حراثة واحدة على الأقل قبل الزراعة واعتمادا على نظام الحراثة فقد تترك مقادير مختلفة منها على سطح التربة او قربه.

ان البقايا النباتية التي تضاف الى سطح تؤدي الى تغيير درجة حرارة التربة بدرجة رئيسة عن طريق تغيير معامل الانعكاس وبذلك يتغير التوازن الاشعاعي عند سطح التربة وعليه يصبح الجزء المغطى من سطح التربة بالبقايا النباتية مهما.

ان فعالية الكساء تنخفض مع الزمن لاسباب عديدة فقد يزداد لون البقايا النباتية غمقا بصورة عامة مع العمر وعليه فانه يقلل من معامل الانعكاس. ان البقايا النباتية تتفسخ مع الوقت وان معدل سرعة التفسخ يعتمد على الظروف المناخية وعلى نوع البقايا النباتية. وهناك عامل اخر يقلل من فعالية الكساء مع الزمن الا وهو الغطاء النباتي النامي الذي يقلل من طاقة الاشعاع عند سطح التربة. كذلك فان الترب تصبح اكثر جفافا مع تقدم فصل النمو وعليه يكون لها انعكاسا اكبر ويقلل بدوره من فروقات معامل الانعكاس بين التربة المكشوفة والتربة المغطاة بالبقايا النباتية.

2. أنواع أخرى من الكساء

ان الكساء البلاستيكي (المطاطي) بإمكانه ان يحور من درجة حرارة التربة عن طريق تغيير معامل الانعكاس وكمية الحرارة المستخدمة للتبخر.

ب. الحراثة

قد يؤثر الحرارة على درجة حرارة التربة بطريقة او اكثر من الطرائق التالية

- ❖ قد يؤثر سطح التربة الخشن على انعكاس الطاقة الاشعاعية والتبادل المضطرب عند السطح.

- تكوين المجاميع والمسامية والمحتوى الرطوبي (الجفاف المألوف الناتج عن الحراثة) جميعها تؤثر على الصفات الحرارية للتربة مثل الايصالية والسعة الحرارية.
- غالبا ما يظهر فرق في الحراثة (وحركة العجلات) بين مناطق الخطوط والمناطق الواقعة بينها. وقد يستخدم مهد البذرة أيضا لتسهيل العمليات الزراعية او عمليات الحصاد. ان درجات حرارة التربة في هذه الاشكال من السطوح تتاثر عن طريق التعرض لطاقة الاشعاع المباشرة.
- ان كل نوع من أنواع الحراثة غالبا ما يؤدي الى تكوين صفات سطحية لبقايا النباتات تؤثر بصورة خاصة على انعكاس الاشعاع قصير الموجة.

ان الحراثة تغير بسهولة العديد من خواص التربة ضمن الطبقة المحروثة والتي تؤثر بدورها على الصفات الحرارية للتربة. ان هذه الصفات هي المحتوى الرطوبي والمسامية الكلية واقطار المجاميع والمسامات بينها. واعتمادا على عمق الحراثة ومقدار خلط البقايا النباتية فان المكونات المعدنية والعضوية للتربة قد تتغير.

ان المسامية الكلية للتربة تتأثر أيضا بأنظمة الحراثة. وبصورة عامة فان الحراثة الثانوية تقلل ولكن ليس دائما من مسامية طبقة المحراث بينما بينت الزراعة المتأخرة اتجاهات غير متوافقة.

ان مقارنة معاملة الحراثة بدون كساء مع المعاملة التي أضيفت اليها البقايا النباتية بينت بان البقايا النباتية أدت الى اختزال الاشعاع الصافي والجريان الحراري في التربة. وقد لوحظ بان التبخر قد اختزل نتيجة إضافة البقايا النباتية في اليوم الأول فقط الذي تبعه سقوط امطار غزيرة.

جـ الري والبزل

ان الري والبزل هما بصورة عامة عمليتي إدارة للسيطرة على ماء التربة ولكن لهما أيضا تأثير جوهري على درجة حرارة التربة. وبما ان للماء سعة حرارية اعلى وايصالية حرارية اعلى من الهواء فان التربة المبللة بصورة عامة تكون أبرد من الجافة. ان الكثير من الطاقة الاشعاعية الساقطة على ترب مبللة تذهب الى تسخين الماء او الى تبخره تاركة التربة المبللة أبرد من التربة الجافة. ام بزل التربة فانه يؤدي بصورة عامة الى حصول زيادة في درجة حرارة التربة والتي تكون صفة مرغوبة وتعتبر هذه الحالة واضحة على مستوى المقياس الدقيق مع التطبيقات الزراعية الخاصة بعمل المروز او المرتفعات الأكبر. كذلك فأنها واضحة على المقياس الكبير حيث تكون الطبقة السطحية مبزولة بصورة جيدة أكثر سخونة وبمقدار 3 الى 7مْ مقارنة بالترب غير المبزولة. ان الري يؤدي الى خفض درجة حرارة التربة. اما الماء الأرضي الذي يعتبر مصدر رئيس اخر لماء الري فيكون عادة ذا درجة حرارة اقل بعدة درجات من المتوسط الفصلي لدرجة حرارة الهواء وهذا يعني انه يكون

عادة أبرد من التربة التي يضاف اليها. ان التأثير الرئيس لتبريد التربة بماء الري سببه هو التبريد الناتج عن التبخر وليس عن التأثير المباشر للماء البارد المضاف. ان لتكرارية الري تأثير على درجة حرارة التربة. ان بالإمكان استخدام هذه العلاقة لإدارة درجة حرارة التربة بصورة أكثر كفاءة. على سبيل المثال لغرض تشجيع النمو السريع لبراعم البطاطا بالإمكان المحافظة على فترات ري طويلة تؤدي الى تبريد اقل للتربة. اما عندما تنشأ الدرنات ويستجيب النمو بصورة جيدة للتربة الابرد فبالإمكان استخدام ريات متكررة للحفاظ على درجة حرارة التربة بمستوى اقل.

تأثير ظلة المحصول

ان الاختلافات العديدة في درجة حرارة التربة التي تظهر في بداية الفصل يبطل تأثيرها بوساطة غطاء ظلة المحصول وذلك بسبب احتمال احتفاظه بكمية محسوسة من الاشعاع القادم. ان زيادة الخصوبة تؤدي الى زيادة النمو الورقي وزيادة تظليل النبات وبذلك تؤدي الى خفض درجة حرارة التربة. ان درجة حرارة التربة تحت مرج غير مظلل كانت عند منتصف النهار اكثر بمقدار سبعة درجات مئوية من درجة الحرارة تحت ظلة غابة من الصنوبر. ان هذا الفرق في درجة حرارة قد يكون عاملا مهما عندما تزرع محاصيل قصيرة بين محاصيل أطول في أنظمة الزراعة المتعددة.

إدارة المخلفات

ان طرق تحوير درجة حرارة التربة التي يعتقد بانها سوف تصبح أكثر شيوعا في المستقبل هي طرق استخدام مواد المخلفات ان إضافة حمأ المجاري الحاوية على 24% مادة عضوية أدت الى خفض الايصالية الحرارية للتربة الا انها أدت أيضا الى زيادة الحرارة النوعية بسبب زيادة محتوى الماء فيها. وسبب ذلك هو انخفاض درجة حرارة التربة العظمى على عمق 15 سم بمقدار 3مْ وارتفاع درجة حرارة التربة الدنيا بمقدار 4مْ في الالواح التي اضيف لها 900 طن/هكتار حمأة مقارنة بالألواح التي لم تضاف لها الحمأة.

ان الحرارة الضائعة بشكل ماء حار من مشاريع توليد الطاقة تعتبر طريقة مهمة لتحوير درجات حرارة التربة. فقد وجد بانه عند تدوير الماء الحار الضائع في انابيب خلال التربة ازدادت درجات الحرارة بمقدار 5–10مْ عند سطح التربة وبمقدار 8–11مْ عند عمق 20 سم. ان بإمكان هذه الزيادة ان تجعل بصورة معنوية من الانبات ومن ثم زيادة النمو المبكر. ويحتمل حصول زيادة في الحاصل بمقدار 30–40% باستخدام هذه الطريقة. ان مثل هذه الطريقة من استخدام المخلفات قد تكون عملية لمحاصيل معينة ولبساتين الخضر والبيوت الزجاجية والمشاتل.

الغطاء الثلجي

ان الغطاء الثلجي يقلل من التوصيل الحراري الى سطح التربة. ويستخدم كمستجمع للتدفقات الحرارية عند كلا السطحين العلوي والسفلي للغطاء. ان فعالية العزل للغطاء الثلجي تعتمد على كثافته وسمكه.