

C O D E X A L I M E N T A R I U S

INTERNATIONAL FOOD STANDARDS

منظمة الأوعية والزراعة
للأمم المتحدة



منظمة
الصحة العالمية



A

E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

مدونة الممارسات لمنع التلوث بالكاديوم والحد منه في حبوب الكاكاو

CXC 81-2022

تم اعتمادها في عام 2022

أولاً-

مقدمة

يكمُن الهدف من مدونة الممارسات هذه في تزويد البلدان وقطاع إنتاج الكاكاو بتوجيهات بشأن منع التلوث بالكاديوم والحد منه في حبوب الكاكاو خلال الإنتاج والتجهيز بعد الحصاد: التخمير والتجفيف والتخزين والنقل.

والكاديوم معدن ثقيل غالبًا ما يدخل إلى البيئة من خلال الأنشطة البشرية، مثل تجهيز المواد الخام، وحرق الوقود، والتلوث بالنفايات الصناعية، وروث الماشية، واستخدام الأسمدة الفوسفاتية. ويمكن أن يدخل الكاديوم إلى التربة أيضًا بشكل طبيعي عن طريق النشاط البركاني، من التربة الصخرية البحرية، ورذاذ الملح البحري جراء التعرية، والأسمدة المحتوية على مياه الصرف الصحي.

والكاديوم سام وثابت في التربة (يتراوح نصف العمر المقدر للكاديوم في التربة بين 15 إلى 100 عام). وتمتص أشجار الكاكاو (*Theobroma cacao* L.) الكاديوم وتراكمه حيويًا، وهو ما يؤدي في بعض الحالات إلى مستويات عالية غير مقبولة في حبوب الكاكاو، ولذلك قد تكون هناك حاجة إلى اتخاذ تدابير للتقليل من الكاديوم في التربة وامتصاص أشجار الكاكاو له.

وفي الطبيعة، لا يوجد الكاديوم في حالته النقية. وحالة أكسده الأكثر شيوعًا هي $+2$ ، وعادة ما يكون موجودًا مع الحديد أو الزنك أو الرصاص أو الفوسفور أو المغنيسيوم أو الكالسيوم أو النحاس. وتتوقف نسب تركيز الكاديوم في التربة بشكل أساسي على درجة حموضة التربة، مما يؤثر على قابلية انحلال الكاديوم وحركته. كما أن معظم المعادن الموجودة في التربة تميل إلى أن تكون أكثر توافرًا عند الأرقام الهيدروجينية الحمضية، وهو ما يزيد من توافرها الحيوي بحيث يمكن للنباتات امتصاصها.

ويُجذب تزايد امتصاص الكاديوم على سطح جزيئات التربة لأن هذا يقلل من تنقل هذا الملوث في تركيبة التربة ويقلل من التوافر الحيوي للكاديوم لأشجار الكاكاو، وبالتالي من تأثيره البيئي. ويتم التحكم في تركيز الكاديوم في محلول التربة وتوافره الحيوي وتنقله بشكل رئيسي عن طريق تفاعلات الامتصاص والامتزاز على سطح غرويات التربة. وتشمل عوامل التربة التي تؤثر على تراكم الكاديوم وتوافره درجة الحموضة، والقوام، والمواد العضوية، والحديد، وأكسيدات المنغنيز وهيدروكسيدات المنغنيز، والزنك، والكربونات، والكلور، وقدرة التبادل الكاتيوني.

وعند الأرقام الهيدروجينية القلوية، يميل محتوى الكلوريد المرتفع في التربة إلى تعزيز تكوين مركبات الكلوريد، مما يقلل من امتصاص الكاديوم في جزيئات التربة، ويزيد بالتالي من قابلية تنقل الكاديوم وتوافره الحيوي.

ومع مرور الوقت، يمكن استخدام تطور فهمنا لكيفية مساهمة نظم المحاصيل المختلفة في تلوث حبوب الكاكاو أو التخفيف من حدته في وضع نظم متكاملة لإدارة مستويات الكاديوم في حبوب الكاكاو.

وقد يكون التطعيم كاستراتيجية وراثية تستخدم الأصناف ذات التراكم المنخفض للكاديوم خيارًا قابلاً للتطبيق في أنواع مختلفة من التربة، وعند مستويات مختلفة للكاديوم في التربة، ولكنه لم يُختبر إلا بشكل تجريبي من أجل تقليل الكاديوم في أشجار الكاكاو.

وللتخفيف من مستويات الكاديوم في حبوب الكاكاو، من الضروري تحديد مناطق زراعة الكاكاو التي تحتوي على نسبة عالية من الكاديوم، ووضع استراتيجيات لمعالجة هذه المشكلة، بما في ذلك تدابير التخفيف التي يمكن اتخاذها على المدى

القريب (مثل اختبار التربة وإضافة محسنات التربة)، في حين تتطلب الإجراءات الأخرى وقتًا أطول للتنفيذ (مثل تطعيم النباتات على الجذور التي تمتص قدرًا منخفضًا من الكاديوم).

ثانيًا - النطاق

توفر مدونة الممارسات هذه توجيهات بشأن الممارسات الموصى بها من أجل منع التلوث بالكاديوم والحد منه في حبوب الكاكاو قبل الزراعة، لمزارع أشجار الكاكاو الجديدة أو القائمة، وخلال مرحلة الإنتاج طوال مرحلتي الحصاد وما بعد الحصاد.

ثالثًا - التعريف

الامتزاز والامتصاص: يشير الامتزاز إلى عمليتي استجذاب الكاديوم واحتباسه في جزيئات التربة بالشكلين الفيزيائي أو الكيميائي. وأما الامتصاص فيشير إلى التشرّب الصافي للكاديوم من التربة بواسطة جذور أشجار الكاكاو.

التوافر الحيوي: يمكن تعريف التوافر الحيوي لمعدن للنباتات والتربة على أنه إمكانية نفاذه إلى العمليات الأيضية والفسولوجية الطبيعية التي تتأثر بالعديد من العوامل، بما في ذلك التركيز الإجمالي وانتواع المعادن، ودرجة الحموضة، وقدرة الأكسدة والاختزال، ودرجة الحرارة، والمحتوى العضوي الكلي (الجزيئات والقطع الذائبة) ومحتوى الجسيمات العالقة.

الفحم الحيوي (الكربون الحيوي): منتج مشتق من عملية الانحلال الحراري للكتلة الحيوية المتبقية. وهو من الكربونات المشتقة الثابتة التي تنتج عن الكتلة الحيوية النباتية و/أو الحيوانية للاستخدام في الزراعة.

المنتج المشتق من قصب السكر (ثفل قصب السكر): منتج مشتق من قصب السكر ينتج عن عمليتي الطحن والضغط.

قدرة التبادل الكاتيوني: مقياس لقدرة التربة على الاحتفاظ بالأيونات الموجبة الشحنة. وتحتوي مكونات المواد المعدنية والعضوية الطينية في التربة على مواقع سالبة الشحنة على أسطحها تمتص الأيونات الموجبة الشحنة (الكاتيونات) وتحتفظ بها. وهذه الشحنة الكهربائية حاسمة الأهمية لتزويد النباتات بالمغذيات لأن العديد من المغذيات (مثل المغنيسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم) توجد ككاتيونات.

حبة الكاكاو: بذرة ثمرة الكاكاو التي تتكوّن من الغشاء الخارجي (ما يسمى أيضًا الغلاف أو القشرة أو القوقعة) والجنين والفلقة.

التجفيف: تجفف حبوب الكاكاو تحت أشعة الشمس أو في مجففات ميكانيكية/شمسية (أو مزيج من الاثنين معًا) من أجل تقليل محتوى الرطوبة (إلى أقل من ثمانية في المائة) لكي تصبح مستقرة للتخزين.

التخمير: عملية مصممة لإحداث تحلل في اللب أو الصمغ وبدء تغييرات كيميائية حيوية في الفلقة بواسطة الأنزيمات والكائنات الحية الدقيقة في بيئة المزرعة.

الدبال: مكون عضوي للتربة يتشكّل من انحلال الأوراق وسائر المواد النباتية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة في التربة.

التشذيب: الإزالة السنوية للفروع الجافة أو المريضة أو غير المتوازنة من أشجار الظل ونباتات الكاكاو.

اللّب أو الصمغ: مادة مائية وصمغية وحمضية تحتوي في داخلها على البذور.

التظليل: زراعة نباتات الكاكاو باستخدام أشجار الظل من أجل تقليل كمية الإشعاع الشمسي والرياح التي تصل إلى المحصول. وعادةً ما يكون التظليل أكثر من 50 في المائة أو أقل من ذلك خلال السنوات الأربع الأولى من عمر النبات، وبعد ذلك يمكن تقليل نسبة الظل إلى 25 في المائة أو 30 في المائة.

مُحسّنات التربة: أي مادة تُضاف إلى التربة من أجل تحسين خواصها الفيزيائية والكيميائية. ويعتمد تطبيق المحسّنات على خصائص التربة، وقد تشمل السماد العضوي، وروث الماشية، وكبريتات المغنيسيوم، والفيناس، والزيوليت (المعادن أو المواد الممتزة التي ترطب وتجفّف بشكل عكسي)، والفحم أو الفحم الحيوي، وكبريتات الكالسيوم، والجير، والمنتج المشتق من قصب السكر (ثفل قصب السكر)، وكبريتات الزنك، والدولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم)، وسماد الديدان، وقصب السكر، وكتل نواة النخيل، وصخور الفوسفات، ومواد عضوية أخرى.

الفيناس: منتج مشتق من عملية إنتاج الكحول من قصب السكر. ويُستمد الفيناس من تخمير دبس السكر وتقطيره. وهو المادة العضوية الرئيسية التي يخلّفها إنتاج الكحول.

رابعاً - الممارسات الموصى بها لمنع التلوث بالكاديوم والحد منه في حبوب الكاكاو

1-4 قبل الزراعة - المزارع الجديدة

1-1-4 الممارسات الموصى بها على المديين القصير والمتوسط

ينبغي أن تبدأ عملية الوقاية من الكاديوم في الكاكاو والحد منه بالتحليل الفيزيائي والكيميائي للتربة، وأن تكون جزءاً لا يتجزأ من الممارسات التي تسبق زراعة مزروع جديد. ولا يقتصر تحليل التربة على قياس الكاديوم، بل ينبغي أن ينظر أيضاً في النسبة المئوية للمادة العضوية، وقدرة التبادل الكاتيوني، والزنك القابل للانحلال، وكمية الكلور. ومعايير التحليل الفيزيائي هي: النسبة المئوية للرمال والطين والغرين، وفئة القوام. وينبغي للتحليل الكيميائي أن يراعي عند الاقتضاء: درجة الحموضة، والنسبة المئوية للمادة العضوية، والنسبة المئوية لإجمالي النتروجين؛ والكميات المتاحة المقاسة بأجزاء من المليون من أكسيدات وهيدروكسيدات الفوسفور والبوتاسيوم والرصاص والحديد، وكربونات المنغنيز، والكاديوم، والزنك؛ والكمية القابلة للتغيير (سنتيمول (+)/كلغ) من الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والألومينيوم والهيدروجين؛ وقدرة التبادل الكاتيوني، والنسبة المئوية للمتغيرات القاعدية والحمضية، والألمنيوم المشبع. ويُوصى باستشارة متخصص مؤهل من أجل الحصول على معلومات عن المعايير المتعلقة بامتصاص النباتات للكاديوم، وتفسير نتائج تحليلات التربة هذه.

وينبغي للسلطات الوطنية أو سلطات مراقبة الأغذية المعنية النظر في تنفيذ التدابير الموجهة نحو المصدر التي ترد في مدونة الممارسات للإجراءات الموجهة نحو المصدر للحد من التلوث الكيميائي في الأغذية (CXC 49-2001).¹

وبالنسبة إلى المزروعات الجديدة، ينبغي النظر في استخدام محاصيل التغطية من البقوليات المعمرة. وتعمل محاصيل التغطية على تحسين المادة العضوية للتربة، ويمكنها حماية التربة من التعرية وتقليل فقدان المغذيات، ما يحسّن من إنتاجية التربة من خلال زيادة توافر المغذيات الأساسية وتقليل التوافر الحيوي للمعادن.

ولم يجرّ تحديد أي توصية معينة بشأن مستويات الكاديوم في مناطق زراعة الكاكاو. وتؤثر حموضة التربة على مستويات الكاديوم المقبولة في تربة.

ويمكن مراقبة مياه الري من أجل تحديد ما إذا كانت مصدرًا محتملاً للكاديوم، على سبيل المثال أعلى من المستويات الأساسية بسبب تلوث ثابت المصدر. وكمبدأ توجيهي محتمل للمستويات الأعلى، فإن مستوى الكاديوم في مياه الشرب الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية هو 0.005 ملغ/لتر.

وعلى الرغم من وجود منافع معروفة بالنسبة إلى الحراجة الزراعية، فإن البيانات المتعلقة بتأثير الحراجة الزراعية على مستويات الكاديوم مقارنة بالزراعة الأحادية هي بيانات أولية. ولم تخلص الدراسات التي قارنت بشكل منهجي بين الزراعة الحراجية والزراعة الأحادية إلى فرق ذي دلالة إحصائية بشأن امتصاص حبوب الكاكاو للكاديوم.

وفي الزراعة الحرجية، فإن أكثر أنواع نباتات الظل استخدامًا إلى جانب أشجار الكاكاو هي نباتات الفصيلة الموزية (Musaceae) (الموز والمول (moles) والكامبور (cambures)) التي تُزرع من أجل ظلها المؤقت في بداية زراعة الكاكاو، وكذلك أشجار البقوليات مثل نبات الحميرية (*Erythrina spp.*) وغواباس (Ingas) التي تُزرع من أجل الحصول على أشجار ذات ظل دائم. وتشمل أنواع نباتات الظل الأخرى التي توفر منافع اقتصادية أكبر أنواع الأخشاب (مثل الغار والأرز والمهاوغني الكولومبي (*Cariniana pyriformis*) والسينزارو أو شجرة المطر والهليلج) و/أو أشجار الفاكهة (مثل الحمضيات والأفوكادو والسبوتة وفاكهة الخبز ونخيل التمر). ويُنصح بزراعة أشجار الظل القصيرة واستخدام الحمضيات أو أشجار الفاكهة على حدود مزارع الكاكاو.

وينبغي، إن أمكن، إنشاء مزارع في مناطق معزولة عن الطرق أو اتخاذ تدابير لتقليل تعرض مزارع الكاكاو للانبعاثات من محركات الاحتراق (على سبيل المثال، في المركبات) لأنها قد تحتوي على الكاديوم. وعلى نحو مماثل، ينبغي أن تكون موجودة في مناطق معزولة عن مكبات النفايات في المدن، ومناطق التعدين، ومناطق الصهر، والنفايات الصناعية، ومياه الصرف الصحي ومياه الصرف المنزلية لأنها يمكن أن تكون مصادر للكاديوم. وينبغي كذلك تجنب التربة المغمورة إذا كانت مصادر المياه ملوثة بالكاديوم.

4-1-2 الممارسات الموصى بها على المدى الطويل

عند زراعة مزروعات جديدة، يُوصى بزراعة أصناف أشجار الكاكاو الأقل ميلًا إلى امتصاص الكاديوم.

4-2 من الإنتاج إلى الحصاد

4-2-1 الممارسات الموصى بها على المدى القصير والمتوسط

من المهم معرفة مصادر الكاديوم وتوزعه في التربة. وبشكل عام، تجدر الإشارة إلى أن ينبغي تحليل أي محسّن عضوي أو غير عضوي يُستخدم في المحصول تحليلًا مسبقًا من أجل الكشف عن الكاديوم، لأنه قد يحتوي، حسب مصدره، على الكاديوم ويصبح مصدرًا له في المحاصيل. ويمكن أن تحتوي حمأة الصرف الصحي والرماد المتطاير والأسمدة الفوسفاتية على تراكيز عالية من الكاديوم. وينبغي للأسمدة الفوسفاتية المستخدمة أن تحتوي على مستويات منخفضة من الكاديوم. ولتقليل امتصاص الكاديوم، ينبغي للأسمدة الفوسفاتية المستخدمة في مزارع الكاكاو استيفاء المعايير الوطنية في ما يتعلق بنسبة الكاديوم إلى الفوسفور (الكاديوم: الفوسفور، أو الكاديوم: خامس أكسيد الفوسفور، P_2O_5).

وتشير البيانات إلى أن هناك علاقة إيجابية بين المستويات الأعلى للكاديوم في التربة (التي تُقاس في اختبارات التربة) والمستويات المرتفعة من الكاديوم في الأنسجة النباتية وحبوب الكاكاو.

وينبغي، حيثما يكون ذلك متاحًا، إجراء تحليل توصيف التربة لمزارع الكاكاو من قبل مختبرات معتمدة - وذلك باستخدام أساليب تم التحقق من صحتها تنطوي على استخدام المواد والمواصفات المرجعية المعتمدة وتقديم أوجه عدم اليقين المرتبطة بها. وإضافة إلى ذلك، من المهم جدًا إجراء تحليلات التربة باستخدام الأساليب المعترف بها دوليًا. وينبغي أن تتضمن هذه الأساليب الطرق المناسبة للاستخدام من قبل المزارعين المحليين الذين يحاولون تصدير الكاكاو. وينبغي ألا تقتصر تحليلات توصيف التربة هذه على الكاديوم، بل ينبغي أن تشمل المغذيات الأخرى أيضًا (انظر القسم 1-4-1). وتعتبر درجة حموضة التربة أهم معيار يتعين قياسه بشكل مستمر.

وينبغي لبروتوكول أخذ عينات التربة النظر في الحصول على عينات تمثيلية لكل مزرعة من المزارع لأن محتوى الكاديوم يمكن أن يكون متغيرًا في نفس منطقة إنتاج الكاكاو. وبسبب الاختلاف الطبيعي في مستويات الكاديوم والزنك في التربة، ينبغي جمع ما لا يقل عن عينة ترابية مركبة واحدة (تتكوّن من 20 عينة فرعية على الأقل) لكل هكتار. وينبغي للبروتوكول مراعاة المواصفات الدولية لأخذ عينات التربة في أنواع التربة الملوثة بالمعادن على وجه التحديد. ويبلغ العمق الذي تُؤخذ فيه عينات التربة في الدراسات الاستقصائية والتقييم الميداني 0-15 سم. ونظرًا إلى أن نفايات النباتات المتساقطة التي تتكوّن من أوراق الكاكاو وفروعه قد تحتوي على نسبة أعلى من الكاديوم مقارنة بالتربة التي تُزرع فيها، فإن السماح باستقلاب القمامة المتساقطة على التربة يمكن أن يضيف الكاديوم إلى الطبقة العلوية من التربة (0-5 سم). ويؤرّف أخذ عينات من التربة في الطبقة التي تتراوح بين 0 و15 سم مقياسًا أكثر تمثيلًا لمحتوى الكاديوم في التربة.

وفي المناطق التي تحتوي فيها حبوب الكاكاو على مستويات أعلى نسبيًا من الكاديوم، من المهم تحديد نسبة ملوحة التربة ومياه الري (أملاح الكلوريد) لأن امتصاص النباتات للكاديوم يزداد مع زيادة تركيزات الكلوريد. ومع ذلك، يتجلى هذا التأثير بصورة أوضح في التربة القلوية (درجة الحموضة أكبر من 7.0). ولذلك، عندما تكون مستويات الكاديوم في حبوب الكاكاو مثيرة للقلق وتكون التربة قلوية، من المهم تحديد قدرة التوصيل الكهربائي للتربة والمياه التي يجب أن تكون أقل من 2 مل سيمينس/سم.

2-2-4 استراتيجيات لتثبيت الكاديوم في التربة (ممارسات على المديين المتوسط والطويل)

عندما يكون هناك نقص في الزنك في التربة، ينبغي زيادة مستويات الزنك فيها. ويتنافس الكاديوم مع الزنك من أجل امتصاصهما من قبل النباتات، ومن المرجح دخول الكاديوم إلى النباتات وتراكمه في حبوب الكاكاو حينما يكون تركيز الزنك في التربة منخفضًا. وعلاوة على ذلك، يمكن للسلطات المحلية الوطنية أن تحدّد مستويات حرجة للزنك بالنسبة إلى التربة التي يزرع فيها الكاكاو.

وتُستخدم كبريتات الزنك خلال عملية التسميد التي تتم سنويًا في مزارع الكاكاو، وفقًا لمتطلبات المحصول ومحتوى الزنك في التربة. ولكن إذا أُضيفت كبريتات الزنك بمعدلات عالية بهدف منع امتصاص الكاديوم من التربة التي يتواجد فيها بمستويات عالية (على سبيل المثال، 25 كغ من الزنك/هكتار)، يمكن أن يحصل تحمّض في التربة، وهو ما يتطلب إضافة الحجر الجيري لمواجهة آثار التحمض.

والأسلوب الأكثر فعالية الذي تم تطويرها حتى الآن من أجل تقليل التوافر الحيوي للكاديوم هو من خلال إضافة الجير إلى التربة عندما تكون درجة حموضة التربة أقل من ستة. وتُعد إضافة الجير ممارسة إدارية زراعية تقلل من امتصاص أشجار الكاكاو المزروعة في تربة شديدة الحموضة للكاديوم، وقد تؤدي إضافته أيضًا إلى تحسين تغذية أشجار الكاكاو وإنتاجها. ومع ذلك، من المهم التحقق من أن الجير المضاف لا يحتوي على الكاديوم.

وينبغي ضبط درجة حموضة التربة بهدف جعلها أقل من 6، ولكن إذا كانت مستويات الكاديوم في التربة مرتفعة، فقد تكون هناك حاجة إلى درجة حموضة أعلى من أجل تقليل تراكم الكاديوم في أشجار الكاكاو. ومع ذلك، ينبغي ألا تكون درجة الحموضة مرتفعة لدرجة أنها تقلل من امتصاص المعادن والمغذيات الدقيقة المرغوبة. وقد تدعو الحاجة أيضًا إلى إضافة كبريتات الزنك من خلال التسميد بغية ضمان الحفاظ على مستويات الزنك.

وينبغي استخدام الجير بجرعات منخفضة (3 طن/هكتار/سنة)، ويُفضل أن يكون دولوميتيًا على الشكل التالي $CaMg(CO_3)_2$ ، وذلك من أجل زيادة درجة الحموضة تدريجيًا ودمج الكالسيوم والمغنيسيوم الضروريين لنمو أشجار الكاكاو. ويمكن أن يساعد هذا في ترسيب الكاديوم وتقليل توافره الحيوي. وينبغي تجنب الإفراط في استخدام الجير لأن ذلك يمكن أن يقلل من التوافر الحيوي للمغذيات الدقيقة.

وبناءً على دراسات ميدانية، قد تسفر كمية أكبر من المادة العضوية في التربة عن زيادة امتزاز الكاديوم فيها، وبالتالي قد تساعد في تقليل الكاديوم في حبوب الكاكاو. ويؤدي استخدام الأسمدة العضوية، مثل السماد المعالج من ماشية الزرائب أو السماد المكثور، إلى زيادة محتوى المادة العضوية وتحسين نشاطها الميكروبيولوجي.

ولكي يتكامل إنتاج الكاكاو بالنجاح، من الضروري إضافة الفوسفات إلى التربة لأن محتوى التربة الاستوائية من الفوسفات الطبيعي محدود للغاية. وإن أفضل طريقة للقيام بذلك هي من خلال استخدام الأسمدة العضوية التي تحتوي على توافر حيوي عالٍ للفوسفور ونسبة منخفضة من الكاديوم. ونظرًا إلى أن الأسمدة الفوسفاتية أو الصخور الفوسفورية الترسبية قد تحتوي على تراكيز عالية من الكاديوم، فإنه ينبغي عدم استخدامها إلا عندما يتبين أنها تحتوي على نسبة منخفضة من الكاديوم، وينبغي أن تلتزم على أي حال بمحدود الكاديوم التي تضعها السلطات المختصة الوطنية أو الإقليمية.

وبشكل عام، تختلف المعادلة الخاصة بنسبة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الأسمدة المصنوعة من مزيج هذه المواد التي ستستخدم في محاصيل الكاكاو وفقًا لعمر النبات وخصائص التربة. وينبغي التحقق من محتوى المعادن الثقيلة في الأسمدة من خلال تحليلها قبل استخدامها في التربة من أجل ضمان انخفاض محتوى الكاديوم.

كما أن استخدام محسّنات التربة (المغنيسيوم، والكبريت، والحجر الجيري الدولوميتي، والفيناس، والزيوليت، والدبال، والفحم، وكبريتات الكالسيوم $(CaSO_4)$ ، والمنتجات المشتقة من قصب السكر (ثقل قصب السكر)، وكبريتات الزنك $(ZnSO_4)$)، يمكن أن يساعد على تقليل تراكيز الكاديوم في حبوب الكاكاو. ويختلف اختيار المحسّنات باختلاف خصائص التربة.

ويعتبر الفيناس مصدرًا للبوتاسيوم الذي يعزّز تكوّن الفطريات التي تشكّل فطر الميكوريزا في جذور شجرة الكاكاو، وهو ما يزيد بالتالي من كفاءة التغذية بالفوسفور وتثبيت الكاديوم.

ويمكن لكثرت الجير وقصب السكر أن تقلل من التوافر الحيوي للكاديوم في تربة التربة. ويعد الزيوليت خيارًا آخر في التربة ذات المحتوى الرملي العالي وفي التربة ذات القوام الطيني. وينبغي تجنب الأباتيت (أو الفوسفات الصخري) الذي يمكن أن يحتوي على الكاديوم، عند الإمكان.

وقد ثبت أن الفحم الحيوي يقلل من امتصاص الكاديوم في حبوب الكاكاو. وتتشابه معدلات تخفيض امتصاص الكاديوم من خلال استخدام الفحم الحيوي أو إضافة الجير، ويمكن أن يكون للفحم الحيوي تأثير مُضاف على عملية إضافة الجير.

ويحدث الفحم الحيوي والسماذ العضوي المكثور آثارًا كبيرة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، والتوافر الحيوي للمعادن (بما في ذلك الكاديوم)، والأنشطة الأَنْزيمية في التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة. ولذلك، فهما يساعدان على تخفيف تركيزات الكاديوم في أشجار الكاكاو.

ويمكن استخدام الأنماط الوراثية لنبات الكاكاو التي تم تحديدها على أنها ذات تراكم حيوي منخفض للكاديوم من أجل الحد من الكاديوم من خلال تطعيم النباتات على الجذور ذات الامتصاص المنخفض للكاديوم والحصول على أصناف جديدة ليست عرضة لامتناس الكاديوم.

3-2-4 تجنب زيادة تلوث التربة بالكاديوم (ممارسات موسى بما على المدين القصير والمتوسط)

بغية تقليل كميات الكاديوم في التربة، ينبغي إزالة الفروع المشدبة والأوراق الخاصة بأشجار الكاكاو وأشجار الظل من الأرض لأنها قد تحتوي على الكاديوم الذي يمكن أن يُطلق عائدًا إلى الطبقات العليا من التربة أثناء التحلل. وينبغي أن تتضمن الممارسة إزالة المواد المشدبة في البساتين التي توجد فيها مستويات عالية من الكاديوم في الأوراق. وينبغي تجنب استخدام حمأة الصرف الصحي.

وينبغي كذلك تجنب دفن النفايات المنزلية أو حرقها، إذ يمكن أن تحتوي على معادن، ومن بينها الكاديوم. ويمكن أن يؤدي دفنها إلى تلوث المياه الجوفية، في حين أن الحرق يمكن أن يتسبب في التلوث، وإطلاق معادن متطايرة في الغلاف الجوي، وبالتالي تلويث التربة.

وينبغي للسلطات الوطنية أو الإقليمية النظر في الحد من الأنشطة الصناعية الرئيسية الملوثة بالقرب من مزارع الكاكاو، مثل أعمال التعدين والصهر غير الحديدية، والصناعات التي تستخدم المعادن، ودباغة الجلود، وحرق الفحم، وتصنيع الأسمدة الفوسفاتية.

3-4 مرحلة ما بعد الحصاد (ممارسات موسى بما على المدين القصير والمتوسط)

تعتبر عملية تخمير حبوب الكاكاو ممارسة مهمة يقوم بها المنتجون من أجل تطوير نكهات الشوكولاتة. ويؤدي تقطير المادة الصمغية إلى تحسين الجودة الحسية لحبوب الكاكاو في عملية التخمير، ويقلل من حموضتها. وأظهرت الدراسات أن عمليات تقطير المادة الصمغية التي تصل إلى 12 أو 24 أو 36 ساعة تقلل من تركيزات الكاديوم دون أن تتأثر الجودة الحسية للكاكاو.

ومن الممارسات الموصى بها التأكد من عدم تلوث حبوب الكاكاو بالدخان أو الغازات المنبعثة من المجففات أو المركبات أو التصريفات الصناعية أثناء تخمير حبوب الكاكاو.

كما أن خميرة الجعة (*Saccharomyces cerevisiae*) هي سلالة الخميرة التي تمتص الكادميوم أثناء عملية تخمير الكاكاو. ولهذا، أظهرت الدراسات التجريبية أن زيادة تركيز خميرة الجعة أثناء عملية التخمير يمكن أن يساعد في تقليل محتوى الحبوب من الكادميوم.

وبعد عملية التخمير، ينبغي تجفيف حبوب الكاكاو على أسطح صلبة نظيفة تجنبًا للتلوث من خلال التربة. وأثناء التخزين، ينبغي الحيلولة دون تلوث حبوب الكاكاو نتيجة لانسكاب الوقود أو غازات العوادم أو الأدخنة.

4-4 مرحلة النقل (توصيات)

يُوصى بتنفيذ الممارسات الجيدة خلال عملية نقل الكاكاو على النحو التالي:

- تغطية مناطق التحميل/التفريغ للحماية من المطر.
- والتأكد من صيانة المركبات وتنظيفها جيدًا.
- والتأكد من أن القماش المشمع/الأغطية نظيفة وخالية من التلف.
- والتأكد من أن الحاويات لم تُستخدم لنقل مواد كيميائية أو مواد ضارة، وأنه يتم صيانتها وتنظيفها بشكل جيد.
- والتأكد من أن مستويات الرطوبة منخفضة قدر الإمكان باستخدام حاويات جيدة التهوية، إذا كانت متوفرة، وبطانة من الورق المقوى/ورق الكرافت.
- وبالنسبة إلى الكاكاو المعبأ في أكياس: ينبغي تحميل الأكياس بعناية وتغطيتها بمواد لامتناس النكاثف.
- وبالنسبة إلى الكاكاو السائب: ينبغي استخدام بطانة بلاستيكية قابلة للإغلاق المحكم إن أمكن، والتأكد من إبقائها بعيدة عن سقف الحاوية.
- والتأكد من أن فتحات التهوية في الحاويات خالية من الانسداد.
- والتأكد، قدر الإمكان، من عدم تعرض الكاكاو لتقلبات درجات الحرارة وعدم تخزينه بالقرب من مواد ضارة.

ملاحظات

¹ منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية. 2001. مبدونة الممارسات للإجراءات الموجهة نحو المصدر للحد من التلوث الكيميائي في الأغذية. مبدونة الممارسات رقم CXC 49-2001. هيئة الدستور الغذائي. روما.