

## أهمية السيليسيوم

حوار مع البروفيسور ديرك فان دين بيرغ

### السيليسيوم : المكوّن الناقص

يكتسي السيليسيوم أهمية قليلة في مجال الزراعة، ولن يتم إعطاؤه ما يستحقّ من الإهتمام إلا إذا ما تمّ فهم تقنية إضافته إلى التربة. في الماضي، كان الأشخاص يظنّون أن الحاجة إلى السيليسيوم لم تتعدّى كونه مكوّنًا عاديًا تتم إضافته إلى التربة، أما الآن فقد زادت أهميته وأصبح مكوّنًا هامًا جدًا يُضاف إلى النباتات ليُحسّن وظائفها.

يذوب في الماء ويتواجد في التربة بكمياتٍ صغيرة جدًا. يتكوّن حمض السيلييك من جسيمٍ صغير جدًا ينشط بيولوجياً فقط على شكل حمض الأورثوسيليسيك OSA. هذا الحمض تتغذى عليه النباتات بجرعاتٍ ذات تشبّعٍ صغير لكن لها دورٌ حيويّ جدًا في نموّ النبتة "وصحة الحيوانات أيضاً". تحتاج الكائنات الحيّة إلى حمض الأورثوسيليسيك OSA وليس إلى عنصر السيليكات.

### دورة حياة السيليسيوم ضد دورة حياة الكربون

ترتبط دورة حياة السيليسيوم مباشرة بدورة حياة الكربون المفهوم بشكلٍ كبير. بدون سيليسيوم لا يمكن أن تُوجد حياة. الجسيمات التي تعتمد على السيليسيوم في تغذيتها كالثنائيات الذرة والتي تعيش وتتكاثر في الطبقة العليا من المحيطات وتُمثل أكثر من 50 بالمئة من الجسيمات المنتجة للكربون.

ترتبط دورة حياة السيليسيوم مباشرة بدورة حياة الكربون، ويبقى المكون الرئيس هو حمض الأورثوسيليسيك، الذي تعتمد عليه الجسيمات الثنائية الذرة لصنع غشائها الخارجي الصلب. عندما تنفق هذه الجسيمات، فإنها تغرق إلى قعر البحار وتبدأ في التحلّل رويدا رويدا، لتتشكّل أخيرا نوعا من الرواسب الثنائية الذرة. هذه الرواسب عند إتصالها بأحماضٍ فإنها تُفرز مركّزا خفيفا من حمض الأورثوسيليسيك والذي يصعد بعد ذلك إلى سطح مياه البحار. في نفس الوقت، تتغذى جسيماتٌ أخرى على ثنائية الذرة ويدخل السيليسيوم في دائرة الهرم الغذائي. تُعتبر ثنائية الذرة من بين أول أشكال الحياة التي ظهرت على وجه البسيطة، ويعتمد كثيرٌ من الباحثين عليها لدراسة دورة حياة السيليسيوم. وإذا ما قمنا بمقارنة البحار التي تعجّ بأشكال الحياة، فإننا سنجد مستويات مرتفعة لحمض الأورثوسيليسيك مقارنة بالمستويات المنخفضة لنفس المادة داخل البحار الفقيرة كبحر البلطيق مثلا.

يتبوأ السيليسيوم مكانة هامة في نظام تطور الحياة. كما أن بوليميرات حمض السيليسيوم تتماشى مع كل أنواع الخلايا من السكريات إلى البروتينات فالحمض النووي فالدهنيات فالماكروخليا. وقد تمّ إنشاء أول البروتينات بمساعدة بوليميرات الحمض السيلييسيكي. يُعتبر وجود السيليسيوم ضروريا

لدى الكائنات الحية والحيوانات خصوصا في عملية تكوين الأنسجة التواصلية والتي تكتسي دورا حيويا ووظيفة حمائية.

أما اليوم، فإنه من الممكن أن نصف السيليسيوم " بالمكوّن الضروري للعيش"، حيث يحمي الحمض النووي ويُرجّح تكوين الأنسجة المجدّدة. أما لدى البشر، فإن نسبة تركيز السيليسيوم لدى الأم الخامل تكون ضئيلة جدًا لأنها تُمرّر الغالبية العظمى منها لجنينها. أما نسبة تركيز حمض الأورثوسيليسيك الأكبر لدى النباتات فمن الممكن ملاحظتها داخل البذور حيث تساهم في عملية التخمر.

## تحتاج جميع النباتات للسيليسيوم

تمّ تصنيف النباتات استنادا على قدرتها على إمتصاص حمض الأورثوسيليسيك. النباتات الأحادية الفلقة كنبته قصب السكر تمتص السيليسيوم بقوة. تجدر الإشارة إلى أن النباتات التي تحظى بالعديد من المنافع من امتصاص السيليسيوم هي نفس المحاصيل الزراعية التي عاشت على مرّ العصور وشكلت الغذاء الأساسي لبني البشر طيلة قرون عديدة مثل الحبوب. هذه الظاهرة توجد أيضا لدى عدد من النباتات ذات فلقتين اثنتين كالكنبات ونبته الشرى واللّتان تشتهران بقدرتهما على مقاومة تأثيرات الحشرات الضارة نظرا لقساوة أوراقها. كما أن حمض السيليستيك هامّ جدا للحمضيات. أما نباتات أخرى كالطماطم مثلا فإنها لاتزال تعرف نموا أحسن باستعمال حمض الأورثوسيليسيك. تتقوى النباتات وتُظهر ثباتا في النمو والشكل وقوة الفاكهة. يُمكن أن نجزم أن أغلبية الفاكهة قادرة على إمتصاص حمض الورثوسيليسيك - ولكن بأشكال مختلفة.

يبدو أنّ حمض الأورثوسيليسيك يمتلك وظيفة تنظيمية داخل عملية امتصاص النباتات للعناصر المعدنية المهمة. في عملية زراعة الأرز، أظهر عدد من الباحثين اليابانيين كيف أن النباتات يُمكنها أن تمتصّ نسبة أقل من الفوسفات الموجود في تربة غنية بالفوسفات إذا ماتمّ رشّها بحمض الأورثوسيليسيك. إستنادا على هذه النتيجة، يُمكننا الخلوص إلى أنّ هناك سلسلة ميكانيزماتٍ منظمة للعملية برمتها وأن حمض الأورثوسيليسيك هو من يقود ويتحكّم في سير هذه العملية.

## التأثيرات الدقيقة جدا للسيليسيوم على النباتات

لعلّ أبرز تأثيرٍ لحمض الأورثوسيليسيك على النباتات هو أنه يُقوي نسيجها الداخلي. تتمركز بوليميرات حمض الأورثوسيليسيك على سطح الورقة المتصلّب وعلى أدمتها. هذا التعزيز لقوة الورقة يحول دون دخول الخيوط الفطرية ويُصعّب من مهمة الحشرات الضارة التي تتغذى على النسيج اللماقوي للنبته. تنتشر التجاويف الفطرية في كلّ مكان، سواء في الجوّ أو داخل جزيئات الغبار المتناثر. لكن الزراعات والمحاصيل في وقتنا هذا أصبحت أقلّ تعرضا لخطر الإصابة بأمراض فطرية لأن ميزان القوة أصبح يميل إلى جانب النباتات التي أصبحت أكثر مناعة بفضل مبيدات الفطريات والمنتجات الكيميائية الأخرى. هذه النقطة شكّلت محور ملاحظة البروفيسور

ديرك فان دين بورغ منذ عشر سنواتٍ خلت. عندما تتم إضافة حمض الأورثوسيليسيك للورود، فإن النتيجة تأتي مغايرة وأفضل كثيرا مقارنة باستعمال مخصباتٍ كيميائية أخرى.

تقوي بوليميرات حمض الأورثوسيليسيك جدران خلايا النبتة وتتمركز في مصفوفة خارج الخلية. عملية إضافة السيليسيوم إلى النبتة التي تستهدف الأنسجة الوعائية هي عملية فائقة الأهمية، تضمن جعل النسيج الوعائي الذي تمرّ من خلاله المياه والمعادن أكثر صلابة وأقل عرضة للإنهيار. وجود نسيج وعائي صلب يضمن لنا توزيعا أحسن وأعدل لنسبة المياه والمعادن المنقولة من خلال النسيج. إذ تُحاول جميع النباتات الحفاظ على حمولة معدنية كاملة وقارة. سواءً أكانت التربة تتوفّر أو لا على نسبة من الكالسيوم فإن حمض الأورثوسيليسيك ينظّم هذه العملية. إلى جانب تراكم السيليسيوم على أنسجة النباتات فإن التأثير الأساسي لحمض الأورثوسيليسيك يبقى هو إعطاء النبتة القدرة على التحكم في عملية تعرّفها وكمية الماء المخزونة فيها، حتى تستطيع مواجهة العوامل المناخية الخارجية بأفضل شكلٍ.

عملية مشابهة أخرى لحمض الأورثوسيليسيك تخصّ الحيوانات والبشر على حدّ سواء تتعلق بالأنسجة التوصيلية. فبعد خضوعهم لفترة جدّ قصيرة من منتج صيدلاني يحتوي على حمض الأورثوسيليسيك والبورون، أظهر أشخاصٌ مصابون بالتهاب المفاصل تحسّنا ملحوظا وقدرة على التحرك والمشي.

## تنظيم عملية النموّ

تنمو النباتات التي تسقى بمنتج حمض الأورثوسيليسيك بشكل طبيعي وأكثر سماكة، ورغم تأخر عمليتي الإزهار والتثمين نسبيا إلا أنّ ذلك يُعوّض بظهور براعم زهور ومستوياتٍ مرتفعة من السكريات داخل الثمار. وعليه، فإنّ هناك العديد من المنافع في استعمال حمض الأورثوسيليسيك في سلسلة إنتاج الزراعة و البستنة.

يؤثر حمض الأورثوسيليسيك إلى حدّ ما على دورة حياة المياه كما لايسمح للنبتة أن تنمو بشكلٍ رخوٍ وضامر. كما لوحظ أن جرعة زائدة من حمض الأورثوسيليسيك قد توقف النموّ بشكل كلي عند عددٍ من الأزهار. وفي بعض الحالات الأخرى، يمكن أن تُحرق أوراق النبتة دون أن تؤثر على عملية نموّها، لكن في جميع الحالات لاتموت النبتة بل تتجدّد وتكون عملية نموّها المقبلة أكثر قوّة وصحة. على ما يبدو فإن حمض الأورثوسيليسيك يتمركز فوق جذور النباتات لإستعمالٍ مقبلٍ في عملية نموّ أخرى.

## التأثير على عملية الأيض

أظهرت أبحاثٌ حديثة في اليابان وجود جزيئات البروتين التي تتقلّب بشكلٍ إيجابي حمض الأورثوسيليسيك داخل جدران خلايا حبات الأرز، لذا فإن ولوج حمض الأورثوسيليسيك لا يتمّ فقط عن طريق الإنتشار. وهذا يُثبت مرّة أخرى على أهمية السيليسيوم بالنسبة للنباتات. فهناك أنظمة أنزيمات تتأثر بحمض الأورثوسيليسيك لكن لم يتمّ لحدود الساعة فهم واستيعاب الظاهرة بشكلٍ جيّد.

هناك أيضا انسجامٌ وتجاذُبٌ كبير بين السيليسيوم والبورون. كما يؤثر البورون على عناصر أخرى كالبوتاسيوم وبعض التفاعلات الأنزيمية لدى النباتات والحيوانات.

يبدو أن حمض الأورثوسيليسيك لديه تأثير يكبح إنتاج الإيثيلين داخل أنسجة النباتات، حيث لاحظ باحثون من بولندا أن زهرة الأقحوان تنمو بشكلٍ جيّد رغم انخفاض مستوى تركيز حمض الأورثوسيليسيك. كما أن النباتات أو الأزهار تُظهران براعما أكثر عند ارتفاع نسبة تركيز حمض الأورثوسيليسيك. بشكلٍ عام، نخلص إلى أنّ عملية النمو تكون أبطئ وأقرب إلى الطبيعية مع وجود حمض الأورثوسيليسيك، وتكون النباتات أقوى وأكثر سماكة وتعيش وتتغذى بشكلٍ إقتصادي أكثر.

يؤثر حمض الأورثوسيليسيك أيضا على إنتاج أصباغ الأنثوسيانين التي تشير إلى وجود تدخّل في عملية الإيناع والتلون في الثمار. في المغرب، تحافظ الحمضيات على لونها الأصفر نظرا لفقّر التربة. وعند إجراء محاولة عليها وإضافة حمض الأورثوسيليسيك عليها تحوّل لونها إلى اللون البرتقالي.

دائما ما يتم الربط بين إنتاج المواد البوليفينولية الناجمة عن قطع أو تدمير أنسجة نبتة ما وبين حضور حمض الأورثوسيليسيك، حيث تتوفر تلك المواد على خصائص مضادة للتلف والعفونة.

### معضلة التغذية

تمّ قياس مستويات الحمولة المعدنية ونسبة تركيز الفيتامينات داخل الخضراوات في الإتحاد السوفياتي سابقا، على مراحل منتظمة طيلة القرن الماضي. وقد لوحظ إلى حدود سنة 2000 انخفاض نسبتها إلى 90 بالمئة. على النقيض من ذلك، ارتفعت نسبة تركيز المعادن والفيتامينات بين عامي 1963 و 2002 في الولايات المتحدة الأمريكية، ارتفعت بنسبة 40 بالمئة. ولا يمكننا بأي شكلٍ من الأشكال أن نعوّض هذا النقص الغذائي بانكبنا على أكل كميات أكبر من الخضراوات والفواكه.

هذا وقد تعرّض تركيز الأملاح المعدنية والفيتامينات إلى هبوطٍ حاد خلال القرن الماضي نظرا لكثرة استعمال المبيدات الفطرية والحشرية والمخصبات والأمل بأن تنمو الزراعات نموًا مضطربا، وأن يكون النمو بشكلٍ أسرع وأن تبدو النباتات بلون أخضر وبحلّة أبيض. لأحد كان يُعير اهتمامه لما يحدث داخل النباتات، أو للتأثيرات الكيميائية أو الغذائية لها. إننا الآن بصدد إنتاج نباتات إصطناعية عن طريق استعمال وسائل غير طبيعية بالمرّة.

هذا النقص في تركيز الأملاح المعدنية والفيتامينات داخل النباتات له تأثير سلبي كبير على صحتنا وصحة أجسامنا، كما أنه من الواجب التأكيد على أنه كان هناك استهتارٌ كبير تجاه كمية الفيتامينات اللازمة لضمان صحة جيدة. هذا الخصائص لا يمكن تعويضه بالجوء إلى استعمال بعض المكملات الغذائية.

## المخلفات السامة

يُنتج قطاع الزراعة والبستنة خضراوات ملوثة برواسب ومخلفات المبيدات والمنتجات الكيميائية، وهاته الخضراوات تؤثر جدا على صحتنا سواءً بالتراكمات أو تجمعات هذه الرواسب. فرغم توفرنا على قوانين ولوائح تُحدّد أقصى تركيزٍ مسموح به داخل المنتجات الزراعية إلا أنّ ما ينقص هو الفهم والعمل بمقتضيات هذه النصوص القانونية. كمثال على ذلك نجد التشريع الفرنسي الذي لأيراعي هذه المسألة وبالتالي نجد أن عنب المائدة يتم رشه عدّة مراتٍ بمبيداتٍ حشرية وفطرية دون الإكتراث بالتفاعلات الكيميائية الناتجة عن تلك العملية. إننا أمام منتوجاتٍ تحتوي على تركيزاتٍ عالية من العناصر الكيميائية التي تُشكّل خطراً كبيراً على صحة البشر وصحة الحيوانات على حدّ السواء.

## التربة الملوثة

تخلّف الزراعة والبستنة بيئة ملوثة بمخلفات المواد الكيميائية، حيث أنّ معظم مصادر الكالسيوم المستعملة في الزراعة جُلّها ملوثة بالرصاص الذي يدخل بذلك في هرم سلسلة التغذية، مع أنّه من الممكن أن تتم إزالة شوائب الرصاص هذه من المكملات الغذائية مثلاً رغم أنّ نظام التطهير هذا يُكفّف أموالاً طائلة. بصفة عامّة، يُمكننا القول أن نسبة الكالسيوم المأخوذة من الخضراوات أمست تقلّ بصفة مستمرة.

يُساعد وجود البكتيريا في التربة على إغناء التربة ويعمل في تناسقٍ تام مع جذور النباتات، مع ذلك أصبحنا نلاحظ أنّ وجود البكتيريا في التربة أصبح يقلّ تدريجياً وذلك راجعٌ للإستعمال المكثّف للمبيدات الحشرية والفطرية التي تستعمل على الأتربة ولا تُفرّق بين الجسيمات الجيدة وغيرها.

من الضروري أن تتوفر التربة على تركيزٍ منخفضٍ من حمض الأورثوسيليسيك، لأنّه في تلك الحالة سيكون امتصاصه سهلاً من طرف النباتات مع الماء والأملاح المعدنية الأخرى. لكنّ مانلاحظه في الأتربة الزراعية اليوم، هو كثرة اعتمادها على المبيدات الحشرية والفطرية وعناصر كيميائية أخرى تُعيقُ وصول حمض الأورثوسيليسيك. اليوم، هناك مايزيد عن 50000 نوعٍ من المبيدات الحشرية والفطرية الإصطناعية التي تدخل في مجال معالجة الأتربة.

يتم استعمال مخصّبات الفوسفات على الأتربة وتتفاعل مع حمض الأورثوسيليسيك ، لكنّها تُعيقُ عملية امتصاص الحمض من طرف جذور النباتات. في الماضي، لم يكن هذا المشكل مطروحا نظرا لأنّ الفوسفات كان يوجد على شكلٍ واحد وهو البوليوسفات السهل التحلّل في التربة على شكل مونوفوسفات و ديفوسفات. وقد أكّد علماء باحثون من جامعة فلوريدا أن استعمال مخصّبات الفوسفات على قصب السكر يُمكن أن يتمّ تقليله بنسبة خمس مرات، وذلك بإضافة السيليكات إلى التربة. كنتيجة لذلك، كان الفوسفات يتعرّض للتضييع حيث يتمّ إهراقه في الوديان والمجاري المائية، مما خلق مشكلا آخر وهو تكاثر الطحالب التي تنتج بدورها نورتوكسينات تدخل جسم السمك، ويمكن رؤية الإضطرابات لدى الأشخاص الذين يتعدّون على هذا النوع من الأسماك.

يُمكن إعادة تنقية الأتربة التي تحتوي على معادن صلبة كالألومنيوم بواسطة النباتات التي تحتوي على حمض الأورثوسيليسيك. أما النحاس والرصاص فيبقيان طبيعيين للسيليسيوم إلى حدٍّ معيّن.

## مستهلكو اليوم يرغبون في الحصول على تغذية صحية

يرغب المستهلكون في الحصول على تغذية صحية وهم على إستعدادٍ لأداء الثمن مقابل ذلك. وقد أدى ضغط لجان حماية المستهلك في أمريكا إلى التعجيل بإنشاء برامج تطوير وأبحاثٍ متعلّقة بالتغذية السليمة والعضوية، بإيعازٍ من وزارة الفلاحة الأمريكية. لاننسى أنه يجب اعتماد مقاربة مختلفة للتعامل مع هذا المعطى الجديد لاسيما وأنها تختلف تمام الاختلاف عن ممارسات الزراعة التقليدية. كما تتكبّ جامعاتٌ أخرى كذلك على دراسة التغذية المتعلّقة بالصّحة والتي تُلقى اللوم على الباحثين في مجال الزراعة لتقصيرهم في الإضطلاع بمهامهم فيما يخصّ زراعة وانتاج خضراوات ذات جودة سيّئة. هذه الوضعية تضع خبراء الزراعة في موقفٍ يُلزمهم البحث عن منتجاتٍ جديدة وطرائق حديثة تضع مكوّن السيليسيوم في صدارة الأحداث وفي صميم هذه البرامج التحديثية. ولايُمكن تصوّر حلٍّ للمشكل دون المرور بممارساتٍ زراعية متطورة.

## السيليسيوم في المجال الزراعي

تنهجُ مجالات الزراعة والبستنة التي تعتمدُ على حمض الأورثوسيليسيك سياسة احترازية من أجل ضمان جودة ممتازة واستعمال معقّنٍ للمنتجات الكيميائية كالمبيدات الفطرية ومبيدات الحشرات. نسبة للبروفيسور ديرك فان دين بورغ، فإن حمض الأورثوسيليسيك هو ضروري للزراعة العضوية. تحتاج الزراعات التي يُستعمل فيها حمض الأورثوسيليسيك لنسبة أقلّ من الفوسفات وستتمو بشكلٍ أفضل وسط بيئة أكثر توازنا. بالإعتماد على حمض الأورثوسيليسيك فإنه من الممكن أن نزرع محاصيل للبطاطس والتفاح بتخفيض يصلُ إلى 50 بالمئة من استعمال المواد الكيميائية. وعليه، تكون الإنتاجية أفضل والرواسب والمخلفات السامة أقلّ.

لازلنا لاندرى بالضبط متي يُنصحُ باستعمال حمض الأورثوسيليسيك، ولا الطّريقة الأنجع لإستعماله ولا طرق استعماله، كما أنّ النتائج ستباليين من تربة لأخرى ومن محصولٍ لأخر. هذا ولاتزال المخصبات التي تُستعمل في عمليات التخصيب منذ قرونٍ عدّة لاتزال سيئة الفهم أو يشوبها الكثير من الغلط، خصوصا في مسألة توافر الكالسيوم في التربة وطريقة امتصاصها من طرف النباتات.

ويساعد حمض الأورثوسيليسيك على تنظيم التركيزات المتعددة للأملاح المعدنية المأخوذة من طرف النباتات، بما فيها المغنيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم. أما النحاس والزنك، ورغم أن نسبة ضئيلة منهما هي التي تؤخذ - حوالي 2 بالمئة - في حين أن الباقي يُلوث التربة وحسب، إلا أنهما ضروري للنباتات. مع وجود حمض الأورثوسيليسيك تتضاءل نسب امتصاص الكالسيوم من طرف النباتات، في حين ترتفع نسب امتصاص البوتاسيوم. إنه لمن المهم ملاحظة أن حمض الأورثوسيليسيك دائما مايرفعُ من نسبة امتصاص البوتاسيوم. وتتم إضافة البوتاسيوم على الفواكه لإيناعها ومساعدتها على النمو بشكلٍ أفضل. في حالة معالجة أشجار التفاح بحمض

الأورثوسيليسيك، فإنّ الثمار نمت كلياً ودون أن تُرشّ بأيّ مسحوقٍ. يرى البروفيسور ديرك فان دين بورغ أن كلّ نسب الأملاح المعدنية اللازمة في التربة حتى تتوفر ظروف النمو للنباتات ، يُمكن أن يتمّ تقليصها أو الحدّ منها باستعمال حمض الأورثوسيليسيك.

يتمّ رشّ منتج OSAB عادة كمبيد ورقي، لكن يتمّ امتصاصه أيضاً من طرف الجذور خلال عملية السقي بالتنقيط أو خلال قلب التربة. لاتزال الحاجة ملحّة للقيام بتجارب أخرى حتّى نتمكّن من تحديد البروتوكول اللازم اتباعه تجاه أنواع خاصّة من الأتربة والمحاصيل.

من الممكن المزج بين العديد من العناصر الكيميائية والمخصبات خلال عملية رشّ المحاصيل. ويعتبر الحمض الهوميكي والحمض الفولفيكي منتجين يتمّ إشراكهما بنسبٍ كبيرة مع السيليسيوم. وإذا ماتمّ مزجها مع حمض الأورثوسيليسيك فإنّ النتيجة تكون أفضل بالنسبة للنباتات.

يعدّ استعمال مخصبات السيليسيوم على شكل أملاح سيليكات أو على شكل OSA/OSAB فعالاً جداً خلال ظروف زراعة غير مثالية، حيث يلعب دوراً محورياً في دينامية النباتات ويساعدها على مقاومة الظروف الطبيعية والبيولوجية. كمرحلة أولى، تم إطلاق دراساتٍ تهدف إلى حثّ محاصيل زراعية في أماكن ذات مصادر مائية سيئة، ومالحة وملوثة.

توصّل البروفيسور ديرك فان دين بورغ لإنتاج حمض سيليسيكي مستقرّ، منذ 10 سنوات خلت، حين كان وقتها أستاذاً في كلية الصيدلة بجامعة أنتويرب، بلجيكا.