

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

Международные стандарты на пищевые продукты



Продовольственная и  
сельскохозяйственная  
организация  
Объединенных Наций



Всемирная  
организация  
здравоохранения

E-mail: [codex@fao.org](mailto:codex@fao.org) - [www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)

---

## НОРМЫ И ПРАВИЛА ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И СНИЖЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАКАО-БОБОВ КАДМИЕМ

СХС 81-2022

Приняты в 2022 году.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящих Норм и правил является предоставление странам – производителям какао и предприятиям данной отрасли руководства по предотвращению и снижению загрязнения какао-бобов кадмием в процессе их производства и переработки: ферментации, сушки, хранения и транспортировки.

Кадмий (Cd) – тяжелый металл, попадающий в окружающую среду главным образом в результате антропогенной деятельности, такой как переработка руд, сжигание топлива, загрязнение промышленными отходами и навозом и использование фосфорных удобрений. Кадмий может попадать в почву также естественным путем в результате вулканической активности и эрозии глинистых сланцев, из морских аэрозолей и удобрений на основе осадков сточных вод.

Кадмий токсичен и долго сохраняется в почве (расчетный период полураспада кадмия в почвах составляет от 15 до 1100 лет). Кадмий поглощается и биоаккумулируется деревьями какао (*Theobroma cacao* L.), что в некоторых случаях приводит к недопустимо высокому содержанию кадмия в какао-бобах. Следовательно, могут потребоваться меры как по снижению содержания кадмия в почве, так и по снижению поглощения кадмия деревьями какао.

Кадмий в чистом виде в природе не встречается. В соединениях его наиболее распространенная валентность составляет +2. Кадмий в почве, как правило, ассоциирован с железом (Fe), цинком (Zn), свинцом (Pb), фосфором (P), магнием (Mg), кальцием (Ca) и медью (Cu). Концентрация кадмия в почвах зависит главным образом от pH почвы, влияющего на растворимость и подвижность кадмия. Большинство металлов в почве, как правило, более биодоступны для растений при кислом pH.

В целях предотвращения и снижения загрязнения кадмием следует добиваться увеличения адсорбции кадмия на поверхности частиц почвы, поскольку это снижает подвижность кадмия в почвенном профиле и его биодоступность для деревьев какао и соответственно воздействие на окружающую среду. Концентрация кадмия в почвенном растворе, а также его биодоступность и подвижность определяются главным образом реакциями адсорбции и десорбции на поверхности почвенных коллоидов. Почвенные факторы, влияющие на накопление и доступность кадмия, включают pH, механический состав почвы, содержание органического вещества, оксидов и гидроксидов Fe и марганца (Mn), цинка, карбонатов и хлоридов и емкость катионного обмена (CEC) почвы.

При щелочном pH повышенное содержание хлоридов в почве, как правило, повышает образование хлоридных комплексов, которое снижает адсорбцию кадмия на частицах почвы, тем самым повышая подвижность и биодоступность кадмия.

Развитие знаний о том, как различные системы производства увеличивают или уменьшают загрязнение какао-бобов кадмием, будет способствовать выработке комплексных систем производства какао.

Прививки как эффективная стратегия размножения видов с низким уровнем поглощения кадмия могут быть целесообразным решением на различных типах почв и для различных уровней содержания кадмия в почве, но для деревьев какао такой метод был опробован пока только в эксперименте.

Для снижения содержания кадмия в какао-бобах решающее значение имеют выявление районов производства какао с высоким содержанием кадмия и выработка стратегий решения данной проблемы, включая меры, которые могут быть приняты в ближайшем будущем (например, анализ почвы и внесение почвоулучшителей), тогда как для реализации других мер потребуется больше времени (например, прививки на подвой растений с низким поглощением кадмия).

## II. СФЕРА ОХВАТА

Настоящие Нормы и правила содержат рекомендации по мерам предотвращения и сокращения загрязнения какао кадмием перед посадкой или на новых плантациях, на этапе производства до сбора урожая и на послеуборочном этапе.

## III. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **Адсорбция и абсорбция:** адсорбция относится к физико-химическому процессу притяжения и удержания кадмия частицами почвы. Абсорбция относится к общему объему поглощения кадмия из почвы корнями деревьев какао.
- **Биодоступность:** биодоступность кадмия, содержащегося в минералах, для растений может быть определена как его доступность для нормальных метаболических и физиологических процессов, на которую влияют многие факторы, включая общую концентрацию и химический состав металлов, pH, окислительно-восстановительный потенциал, температуру, общее содержание органического вещества (растворенного и взвешенного) и содержание взвешенных частиц в почве.

- **Биочар (биоуглерод):** продукт пиролиза остаточной биомассы. Биочар – твердый высокоуглеродистый продукт, полученный из биомассы растительного и (или) животного происхождения, применяемый в сельском хозяйстве.
- **Багасса (жом сахарного тростника):** побочный продукт производства сахара, состоящий из волокнистой части сахарного тростника после измельчения и отделения от него сока.
- **Емкость катионного обмена (СЕС):** мера способности почвы удерживать положительно заряженные ионы. На поверхности частиц глинистых минералов и компонентов органического вещества почвы имеются отрицательно заряженные участки, которые адсорбируют и удерживают положительно заряженные ионы (катионы). Такой электрический заряд имеет важнейшее значение для снабжения растений питательными веществами, поскольку многие из питательных элементов (например, Mg, K и Ca) присутствуют в почве в виде катионов.
- **Какао-боб:** семя плода дерева какао, состоящее из эписпермия (также называемого семенной оболочкой или кожурой), зародыша и семядолей.
- **Сушка:** высушивание какао-бобов на солнце или в механических/солнечных сушилках (или сочетанием обоих методов) с целью снижения содержания влаги (до менее 8 процентов) для обеспечения их качества при хранении.
- **Ферментация:** процесс, направленный на разложение пульпы и инициацию биохимических изменений в семядолях какао-бобов под воздействием ферментов и при участии микроорганизмов, естественным образом присутствующих на плантации.
- **Гумус:** органический компонент почвы, образующийся в результате разложения листьев и других растительных остатков почвенными микроорганизмами.
- **Обрезка:** ежегодное удаление сухих, больных, слабых и конкурирующих ветвей у затеняющих деревьев и деревьев какао.
- **Пульпа:** водянистая, слизистая кислая масса, окружающая семена.
- **Отенение:** выращивание деревьев какао вместе с затеняющими деревьями с целью защиты от избыточного солнечного излучения и ветра. В первые четыре года жизни растений площадь зоны отенения составляет обычно около 50 процентов, после чего может быть снижена до 25-30 процентов.
- **Почвоулучшители:** вещества, добавляемые в почву для улучшения ее физических и химических свойств. В зависимости от характеристик почвы в качестве почвоулучшителей могут применяться компост, навоз, сульфат магния, барда, цеолиты (минералы или адсорбенты, способные накапливать и отдавать воду в зависимости от условий внешней среды), биочар, или биоуглерод, сульфат кальция, известь, багасса, сульфат цинка, доломит (карбонат кальция и магния), вермикомпост, сахарный тростник, пальмоядровый жмых, фосфориты и другие органические вещества.
- **Барда:** побочный продукт производства спирта из сахарного тростника. Барда получается в результате ферментации и дистилляции патоки; это основной органический отход спиртопроизводства.

#### IV. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАКАО-БОБОВ КАДМИЕМ

##### 4.1 Перед посадкой – на новых плантациях

###### 4.1.1 Рекомендуемые меры в краткосрочной и среднесрочной перспективе

Меры по предотвращению и снижению загрязнения кадмием какао-бобов должны начинаться с проведения физико-химического анализа почвы, который является неотъемлемой частью практики перед закладкой новой плантации. Анализ почвы не ограничивается измерением содержания кадмия, но должен включать также определение процентного содержания органического вещества, емкости катионного обмена, содержания растворимого цинка и хлоридов. Физический анализ почвы проводится по следующим показателям: песок, %, глина, %, ил, %; группа механического состава. Химический анализ почвы должен определить в соответствующих случаях: рН; органическое вещество, %; общий N, %; содержание доступных оксидов и гидроксидов P, K, Pb и Fe и карбонатов Mn, Cd и Zn, ppm; содержание обменных катионов Ca, Mg, K, Na, Al и H (смоль/кг); СЕС: обменные основания, %, обменная кислотность, %, поглощенный Al, %. Рекомендуется консультация с квалифицированным специалистом для получения информации о параметрах, имеющих отношение к поглощению кадмия растениями, и для интерпретации результатов анализов почвы.

Национальным или соответствующим органам по контролю качества пищевых продуктов следует рассмотреть возможность применения направленных на источник загрязнения мер, описанных в *Нормах и правилах мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения пищевых продуктов контаминантами, источниками которых является окружающая среда* (СХС 49-2001)<sup>1</sup>.

На новых плантациях следует рассмотреть возможность использования многолетних бобовых в качестве покровных культур. Покровные культуры повышают содержание органического вещества почвы и могут защищать почву от эрозии и сокращать потерю питательных элементов, повышая производительность почвы за счет увеличения доступности незаменимых питательных веществ и снижения биодоступности металлов.

Рекомендации по содержанию кадмия в почве конкретно для районов выращивания деревьев какао не выработаны. Кислотность почвы влияет на допустимые уровни кадмия в почве.

Можно вести мониторинг содержания кадмия в поливных водах, чтобы определить, являются ли они потенциальным источником кадмия (например, уровень кадмия в поливных водах выше фоновых значений в связи с загрязнением из точечного источника). В качестве одного из возможных ориентиров можно использовать рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), согласно которым верхний предел содержания кадмия в питьевой воде составляет 0,005 мг/л.

Хотя известны преимущества производства какао-бобов в условиях агролесоводства, данные о влиянии агролесоводства в сравнении с монокультурой на уровни кадмия являются предварительными. Исследования, в которых систематически сравнивались агролесоводство и монокультура, не обнаружили статистически значимого различия в содержании кадмия в какао-бобах.

Наиболее часто используемыми в агролесоводстве теневыми видами растений на плантациях какао являются различные представители семейства банановых, обеспечивающие временное отенение на первых этапах устройства плантации и деревья семейства бобовых, такие как эритрины (*Erythrina* spp.) и гуабы (*Inga edulis*) в качестве постоянных теневых деревьев. Другие теневые виды растений, обеспечивающие большую экономическую выгоду, включают древесные породы (например, лавр, кедр, колумбийское красное дерево (*Cariniana pyriformis*), саман, или дождевое дерево, и терминалия) и (или) плодовые деревья (например, цитрусовые, авокадо, сапота, хлебное дерево, финиковая пальма). Рекомендуется высаживать невысокие теневые деревья и использовать цитрусовые или плодовые деревья по периметру плантации деревьев какао.

Следует по возможности закладывать плантации на удаленных от автомобильных дорог участках либо принимать меры по снижению обусловленного выбросами двигателей внутреннего сгорания (например, автомобильных) воздействия на плантации какао, поскольку выбросы могут содержать кадмий. Также плантации следует располагать на участках, удаленных от городских свалок, предприятий горнодобывающей и металлообрабатывающей промышленности, свалок промышленных отходов и водоочистных сооружений как возможных источников кадмия.

Необходимо избегать подтапливаемых участков, если источники воды загрязнены кадмием.

#### **4.1.2 Рекомендуемые меры в долгосрочной перспективе**

При закладке новых плантаций рекомендуется выбирать для посадки сорта, способные к меньшему поглощению кадмия.

### **4.2 От производства до сбора урожая**

#### **4.2.1 Рекомендуемые меры в краткосрочной и среднесрочной перспективе**

Важное значение имеет информация об источниках и распределении кадмия в почве. В целом следует отметить, что любая органическая или неорганическая добавка перед внесением должна быть проверена на содержание кадмия, поскольку, в зависимости от происхождения, может содержать кадмий и стать его источником для растений. Так, кадмий в высоких концентрациях могут содержать осадок сточных вод, летучая зола и фосфатные удобрения. Для применения следует выбирать фосфатные удобрения с низким содержанием кадмия. Чтобы уменьшить поглощение кадмия, фосфатные удобрения для плантаций какао должны соответствовать национальным нормам соотношения кадмия и фосфора (Cd: P или Cd: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Данные свидетельствуют о положительной корреляции между повышенными уровнями содержания кадмия в почве (по результатам анализов почвы) и повышенными уровнями содержания кадмия в растительных тканях и какао-бобах.

По возможности, анализы характеристики почвы для плантаций какао должны проводить аккредитованные лаборатории, использующие валидированные методы, сертифицированные образцы и стандарты и предоставляющие результаты вместе с оценкой неопределенности измерения. Кроме того, важно проводить анализы почвы, используя международно признанные методы, которые должны включать методы, подходящие для использования местными фермерами, рассчитывающими экспортировать какао. Анализы характеристики почвы должны, не ограничиваясь кадмием, включать также питательные элементы почвы (см. раздел 4.1.1). Наиболее важным параметром, который необходимо измерять на постоянной основе, является рН почвы.

Протокол отбора проб почвы должен предусматривать получение образцов с каждой фермы, поскольку содержание кадмия может варьироваться в пределах одного района производства какао. В связи с естественными изменениями уровней содержания кадмия и цинка в почве следует отбирать как минимум одну объединенную пробу почвы (состоящую из минимум 20 точечных проб) на гектар. Протокол должен учитывать международные стандарты отбора проб для почв, загрязненных тяжелыми металлами. Пробы для исследований и полевых оценок отбираются с глубины 0–15 см. Поскольку содержание кадмия в листовом опаде деревьев какао может превышать его содержание в почве, на которой деревья растут, кадмий из опада может метаболизироваться в верхних слоях почвы, что увеличит его содержание в слое 0–5 см. Взятие проб с глубины 0–15 см обеспечивает более репрезентативный показатель содержания кадмия в почве.

В районах, где содержание кадмия в какао-бобах относительно высоко, важно определить степень засоления почвы и поливной воды (анализ на хлористые соли), поскольку абсорбция кадмия растениями увеличивается при повышенных концентрациях хлоридов. Однако данный эффект наиболее выражен в щелочных почвах ( $\text{pH} > 7,0$ ). Поэтому в тех случаях, когда уровни содержания кадмия в какао-бобах вызывают обеспокоенность, а почва щелочная, необходимо определить электропроводность почвы и воды, которая должна составлять менее 2 мСм/см.

#### **4.2.2 Стратегии иммобилизации кадмия в почве (меры в краткосрочной и среднесрочной перспективе)**

При дефиците цинка в почве следует повысить уровень его содержания. Кадмий конкурирует с цинком за поглощение растениями и с большей вероятностью попадает в растения и аккумулируется в какао-бобах, если концентрация цинка в почве низка. Национальные и местные органы власти могут определить предельные уровни содержания цинка для почв, предназначенных для выращивания деревьев какао.

Сульфат цинка вносится в почву в ходе ежегодного внесения удобрений на плантациях какао в соответствии с требованиями данной культуры и уровнем содержания цинка в почве. Однако в случаях, когда сульфат цинка вносится в больших количествах (например, 25 кг Zn/га) для ингибирования поглощения кадмия из почв с высоким содержанием кадмия, может произойти подкисление почвы, что требует добавления известняка для нейтрализации последствий подкисления.

Наиболее эффективным на сегодняшний день методом снижения биодоступности кадмия является известкование почвы в случаях, когда  $\text{pH}$  почвы  $< 6$ . Известкование является агротехническим методом снижения поглощения кадмия деревьями какао, выращиваемых на сильнонокислых почвах, и добавление извести может также улучшить питание и повысить продуктивность деревьев какао. При этом важно убедиться, что вносимая известь не содержит кадмия.

Целью регулирования  $\text{pH}$  почвы является достижение  $\text{pH} > 6$ , но при высоких уровнях содержания кадмия в почве может потребоваться более высокий  $\text{pH}$  для снижения аккумуляции кадмия деревьями какао. При этом  $\text{pH}$  не должен быть настолько высоким, чтобы снизить абсорбцию необходимых минералов и микроэлементов. Также для поддержания уровня цинка может потребоваться добавление сульфата цинка в удобрениях.

Для постепенного снижения  $\text{pH}$  и добавления кальция и магния, необходимых для здоровья деревьев какао, вносится известь в небольших количествах (3 т/га/год), предпочтительно в виде доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Это может способствовать осаждению кадмия и снижению его биодоступности. Следует избегать избыточного известкования, поскольку оно может снизить биодоступность питательных микроэлементов.

Полевые исследования позволяют сделать вывод, что увеличение количества органического вещества почвы может повысить адсорбцию кадмия почвой и таким образом способствовать снижению содержания кадмия в какао-бобах. Внесение органических удобрений, таких как обработанный навоз скота на стойловом содержании или компост, повышает содержание органического вещества в почве и его микробиологическую активность.

Для успешного производства какао крайне важно вносить в почву фосфаты, поскольку тропические почвы отличаются очень низким содержанием фосфатов. Для этого лучше всего использовать

органические удобрения с высокой биодоступностью фосфора и низким содержанием кадмия. Поскольку фосфатные удобрения или фосфорсодержащие осадочные породы могут содержать кадмий в высоких концентрациях, их следует использовать только при условии низкого содержания кадмия. Во всех случаях такие удобрения должны соответствовать требованиям к предельным уровням кадмия, установленным национальными или региональными компетентными органами.

В целом, формула соотношения азота, фосфора и калия в тройных (азотно-фосфорно-калийных) удобрениях для внесения на плантациях деревьев какао будет варьировать в зависимости от возраста деревьев и характеристик почвы. Содержание тяжелых металлов в удобрениях перед внесением необходимо проверять путем анализа, чтобы убедиться в низком содержании кадмия.

Внесение почвоулучшителей (сульфат магния, доломитовый известняк, барда, цеолит, гумус, древесный уголь, сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ), багасса и сульфат цинка ( $\text{ZnSO}_4$ )) может помочь снизить концентрации кадмия в какао-бобах. Выбор добавок зависит от характеристик почвы.

Барда является источником калия и служит питательной средой для грибов, образующих микоризы на корнях деревьев какао, тем самым повышая эффективность поступления фосфора и иммобилизации кадмия.

Известь и жмых сахарного тростника могут снизить биодоступность кадмия в почвенном профиле. Еще одним вариантом является внесение цеолитов в почвы с высоким содержанием песка и тяжелые глинистые почвы. Применения апатитов и фосфоритов, которые могут содержать кадмий, следует по возможности избегать.

Биочар продемонстрировал способность снижать поглощение кадмия какао-бобами. Показатели снижения поглощения кадмия в результате внесения биочара сопоставимы с показателями в результате известкования, кроме того, биочар повышает эффективность известкования.

Биочар и компост оказывают значительное влияние на физико-химические характеристики почвы, биодоступность металлов (включая кадмий) и ферментную активность в почвах, загрязненных тяжелыми металлами, способствуя таким образом снижению концентрации кадмия в деревьях какао.

Выявленные генотипы деревьев какао с низким уровнем биоаккумуляции кадмия обладают потенциалом для использования в мерах по снижению содержания кадмия в качестве подвоя и получения новых сортов, более устойчивых к абсорбции кадмия.

#### **4.2.3 Предотвращение дальнейшего загрязнения почвы кадмием (рекомендуемые в краткосрочной и среднесрочной перспективе методы)**

Для снижения загрязнения почвы кадмием необходимо убирать обрезанные ветви и листья деревьев какао и теневых деревьев, поскольку они могут содержать кадмий, который при разложении выделяют в верхний слой почвы. На плантациях какао с высоким уровнем содержания кадмия в листьях агротехника должна включать обязательную уборку обрезанных ветвей и листьев.

Осадок сточных вод в качестве удобрения использовать нельзя.

Нельзя закапывать или сжигать бытовые отходы, поскольку они могут содержать металлы, включая кадмий. Закапывание бытовых отходов может вести к загрязнению грунтовых вод, а их сжигание – к попаданию летучих металлов в атмосферу и последующему загрязнению почвы.

Национальным или региональным органам власти следует рассмотреть возможность ограничения деятельности рядом с плантациями какао наиболее загрязняющих окружающую среду промышленных производств, таких как добыча и выплавка цветных металлов, металлообработка, дубление кожи, сжигание угля и производство фосфатных удобрений.

#### **4.3 Послеуборочный этап (рекомендуемые в краткосрочной и среднесрочной перспективе методы)**

Ферментация какао-бобов – важный этап производства какао, необходимый для выработки вкуса и аромата шоколада.

Разжижение пульпы и ее отделение (дренирование) от какао-бобов улучшает органолептические характеристики какао-бобов, снижая в процессе ферментации их кислотность. Исследования показали, что дренирование в течение 12, 24 или 36 часов снижает содержание кадмия, не отражаясь на вкусоароматических качествах какао.

Во время ферментации какао-бобов необходимо убедиться, что они не загрязняются дымом, выхлопными газами автомобилей или сушильных установок или промышленными выбросами.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* в процессе ферментации какао-бобов абсорбируют кадмий. Экспериментальные исследования показали, что повышение концентрации *Saccharomyces cerevisiae* во время ферментации может способствовать снижению содержания кадмия в какао-бобах.

После ферментации какао-бобы следует сушить на чистых твердых поверхностях, чтобы избежать их загрязнения землей.

Во время хранения необходимо предотвращать загрязнение какао-бобов выхлопными газами, разлившимся топливом и его испарениями.

#### 4.4 Транспортировка (рекомендации)

Во время перевозки какао-бобов рекомендуется соблюдать надлежащую практику:

- накрывать участки погрузки и разгрузки от дождя;
- обеспечивать надлежащее техническое обслуживание и тщательную очистку транспортных средств;
- убедиться, что брезентовое покрытие/защитный чехол были чистыми и неповрежденными;
- убедиться, что контейнеры чистые, поддерживаются в надлежащем состоянии и не использовались для перевозки химикатов или вредных веществ;
- обеспечить как можно более низкий уровень влажности, используя вентилируемые контейнеры, если таковые имеются, и картон/высокопрочную оберточную бумагу;
- при транспортировке в мешках: загружать мешки аккуратно и накрывать материалами для предотвращения образования конденсата;
- при транспортировке насыпью: по возможности, использовать герметичные пластиковые вкладыши и проследить, чтобы они не соприкасались с крышей контейнера;
- убедиться в свободном поступлении воздуха через вентиляционные отверстия контейнеров; и
- обеспечить, насколько это возможно, чтобы какао не подвергалось перепадам температуры и не хранилось рядом с вредными веществами.

#### ПРИМЕЧАНИЯ

---

<sup>1</sup> ФАО и ВОЗ. 2001. *Нормы и правила мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения пищевых продуктов контаминантами, источниками которых является окружающая среда*. № СХС 53-2003. Комиссия "Кодекс Алиментариус". Рим.