



UNODC

Управление Организации Объединенных Наций
по наркотикам и преступности



Рекомендуемые методы идентификации и анализа каннабиса и продуктов каннабиса

Фото:
UNODC Photo Library; UNODC/Ioulia Kondratovitch; Alessandro Scotti.

Секция лабораторного и научного обеспечения
УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО НАРКОТИКАМ И ПРЕСТУПНОСТИ
Вена

**Рекомендуемые методы
идентификации и анализа каннабиса
и продуктов каннабиса**
(пересмотренное и дополненное издание)

РУКОВОДСТВО ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ НАРКОТИКОВ



ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
Нью-Йорк, 2010 год

Примечание

Условия работы и проведения экспериментов приводятся по исходным справочным материалам, включая неопубликованные методы, утвержденные и применяемые отдельными национальными лабораториями (см. список литературы). Во многих случаях сопоставимые результаты можно получить при изменении ряда условий и замещении перечисленных коммерческих продуктов, однако при этом любые изменения должны быть утверждены перед внедрением в повседневную практику лабораторий.

Упоминание названий фирм и коммерческих продуктов не означает их поддержку со стороны Организации Объединенных Наций.

ST/NAR/40

Настоящая публикация официально не редактировалась.
Подлинный текст на английском языке

Выражение признательности

Секция лабораторного и научного обеспечения (под руководством Джастиса Тетти) Управления Организации Объединенных Наций по наркотикам и преступности (ЮНОДК) выражает благодарность за вклад в подготовку настоящего руководства, который внесли следующие эксперты:

д-р Майкл Бовенс и г-н Маркус Шлепфер, Служба судебной научно-технической экспертизы, полиция г. Цюриха, Швейцария

г-жа Сью Фиддиан, руководитель отдела ботаники, департамент судебной экспертизы, полиция шт. Виктория, Австралия; и Консультативная группа специалистов по запрещенным наркотикам для старших руководителей лабораторий судебной экспертизы Австралии и Новой Зеландии

г-н Эндрю Холмс, старший научный советник, служба экспертизы наркотиков, Министерство здравоохранения Канады, Торонто, Канада

д-р Хенк Хёйзер, департамент по наркотикам, Нидерландский институт судебной экспертизы, Гаага, Нидерланды (в отставке)

г-н А. Кадер Джакариа, эксперт по судебной химии и токсикологии, Маврикий

д-р Ли Тонг Куй, директор отдела по запрещенным наркотикам и токсикологии, группа прикладных наук, департамент медицинских наук, Управление по вопросам здравоохранения Сингапура

г-н Адриано Отавио Малданер и г-жа Даниэла Заго Соза, Федеральная уголовная полиция, Бразилия

д-р Х. Стамбули, лаборатория судебной экспертизы, Королевская жандармерия, Рабат, Марокко

д-р Кальман Сендреи, почетный профессор Университета им. Альберта Сент-Дьёрдьи, Сегед, Венгрия

Секция лабораторного и научного обеспечения ЮНОДК хотела бы также выразить признательность д-ру Майклу Бовенсу и Маркусу Шлепферу за переработку и дополнение первоначального руководства “Рекомендуемые методы анализа каннабиса”, подготовку первого проекта настоящего пересмотренного и дополненного руководства и доработку рукописи с использованием дополнительных материалов, представленных вышеупомянутыми экспертами*.

Подготовку настоящей публикации для ЮНОДК координировала Барбара Ремберг, которая выражает благодарность всем остальным сотрудникам ЮНОДК за их вклад в эту работу.

*Д-р Бовенс выражает признательность г-же Лизе Фришкнехт за помощь в редактировании первоначального проекта.

Содержание

	<i>Cmp.</i>
1. ВВЕДЕНИЕ	1
1.1 История вопроса	1
1.2 Назначение и применение руководства	2
2. НЕЗАКОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКТОВ КАННАБИСА	5
2.1 Рынок каннабиса	5
3. ОПИСАНИЕ РАСТЕНИЯ КАННАБИС И НЕЗАКОННЫХ ПРОДУКТОВ КАННАБИСА	7
3.1 Название	7
3.2 Синонимы	7
3.3 Таксономия	7
3.4 Внешний вид	7
3.5 Похожие растения	9
3.6 Селекция	10
3.6.1 Синсемилла (с испанского “без семян”)	11
3.6.2 Клонирование	11
3.6.3 Искусственный гермафродитизм	11
3.6.4 Культивирование в открытом грунте	11
3.6.5 Культивирование в защищенном грунте	12
3.7 Промышленный каннабис	12
3.8 Цветение	13
3.9 Сбор урожая	13
3.10 Продуктивность	13
3.11 Распределение Δ ⁹ -ТГК в растениях и продуктах каннабиса	14
3.12 Биосинтез	14
3.13 Продукты каннабиса	15
3.13.1 Растительная масса каннабиса	15
3.13.2 Смола каннабиса (гашиш)	16
3.13.2.1 Смола каннабиса из стран Средиземноморья	17
3.13.2.2 Смола каннабиса из Южной и Юго-Западной Азии	17
3.13.2.3 Смола каннабиса, получаемая при помощи “опылителей”/“оледенителей”	18
3.13.3 Жидкий каннабис (гашишное масло)	19
3.13.4 Семена каннабиса и масло семян каннабиса	19
3.13.5 Эфирное масло каннабиса	20
3.14 Оценка возраста проб, содержащих каннабис	20
3.15 Наркотические и текстильные сорта каннабиса	20

4. ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ, ИМЕЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	23
5. КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ КАННАБИСА	27
5.1 Отбор проб	27
5.1.1 Отбор проб растений (с плантаций на защищенном и открытом грунте)	27
5.1.2 Отбор проб изъятых продуктов каннабиса	28
5.1.2.1 Растительные продукты каннабиса	28
5.1.2.2 Смола каннабиса	29
5.1.2.3 Жидкий каннабис (масло)	29
5.2 Минимальные критерии положительной идентификации каннабиса	29
5.3 Исследование внешнего вида	29
5.3.1 Макроскопические характеристики	29
5.3.2 Микроскопические характеристики	32
5.4 Химическое исследование	34
5.4.1 Общие аспекты	34
5.4.2 Подготовка проб к химическому исследованию	35
5.4.2.1 Подготовка растительной массы каннабиса	35
5.4.2.2 Подготовка смолы каннабиса	35
5.4.2.3 Подготовка масла каннабиса	35
5.4.3 Предварительные методы исследования	35
5.4.3.1 Тесты на основе цветных реакций	35
5.4.3.2 Иммунологический анализ	38
5.4.4 Спектрометрия ионной подвижности (СИП)	38
5.4.5 Тонкослойная хроматография (ТХС)	38
5.4.6 Газовая хроматография с плазменно-ионизационным детектированием (ГХ-ПИД) без дериватизации или с дериватизацией	41
5.4.6.1 Хроматография на капиллярной колонке	41
5.4.7 Газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС)	43
5.4.8 Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)	43
6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОДУКТОВ КАННАБИСА	47
6.1 Составление профилей ГХ-ПИД по изъятым продуктам каннабиса	47
6.2 Твердофазная микроэкстракция (ТФМЭ)	47
6.3 Масс-спектрометрия соотношения стабильных изотопов (МСИ)	48
6.4 Составление профилей ДНК	48
7. ЛИТЕРАТУРА	49

1. Введение

1.1 История вопроса

Продукты каннабиса занимают первое место в мире по объему незаконного оборота, и в 2006 году с ними было связано 65 процентов произведенных во всем мире изъятий (1,65 млн. случаев). В 2006 году было изъято 5200 тонн марихуаны и 1000 тонн смолы. Проблема незаконного оборота каннабиса затрагивает практически все страны мира. Он остается также самым популярным в мире наркотиком. В 2006 году каннабис употребляли, по оценкам, 166 млн. человек, или около 4 процентов населения Земли в возрасте от 15 до 64 лет.

В то же время, особенно с конца прошлого века, методы производства постоянно совершенствуются, в результате чего на черных рынках представлен широкий ассортимент продуктов каннабиса с различным уровнем содержания основного психоактивного вещества, дельта-9-тетрагидроканнабинола (ТГК). В последнее время возобновилось также обсуждение проблемы повышения уровня содержания ТГК (зачастую именуемого “силой действия”) в запрещенных продуктах каннабиса.

В этой связи возникает потребность в аналитических данных, которые были бы сопоставимы на межлабораторном уровне и в динамике. Однако в законодательстве большинства стран не предусмотрено требование проводить подробный анализ содержания ТГК в различных продуктах, а в странах, где такие анализы все-таки проводятся, применяются самые разнообразные подходы и планы экспериментов, что ограничивает сопоставимость получаемых результатов. Например, на международном уровне еще не были стандартизованы ни процесс преобразования таких природных соединений, как тетрагидроканнабиноловая кислота (ТГК), в ТГК при курении или при определенных аналитических условиях, ни порядок отражения соответствующих данных в аналитических отчетах. В техническом отношении анализ продуктов каннабиса осложняется также из-за относительной ограниченности доступа к чистым и надлежащим образом описанным эталонным образцам ТГК и других каннабиноидов*.

Настоящее руководство представляет собой дополненный и в значительной мере переработанный текст руководства “Рекомендуемые методы анализа каннабиса” (ST/

*В связи с этим необходимо иметь в виду, что полное описание ТГК было дано только лишь в середине 1960-х годов, и его чистый контрольный эталон появился лишь в конце 1960-х годов. Поэтому результаты, полученные до этого времени, нельзя сравнивать с сегодняшними данными и следует считать приблизительными.

NAR/8), опубликованного в 1987 году. Руководство подготовлено с учетом развития аналитической техники и технологии и новых открытий в исследовании каннабиса в целях создания аналитической базы для объективного обсуждения динамики изменения уровня содержания ТГК и различий между регионами и продуктами.

1.2 Назначение и применение руководства

Настоящее руководство является одним из изданий серии аналогичных публикаций, посвященных идентификации и анализу различных видов наркотиков, находящихся под международным контролем. Эти руководства готовятся в рамках программы, осуществляющей ЮНОДК с начала 1980-х годов и преследующей цель унификации и внедрения рекомендуемых методов анализа для национальных лабораторий экспертизы наркотиков.

В соответствии с общим назначением этой серии в настоящем руководстве предлагаются подходы, позволяющие специалистам по анализу наркотиков выбрать наиболее подходящие методы для анализа исследуемой пробы и получить данные, необходимые для достижения конкретной цели, но при этом остается также возможность внесения изменений с учетом уровня технической оснащенности лабораторий и различных правовых нужд. В настоящее руководство включены в основном утвержденные методы, которые на протяжении многих лет применяются авторитетными лабораториями, а также в рамках межлабораторных исследований, совместных мероприятий и аттестаций. Между тем следует иметь в виду, что существует целый ряд других методов, описанных в том числе в литературе по судебной экспертизе и также позволяющих получать приемлемые результаты. **Любой новый метод, который планируется применять в вашей лаборатории, должен быть утвержден и/или опробован перед внедрением в повседневную практическую деятельность.**

Кроме того, существует ряд других более совершенных подходов, однако для выполнения повседневных задач они могут и не понадобиться. Поэтому представленные в настоящем руководстве методы следует рассматривать как общие указания, т. е. незначительные изменения, вносимые с учетом местных условий, как правило, не должны влиять на действительность результатов. Выбор методологии и подхода к анализу, равно как и решение вопроса о необходимости применения дополнительных методов оставляются на усмотрение самого специалиста по анализу и могут также зависеть от наличия соответствующего инструментария и уровня требований в отношении приемлемых в правовом отношении доказательств в той стране, где работает этот специалист.

Внимание также обращается на особую важность обеспечения доступа специалистов по анализу наркотиков к эталонным материалам и справочной литературе по наркотикам, являющимся предметом злоупотребления, и методам анализа. Кроме того, специалист по анализу должен быть в курсе последних тенденций в области анализа наркотиков и постоянно следить за современной аналитической и научной литературой по судебной экспертизе.

Секция лабораторного и научного обеспечения ЮНОДК будет признательна за замечания по содержанию и практической полезности настоящего руководства. Комментарии и предложения просьба направлять по адресу:

Laboratory and Scientific Section
United Nations Office on Drugs and Crime
Vienna International Centre
P.O. Box 500
1400 Vienna
Austria

Fax: (+43-1) 26060-5967
E-mail: Lab@unodc.org

Все руководства, а также руководящие указания и другие научно-технические публикации можно получить, направив соответствующий запрос по вышеуказанному адресу.

2. Незаконное производство продуктов каннабиса

2.1 Рынок каннабиса

Продукты каннабиса прочно лидируют на черном рынке в ряду запрещенных наркотиков, являющихся предметом злоупотребления. Каннабис может выращиваться практически в любой стране, и его все активнее культивируют в защищенном грунте в технически развитых странах.

Производство растительной массы каннабиса марихуаны распространено очень широко и встречается практически во всех странах мира. Смолу каннабиса (гашиш) производят приблизительно в 65 странах, причем ее основными источниками являются страны Северной Африки и Юго-Западной Азии, в частности Афганистан и Пакистан.

Крупнейшим в мире производителем смолы каннабиса из растений, выращенных в открытом грунте, является Марокко. Эта африканская страна, по официальным данным, имеет самую большую площадь посевов каннабиса. Смола каннабиса, которую изымают в Европе, как и прежде, поступает в основном из Марокко. По своим характеристикам смола из этой страны схожа со смолой из стран южного и восточного Средиземноморья (см. раздел 3.13.2.1).

Второе место в мире по производству смолы каннабиса занимает Афганистан, где каннабис выращивается рядом с полями опийного мака. Смола каннабиса из этой страны имеет такие же характеристики, как и смола из других районов Индийского субконтинента (см. раздел 3.13.2.2). Некогда одним из ведущих поставщиков смолы каннабиса был Ливан, и, если бы не постоянные усилия по искоренению посевов, все могло бы остаться по-прежнему.

Что касается растительной массы каннабиса, то в 2006 году 55 процентов общемирового объема ее производства приходилось на долю Американского континента, за которым следовала Африка (около 22 процентов). Растительная масса каннабиса производится в основном для удовлетворения потребностей внутренних рынков и экспорта в соседние страны, иными словами, международный оборот растительной массы каннабиса довольно незначителен.

С 1970-х годов в Северной Америке и Европе прилагаются усилия по выведению более сильнодействующих сортов каннабиса, и во многих основных странах потребления этого наркотика рынок сильнодействующей и выращенной в

защищенном грунте синсемиллы (см. раздел 3.6.1) расширяется. За последние десять лет в Соединенных Штатах, Канаде и Нидерландах – трех странах, удерживающих передовые позиции в деле выведения новых сортов каннабиса и развития технологий его производства, – сила действия синсемиллы резко возросла, и, судя по некоторым признакам, во многих других странах ее доля на рынке наркотиков продолжает расти.

При этом нет никаких данных, которые говорили бы о существенном повышении реальной силы действия* каннабиса, реализуемого на европейском рынке. Это объясняется тем, что на рынке большинства европейских стран по-прежнему преобладает привозной каннабис (марихуана и смола), а сила действия этих ввозимых продуктов на протяжении многих лет остается неизменной на уровне 6–8 процентов. Увеличение силы действия каннабиса, наблюдаемое в ряде стран с конца 1990-х годов, связано с ростом предложения марихуаны, изготовленной кустарным способом из сортов каннабиса с высоким содержанием ТГК, выращенного с применением интенсивных гидропонных методов. В настоящее время культивирование каннабиса в защищенном грунте с целью производства марихуаны имеет место если не во всех европейских странах, то в большинстве из них. Однако, несмотря на эту тенденцию роста масштабов культивирования каннабиса в кустарных условиях (в защищенном грунте) в Европе, продукты каннабиса, выращенного в открытом грунте, главным образом смола каннабиса, по-прежнему ввозятся в этот регион, особенно в страны Центральной Европы [1, 2].

Судя по имеющимся ограниченным данным временных рядов о силе действия каннабиса, средняя концентрация Δ^9 -ТГК в изъятой марихуане кустарного производства возросла с 1,5 процента в 1980-х годах до приблизительно 4 процентов в конце 1990-х годов и почти 10 процентов в последние пять лет [3, 4]. По последним сообщениям из ряда европейских стран, средняя концентрация ТГК (сила действия) в некоторых видах растительного сырья составляет до 15–20 процентов, однако существенные различия между пробами наблюдаются даже в течение одного года [5, 6, 7, 8].

Хотя в сильнодействующей марихуане из каннабиса, выращенного в защищенном грунте, содержание ТГК выше, чем в смоле каннабиса из Марокко, последняя по-прежнему продается в Европе и, по мнению опытных потребителей каннабиса, вызывает довольно сильный эффект.

Более подробный и основанный на обновленных данных обзор положения в области производства, незаконного оборота и потребления каннабиса в мире предлагается во Всемирном докладе о наркотиках, ежегодно публикуемом Управлением Организации Объединенных Наций по наркотикам и преступности [9].

*Термин “реальная сила действия” обозначает средневзвешенную силу действия всех продуктов каннабиса с учетом их относительной доступности.

3. Описание растения каннабис и незаконных продуктов каннабиса

3.1 Название

Cannabis sativa L. (Linnaeus)

3.2 Синонимы

Для обозначения каннабиса используется так много местных и уличных названий и их синонимов, что их перечисление выходит за рамки настоящего руководства. К ним относятся: конопля, марихуана, анаша, план, ганджа, травка и многие другие [10].

3.3 Таксономия

Растения рода *Cannabis* и *Humulus* (хмель) относятся к одному семейству кононцевых (*Cannabaceae*, или *Cannabinaceae*). Принято считать, что каннабис составляет один вид (*Cannabis sativa* L.), включающий несколько подвидов (*C. sativa sativa*, *C. sativa indica*, *C. sativa ruderalis*, *C. sativa spontanea*, *C. sativa kafiristanica*) [11]. Однако химические и морфологические различия, в соответствии с которыми выделяются эти подвиды каннабиса, не всегда очевидны, зависят от условий произрастания и постоянно изменяются. В большинстве случаев для обозначения любого растения каннабис достаточно использовать название *Cannabis sativa* [12].

3.4 Внешний вид

Каннабис – однолетнее двудомное* цветковое травянистое растение. Мужские растения обычно выше женских, но менее крепкие. Стебель прямой, высотой от 0,2 до 6 метров. Однако обычно высота растений не превышает 1–3 метров. Ветвистость, как и высота растения, зависит от условий окружающей среды и наследственных факторов, а также от метода культивирования (см. также раздел 5.3.1).

*Большинство растений являются двудомными (т. е. мужские и женские цветки находятся на разных особях растения), хотя встречаются и однодомные растения (т. е. с мужскими и женскими цветками на одном растении).

Рисунок 1. Морфологические признаки *Cannabis sativa* L. [13]

- A Соцветие мужской (тычиночной) особи растения
- B Плодоносящая женская особь растения (с пестичными цветками)
- 1 Тычиночный цветок
- 2 Тычинка (пыльник и короткая тычиночная нить)
- 3 Тычинка
- 4 Пыльцевые зерна
- 5 Пестичный цветок с прицветником
- 6 Пестичный цветок без прицветника
- 7 Пестичный цветок с завязью (продольный разрез)
- 8 Семя (семянка*) с прицветником
- 9 Семя без прицветника
- 10 Семя (вид сбоку)
- 11 Семя (поперечный разрез)
- 12 Семя (продольный разрез)
- 13 Семя без оболочки (очищенное)

*Семя по сути является плодом или формально семянкой, состоящей из одного семени и твердой оболочки.

3.5 Похожие растения

Ряд растений по своим морфологическим признакам в большей или меньшей степени напоминают *Cannabis sativa*. Изображения некоторых из них представлены ниже. Вместе с тем при ближайшем рассмотрении их макроскопических и/или микроскопических характеристик перепутать эти растения практически невозможно [12]. Кроме того, существуют также простые методы предварительного анализа, позволяющие отличить *Cannabis sativa* от других растений (см. раздел 5.4.3).

Рисунок 2. Некоторые виды растений, похожие по своим морфологическим признакам на *Cannabis sativa* L.



Hibiscus cannabinus



Acer palmatum



Urtica cannabina

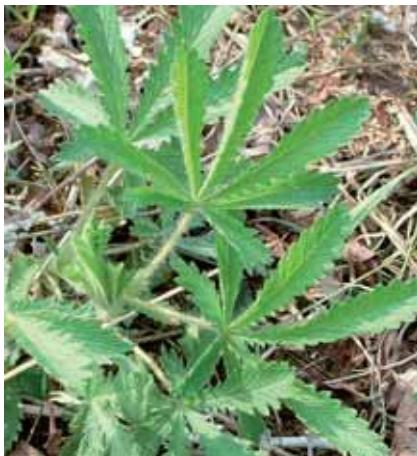
(Picture: [14])



Dizygotheca elegantissima

(Picture: [15])

Рисунок 2. Некоторые виды растений, похожие по своим морфологическим признакам на *Cannabis sativa* L. (продолжение)



Potentilla recta



Datisca cannabina

(Picture: [16])

За семена *Cannabis sativa* можно принять семена обычного хмеля (*Humulus lupulus*) и японского хмеля (*Humulus japonicus*). Однако наличие характерного сетчатого узора на оболочке (“черепахий панцирь”) позволяет легко отличить семена каннабиса.

Рисунок 3. Семена, похожие по своим морфологическим признакам на семена *Cannabis sativa* L.



Cannabis sativa



Humulus lupulus



Humulus japonicus

3.6 Селекция

Оптимальными для каннабиса почвами являются хорошо структурированные нейтральные глинистые почвы или суглинки с высокой влагоудерживающей способностью, но не подвергающиеся при этом заболачиванию.

Многочисленные опыты по селекции включали и попытки скрецивания подвидов *sativa* и *indica*, в результате которых был выведен гибридный сорт “сканк”

(“skunk”), представляющий собой на 75 процентов подвид *sativa* и на 25 процентов – *indica*.

Считается, что это был один из первых сортов, в котором удалось совместить высокий уровень содержания ТГК, присущий подвиду *C. sativa sativa*, с ускоренным циклом развития и продуктивностью подвида *C. sativa indica*. Сегодня в некоторых странах словом “сканк”, как правило, называют любой сорт каннабиса с высоким содержанием ТГК.

3.6.1 Синсемилла (с испанского “без семян”)

Термин “синсемилла” обозначает, скорее, не какой-либо сорт, а один из методов культивирования. Продукт каннабиса с максимально высоким уровнем содержания ТГК состоит только из женских соцветий (“шишек”), которые в зрелом состоянии не опыляются и поэтому не содержат семян. Производство синсемиллы требует выявления женских особей и недопущения их опыления.

3.6.2 Клонирование

Производство синсемиллы впервые наиболее заметно активизировалось с началом использования клонов. Клонирование означает всего лишь размножение черенками от здорового, “материнского” растения. Черенок укореняется, и затем его пересаживают. Он представляет собой генетическую копию “материнского” растения, и поэтому от него можно получить еще больше черенков. С одного квадратного метра материнских растений еженедельно можно снимать большое количество черенков.

3.6.3 Искусственный гермафродитизм

Генетически растения могут быть мужского или женского пола, однако под влиянием факторов окружающей среды, в частности продолжительности светового дня, пол растения может изменяться (гермафродитизм). Естественные гермафродиты, наделенные мужскими и женскими органами, обычно бесплодны, тогда как искусственно полученные гермафродиты могут иметь в полной мере функциональные репродуктивные органы. “Феминизированные” семена, реализуемые многими коммерческими поставщиками семян, получают от женских растений, являющихся искусственными гермафродитами, у которых отсутствует мужская хромосома, либо путем обработки семян гормонами или тиосульфатом серебра. Таким образом, только женские особи растений можно вырастить и из соответствующих семян [17, 18].

3.6.4 Культивирование в открытом грунте

Наиболее распространенным способом производства каннабиса в мире по-прежнему является культивирование в открытом грунте, и такие растения, как правило, хотя и не всегда, выращивают из семян.

Выращивание синсемиллы в открытом грунте осуществляется путем выявления и уничтожения мужских особей до опыления или путем использования искусственно выведенных женских растений – гермафродитов (см. раздел 3.6.3).

3.6.5 Культивирование в защищенном грунте

Выращивание каннабиса из семян предполагает, что половину растений могут составлять ненужные мужские особи. В высокозатратном тепличном производстве этого обычно с легкостью избегают, в частности путем клонирования. Клонирование и выращивание в защищенном грунте неразрывно связаны между собой. Культивирование в защищенном грунте практикуется, главным образом, в технически развитых странах, где для этого используются, как правило, подвалные помещения большой площади или помещения закрытых фабрик. Кроме того, в жилых домах и других строениях обычно также нередко одну или несколько комнат переоборудуют в теплицы, в которых культивирование зачастую осуществляется гидропонным методом, т. е. растения выращиваются не в грунте, а в питательных растворах.

Оптимальный уровень pH для этого растения в грунте составляет 6,5–7,2. При выращивании гидропонным методом идеальный уровень pH питательного раствора составляет 5,2–5,8, поскольку при таком уровне кислотно-щелочного баланса большинство бактерий и грибков гибнут, что создает благоприятные условия для выращивания каннабиса гидропонным методом и, следовательно, в защищенном грунте [19].

С примерами и обзором тенденций в области незаконного культивирования каннабиса в Соединенном Королевстве, включая соответствующие правовые и судебные последствия, можно ознакомиться в публикации [20].

3.7 Промышленный каннабис

Промышленный каннабис (промышленная конопля) включает целый ряд разновидностей *Cannabis sativa* L., предназначенных для сельскохозяйственного и промышленного применения. Они выращиваются для получения семян и волокон. Промышленный каннабис характеризуется низким содержанием ТГК и высоким содержанием каннабидиола (КБД). В большинстве европейских стран установленный в законодательном порядке максимально допустимый уровень содержания ТГК в культивируемом каннабисе составляет в настоящее время 0,2 процента (в Канаде – 0,3 процента). Соотношение КБД и ТГК больше единицы.

Во многих странах существуют так называемые “списки утвержденных сортов”. Разновидности, в которых содержание ТГК систематически превышает допустимый уровень, могут быть исключены из этих списков.

Уборка каннабиса с целью получения волокна производится в конце периода цветения женских особей, до образования семян.

3.8 Цветение

Цветение обычно начинается, когда продолжительность темного времени суток превышает 11 часов. Цикл цветения может длиться от 4 до 12 недель в зависимости от сорта и условий окружающей среды. Сроки цветения, которые указывают компании, продающие семена, как правило, обозначают период времени от посева семян до начала цветения. Период цветения растений, выращенных из черенков, может быть примерно на неделю дольше.

3.9 Сбор урожая

Верным признаком зрелости растения является цвет волосистых структур (рылец). По мере созревания цветка рыльца обычно сморщиваются и приобретают коричневый цвет. Когда коричневыми становятся около 75 процентов рылец, можно снимать урожай.

3.10 Продуктивность

С судебно-экспертной и правовой точек зрения интерес представляет оценка средней и/или минимальной продуктивности. Однако оценить ее сложно, поскольку многое зависит от сорта/культуры, метода культивирования, питательных веществ, степени освещенности, продолжительности и ритма и т. д. Согласно проведенным в Австралии и Новой Зеландии исследованиям, продуктивность растений, выращенных в защищенном и в открытом грунте, может различаться настолько значительно, что не имеет никакого смысла применять универсальную формулу для вычисления соотношения количества влажного/сухого/пригодного для продажи материала или выхода продукции в граммах с одного растения или одного квадратного метра.

Тем не менее ниже в обобщенной форме изложены результаты ряда практических исследований. При их рассмотрении также необходимо учитывать вышеупомянутые различия, обусловленные разными особенностями культивирования.

Исследования, проведенные в Германии и Нидерландах, а также исследования Европола дали следующие результаты:

Таблица I. Ориентировочный, минимальный и/или средний выход цветущих верхушек с одного растения каннабиса, выращенного в защищенном грунте

Минимальный выход (г/растение)	Средний выход (г/растение)	Источник
25	22	21
	40	22
	33,7	24
28		25

* Неопубликованные данные.

Таблица II. Ориентировочный выход высушенной растительной массы каннабиса на единицу площади культивирования

Культивирование в открытом грунте (г/кв.м)	Культивирование в защищенном грунте (г/кв.м)	Источник
75		23
	505	24
	400	25

В источнике 23 высказывается также предположение, что для получения 1–3 кг смолы необходимо около 100 кг растительной массы каннабиса (“киф”).

3.11 Распределение Δ^9 -ТГК в растениях и продуктах каннабиса [26]

В различных частях растения содержится разное количество ТГК*:

- 10–12 процентов в пестичных цветках
- 1–2 процента в листьях
- 0,1–0,3 процента в стеблях
- менее 0,03 процента в корнях

Уровень содержания ТГК в различных продуктах каннабиса (растительная масса, смола и масло) зависит от доли различных частей растения, используемых при производстве этих продуктов. В частности, согласно проведенному в Швейцарии в 2006 году исследованию, содержание ТГК в 2/3 изъятой растительной массы каннабиса составляло от 2 до 12 процентов. В 2/3 изъятой смолы содержание ТГК составляло от 4 до 21 процента в зависимости от метода культивирования и производства (см. также главу 3.13.2), тогда как в масле каннабиса, извлеченном из смолы и/или цветущих верхушек, содержание ТГК может достигать 60 процентов [27].

Более подробную информацию о содержании ТГК в продуктах каннабиса, изъятых в различных странах мира, см. также в ежегодно публикуемом ЮНОДК Всемирном докладе о наркотиках [9].

3.12 Биосинтез

До недавнего времени считалось, что тетрагидроканнабиноловая кислота (ТГКК, прекурсор ТГК) образуется путем циклизации каннабидиоловой кислоты (КБДК). Последние исследования свидетельствуют о том, что на самом деле она образуется из каннабигероловой кислоты (КБГК) путем окислительной циклизации под действием фермента ТГКК-синтазы [28, 29, 30, 31].

* Показатели содержания ТГК обозначают “общее содержание” (см. раздел 5.4.1).

КБГК является прекурсором для ТГКК, а также для КБДК и каннабихроменовой кислоты (КБХК). Соответственно, ТГК, КБД и каннабихромен (КБХ) образуются путем декарбоксилирования.

Каннабинол (КБН) представляет собой продукт распада ТГК, иными словами, в природе не встречается и является артефактом (см. также главу 3.14).

3.13 Продукты каннабиса

На протяжении многих веков каннабис используется как сельскохозяйственная культура для получения текстильных волокон. К числу других законных продуктов каннабиса относятся, в частности, семена каннабиса, масло семян каннабиса и эфирное масло каннабиса.

Незаконные продукты каннабиса подразделяют на три основные категории: растительная масса каннабиса, смола каннабиса и жидкий каннабис (масло каннабиса). Необходимо подчеркнуть, что не найдется даже двух совершенно одинаковых по внешнему виду незаконных продуктов каннабиса. Продукты каннабиса изготавливаются из весьма неоднородного натурального продукта посредством периодических процессов, отличающихся большим разнообразием, после чего обрабатываются и видоизменяются в зависимости от конкретных целей незаконного оборота и появляются на черных рынках в самых разных формах.

3.13.1 Растительная масса каннабиса

Традиционно считается, что значительное количество психоактивного компонента (ТГК) содержится лишь в цветущих и плодоносящих верхушках растения каннабис и листьях, расположенных рядом с ними; это так называемые “наркотикосодержащие части”, и обычно только они поступают на незаконные рынки (В на рисунке 1, стр. 8).

Действительно, уровень содержания ТГК в этих частях растения наиболее высокий. Вместе с тем в незаконно потребляемой растительной массе каннабиса присутствуют и более крупные листья, которые расположены гораздо дальше от цветущих верхушек.

Кроме того, в достаточном для потребления количестве ТГК содержится также в листьях, расположенных рядом с цветущими верхушками мужских растений сильнодействующих сортов каннабиса. Однако его содержание в них намного ниже, чем в женских особях, и поэтому их используют во вторую очередь. В центральном стебле и основных боковых стеблях содержится мало ТГК, но их, тем не менее, можно использовать при производстве масла каннабиса.

Высушенные листья и цветки каннабиса называют “марихуаной”, но помимо этого существует и множество других региональных названий [10]. В незаконный оборот “марихуана” поступает в исходном состоянии, т. е. в виде растительного сырья (высушанных соцветий), обработанного и спрессованного в брикеты или таблетки, или же в перемолотом виде. На черных рынках разных регионов и стран этот растительный материал представлен в самых разнообразных формах.

Путем просеивания измельченной растительной массы каннабиса для удаления тех частей растения, которые содержат относительно мало или вовсе не содержат каннабиноидов, можно получить высококачественный продукт. По сути, при этом удаляются семена и почти все ненужные части стебля. То, что остается после просеивания, является остаточной частью растительной массы плодоносящих и цветущих верхушек каннабиса, т. е. происходит процесс некоторого обогащения ТГК. В незаконном обороте этот продукт известен под названием “киф”, и он распространен прежде всего в Северной Африке. “Киф” отличается высоким содержанием смолы каннабиса и может быть спрессован в брикеты, которые внешне немного напоминают брикеты смолы каннабиса (гашиш). Однако при микроскопическом исследовании обнаруживается, что такие брикеты сохраняют основные характеристики растительного материала (см. также раздел 5.3.2) и считаются чем-то вроде “очищенной марихуаны”.

Третьим способом производства высококачественной растительной массы каннабиса, который доминирует в некоторых странах Западной Европы, является культивирование каннабиса в защищенном грунте. При этом используют самые сильнодействующие гибридные сорта, например “сканк”, “белая вдова” и др., и создают оптимальные для культивирования условия. Размножение производится главным образом путем клонирования материнских растений (см. раздел 3.6.2); рассадный способ выращивания почти не практикуется. Для культивирования каннабиса в защищенном грунте используются, в частности, подвалы, фабрики, склады и пустующие помещения коммерческих или промышленных объектов. Обычно они оборудованы автоматизированными системами питания и водоснабжения, внутреннего кондиционирования воздуха, фильтрации и дезодорирования отработанного воздуха и автоматического освещения для имитации светлого и темного времени суток. В сочетании с идеальными условиями культивирования применение сортов с высоким содержанием ТГК позволяет получать продукты с максимальным содержанием ТГК, который зачастую в 2–10 раз превышает уровень конца 1980-х годов. Сегодня марихуана с содержанием ТГК более 10 процентов, смола каннабиса с 25-процентным содержанием ТГК и масло каннабиса с 60-процентным содержанием ТГК – уже не редкость.

Процесс высушивания прост. Срезанные наркотикосодержащие части растения либо растение целиком подвешивают верхушкой вниз и сушат естественным образом. Высушивание завершается, когда листья, расположенные близко к цветущим верхушкам, начинают легко крошиться. В зависимости от влажности воздуха и температуры этот процесс длится приблизительно от 24 до 72 часов. Остаточное содержание влаги в таком материале составляет порядка 8–13 процентов. В этом виде материал пригоден для курения в виде сигарет и может храниться много месяцев, хотя со временем ТГК распадается под влиянием атмосферного воздуха, света и влажности.

3.13.2 Смола каннабиса (гашиш)

Собрав смолистые выделения растения, вырабатываемые в железистых трихомах (см. раздел 5.3.2), можно получить продукт с более высоким содержанием ТГК без крупных видимых частей растительного материала. Помимо этих смолистых

выделений он содержит мельчайший растительный материал и в зависимости от метода производства выглядит как рыхлый порошок или спрессованная липкая масса.

Изготовление смолы каннабиса сосредоточено в двух основных регионах мира. Один регион образуют страны южного и восточного Средиземноморья, а в другой входят страны Южной и Юго-Западной Азии. Для изготовления смолы каннабиса в этих регионах используется множество различных процессов. Однако страны одного региона обычно используют сходные технологии. В обоих регионах важной частью процесса изготовления является просеивание.

3.13.2.1 Смола каннабиса из стран Средиземноморья

Обычно в этом регионе высушенный растительный материал обмолачивается, зачастую о стену, в целях отделения вырабатывающих смолу частей растения. Частицы смолы и листьев каннабиса, а также его семена отделяются от более волокнистых частей растения, которые выбрасывают. Затем материал просеивается для отделения семян и крупных волокнистых частей. Оставшийся продукт содержит намного больше смолы и, следовательно, ТГК. На этой стадии микроскопическом уровне материал обладает многими признаками растения. Внешне он напоминает тонко измельченный липкий порошок, и на этой стадии его прессуют в брикеты. Иногда на брикеты наносят “фирменный знак”, который может учитываться в процессе исследования и сравнения отдельных продуктов. В некоторых странах (восточное Средиземноморье) материал перед прессованием помещают в полотняные мешки, в других странах (Северная Африка) – заворачивают в целлюлозу. В северо-восточном Средиземноморье и Центральной Европе материал иногда поступает в незаконный оборот в виде тонко измельченного липкого порошка, не спрессованного в брикеты.

3.13.2.2 Смола каннабиса из Южной и Юго-Западной Азии

Известно, что в странах Южной и Юго-Западной Азии для изготовления смолы каннабиса используют иной подход. Плодоносящие и цветущие верхушки каннабиса, выращиваемого в этом регионе, содержат настолько много смолы, что являются очень липкими на ощупь. Если плодоносящие и цветущие верхушки невысушенных растений растереть между ладонями, смола остается на ладонях. Кроме того, если растирать липкие части растения между листами резины или, завернувшись в листы резины или кожу, пройти по полу каннабиса, смола будет накапливаться на их поверхности при соприкосновении с плодоносящими и цветущими верхушками растений; когда на листах резины или коже собирается достаточное количество смолы, ее соскабливают, и полученный материал спрессовывают в брикеты. Описанный метод применяется при сборе смолы в поле с нерезанных растений. С другой стороны, плодоносящие и цветущие верхушки можно собирать так же, как при производстве растительной массы каннабиса, после чего их высушивают, крошат и растирают руками в крупнозернистый порошок, который просеивают через несколько сит практически до такой же тонкости, какая достигается в Средиземноморье. Этот мелкозернистый порошок, который все еще остается зеленым, хранят в кожаных мешках в течение

четырех-пяти месяцев. Затем порошок выкладывают на солнце на непродолжительное время, достаточное для растапливания смолы. После этого порошок снова помещают на несколько дней в кожаные мешки, затем его извлекают и интенсивно перемешивают деревянными палками, и на поверхности появляется некоторое количество маслянистого материала. Перемешивание продолжают до тех пор, пока полученный материал не будет пригоден для прессования в брикеты.

Совершенно другой способ применяют, в частности, в некоторых местностях Южной и Юго-Западной Азии, и заключается он в том, что растительный материал без основных стеблей погружают в кипящую воду, в результате чего из плодоносящих и цветущих верхушек извлекается смола. Подвергнутый экстрагированию каннабис выбрасывают, а на поверхности экстрагирующей жидкости, после ее охлаждения, образуется слой затвердевшей смолы. Смолу снимают и формуют в брикеты или придают ей другую желаемую форму. Недостаток этого метода состоит в том, что в смолу попадает вода. В результате этого брикеты смолы с течением времени зачастую плесневеют. Таким более трудоемким способом производят лишь небольшое количество смолы каннабиса.

3.13.2.3 Смола каннабиса, получаемая при помощи “опылителей”/“оледенителей”

Наряду с методом культивирования в защищенном грунте разработан также эффективный метод отделения смолы. Устройство, напоминающее сушильный барабан, обтянутый мелкоячеистой сеткой, помещается в коробку с пластмассовыми стенками. Так называемый “опылитель” частично заполняется высушенными и замороженными цветущими и плодоносящими верхушками каннабиса. Из-за низкой температуры смола становится менее липкой. Во время вращения барабана содержащие ТГК части листьев и цветущих верхушек ломаются и просяиваются через сетку, прилипая в виде тонко измельченного порошка к пластмассовым стенкам и дну, с которых его и собирают. Эта процедура позволяет добиться восьмикратного повышения концентрации ТГК по сравнению с уровнем ТГК в исходном высушенном сырье.

Рисунок 4. “Опылитель” и порошкообразная липкая смола (продукт) [32]



Аналогичный метод применяется для производства так называемого “ледяного гашиша”: высушенный растительный материал закладывается в крупноячеистое сито вместе с кубиками льда и перемешивается при помощи механической мешалки; в результате шарики смолы замерзают и отделяются от растения. Этот процесс повторяется несколько раз с применением все более мелких сит до получения порошкообразного продукта, аналогичного вышеописанному.

3.13.3 Жидкий каннабис (гашишное масло)

Жидкий каннабис представляет собой концентрированный жидкий экстракт растительного сырья каннабиса или смолы каннабиса. Жидкий каннабис изготавливается с целью получения психоактивного компонента ТГК более высокой концентрации, так как это позволяет торговцу наркотиками избежать перехвата, поскольку в меньшем объеме будет содержаться больше психоактивного вещества. Не менее важна для торговца возможность спрятать жидкий каннабис в любом месте и использовать такие тайники, которые плохо подходят для хранения растительного продукта или смолы каннабиса, в результате чего снижается риск обнаружения материала по форме или запаху.

Экстракция осуществляется в подходящей для этого емкости при помощи органического растворителя (например, петролейного эфира, этанола, метанола, ацетона) при комнатной температуре и помешивании путем пассивной экстракции или методом нагревания с обратным холодильником.

После предполагаемого завершения экстракции порции каннабиса или смолы каннабиса сусpenзио фильтруют, а отработанное сырье выбрасывают. При необходимости в емкость помещают новую порцию каннабиса и подвергают экстракции в том же растворителе, который использовался при первоначальном экстрагировании. Этот процесс можно повторять столько раз, сколько требуется, проводя экстракцию нескольких порций каннабиса или смолы каннабиса в одном объеме экстрагента. После обработки последней порции сырья растворитель выпаривают в целях получения масла необходимой консистенции. В некоторых подпольных лабораториях, особенно в странах, где органические растворители стоят дорого или труднодоступны, необработанный растворитель могут восстанавливать для дальнейшего использования.

Жидкий каннабис, извлеченный будь то из каннабиса или смолы каннабиса, обычно имеет темно-коричневый или темно-зеленый цвет и консистенцию густого масла или пасты.

3.13.4 Семена каннабиса и масло семян каннабиса

Семена каннабиса являются богатым источником жирных кислот омега-3, хотя это известно немногим. Масло семян каннабиса представляет собой прозрачную жидкость желтого цвета. В весовом отношении семя приблизительно на 29–34 процента состоит из масла [33]. В 100 г масла семян каннабиса содержится около 19 г альфа-линоленовой кислоты. Благодаря содержанию жирных кислот омега-6 и омега-3 в соотношении 3:1 масло семян каннабиса является высококачествен-

ным питательным веществом. Тем не менее из-за высокого содержания ненасыщенных жирных кислот это масло быстро прогоркает, если не хранится в темном прохладном месте.

Несмотря на то что семя образуется в прицветнике, т. е. той части растения, в которой сосредоточено больше всего железистых трихом и в которой, следовательно, концентрация ТГК является максимальной, сами семена не содержат ТГК. Однако среди семян могут оказаться другие частицы каннабиса (например, частицы цветущих верхушек, шелухи или смолы), в результате чего в них может быть обнаружено некоторое количество ТГК. Можно также говорить о том, что если ТГК обнаруживается в масле семян каннабиса, то это связано, скорее всего, с некачественным отделением семян от прицветников [34].

3.13.5 Эфирное масло каннабиса

Эфирное масло каннабиса представляет собой прозрачную желтоватую жидкость. Его получают из свежесрезанных растений каннабиса путем перегонки с водяным паром. Это эфирное масло не пользуется большим спросом и, по всей видимости, является, скорее, побочным продуктом при производстве масла семян или гашишного масла. Эфирное масло не содержит ТГК, но придает продуктам каннабиса характерный запах, и именно по этому запаху служебные собаки обнаруживают такие наркотики.

3.14 Оценка возраста проб, содержащих каннabis

В свежей аккуратно высушеннной марихуане КБН не содержится. Если он обнаруживается, то это означает, что проба начала портиться и ее нельзя использовать для целей сравнительного анализа. По уровню содержания ТГК или КБН можно оценить возраст той или иной пробы марихуаны, при условии что она хранилась при комнатной температуре. Именно поэтому сравнительный анализ проб обычно проводят в течение первых трех месяцев после изъятия [35].

По всей видимости, разложение ТГК в первый год происходит быстрее, чем в последующие годы. Согласно данным одного из исследований, возраст проб, содержащих КБН и ТГК в соотношении менее 0,013, составляет менее шести месяцев, тогда как возраст проб, имеющих соотношение от 0,04 до 0,08, составляет от одного года до двух лет. Тем не менее при данном подходе к оценке возраста проб каннабиса следует учитывать различия в условиях проведения экспериментов [36].

3.15 Наркотические и текстильные сорта каннабиса

Как описано в разделе 3.7, текстильные сорта каннабиса определяются по уровню общего содержания ТГК (ср.: в настоящее время максимально допустимый уровень содержания ТГК в промышленной конопле в Европе составляет 0,2 про-

цента, а в Канаде – 0,3 процента). Отличить наркотический сорт каннабиса от текстильного можно и другим простым способом, а именно по соотношению содержащихся в растении основных каннабиноидов ТГК, КБН и КБД [37].

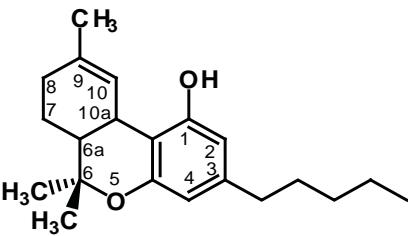
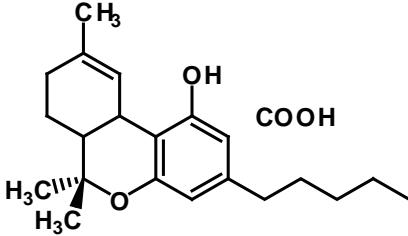
Как описано выше, в разделе 3.12, КБД и ТГК образуются, соответственно, из кислот КБДК и ТГКК, образующихся, в свою очередь, путем биосинтеза из КБГК. Если соотношение площадей пиков* меньше единицы ($[ТГК+КБН] : [КБД] < 1$), то данный сорт каннабиса считается текстильным. Если это соотношение больше единицы, то сорт считается наркотическим. Поскольку после срезания и высушивания растительного материала часть ТГК окисляется и превращается в КБН, площади пиков ТГК и КБН суммируются, и полученная величина делится на площадь пика КБД.

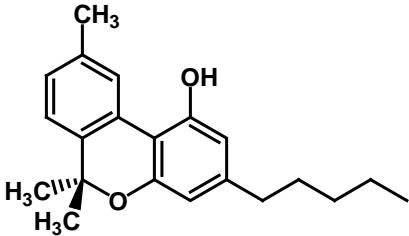
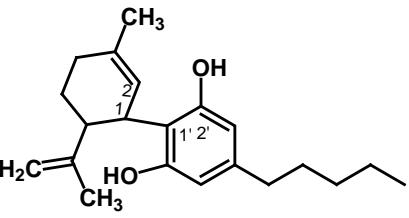
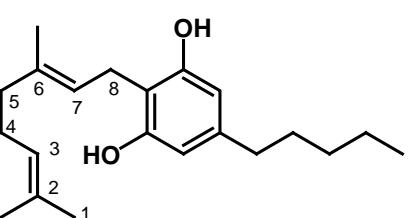
$$X = \frac{[ТГК] + [КБН]}{[КБД]}$$

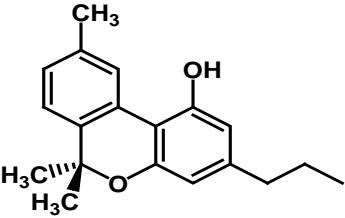
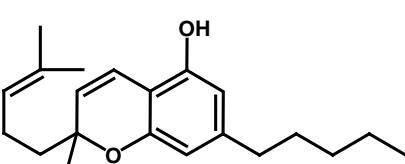
$[THC]$ площадь пика ТГК на хроматограмме
 $X > 1$ наркотический сорт каннабиса
 $X < 1$ текстильный сорт каннабиса

* Речь идет о соотношении площадей пиков на газовой хроматограмме (ГХ-ПИД).

4. Химические компоненты, имеющие значение для судебной экспертизы

<p>(-)-Д⁹-транс-тетрагидроканнабинол тетрагидроканнабинол, ТГК</p>  <p>Основные фармакологические свойства:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Эйфоризирующее – Противовоспалительное – Аналгезирующее – Противорвотное 	<p>CAS: 1972-08-3 Эмпирическая формула: C₂₁H₃₀O₂ Молекулярная масса: 314,46 г/моль Температура плавления: вязкое масло pKa 10,6 log P 6,99 (октанол/вода)</p> <p>Растворимость:</p> <table border="0"> <tr> <td>Вода</td> <td>нерасторим (2,8 мг/л 23°C)</td> </tr> <tr> <td>Этанол</td> <td>растворим</td> </tr> <tr> <td>Хлороформ</td> <td>растворим</td> </tr> <tr> <td>Гексан</td> <td>растворим</td> </tr> </table>	Вода	нерасторим (2,8 мг/л 23°C)	Этанол	растворим	Хлороформ	растворим	Гексан	растворим
Вода	нерасторим (2,8 мг/л 23°C)								
Этанол	растворим								
Хлороформ	растворим								
Гексан	растворим								
<p>(-)-Д⁹-транс-гидроканнабиноловая кислота ТГКК</p>  <p>Основные фармакологические свойства:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Антибактериальное – Антибиотик 	<p>CAS: 23978-85-0 Эмпирическая формула: C₂₂H₃₀O₄ Молекулярная масса: 358 г/моль Температура плавления: нет данных (распад/декарбоксилирование ТГКК в ТК при температуре около 125–150°C)</p> <p>Растворимость:</p> <table border="0"> <tr> <td>Вода</td> <td>нерасторима</td> </tr> <tr> <td>Этанол</td> <td>растворима</td> </tr> <tr> <td>Хлороформ</td> <td>растворима</td> </tr> <tr> <td>Гексан</td> <td>растворима</td> </tr> </table>	Вода	нерасторима	Этанол	растворима	Хлороформ	растворима	Гексан	растворима
Вода	нерасторима								
Этанол	растворима								
Хлороформ	растворима								
Гексан	растворима								

<p>Каннабинол КБН</p>  <p>Основные фармакологические свойства: – Седативное – Противосудорожное – Антибиотик – Противовоспалительное</p>	<p>CAS: 521-35-7 Эмпирическая формула: C₂₁H₃₀O₂ Молекулярная масса: 310,43 г/моль Температура плавления: 76–77 °C log P</p> <p>Растворимость:</p> <table> <tbody> <tr> <td>Вода</td> <td>нерасторовим</td> </tr> <tr> <td>Этанол</td> <td>растворим</td> </tr> <tr> <td>Хлороформ</td> <td>растворим</td> </tr> <tr> <td>Гексан</td> <td>растворим</td> </tr> </tbody> </table>	Вода	нерасторовим	Этанол	растворим	Хлороформ	растворим	Гексан	растворим
Вода	нерасторовим								
Этанол	растворим								
Хлороформ	растворим								
Гексан	растворим								
<p>Каннабидиол КБД</p>  <p>Основные фармакологические свойства: – Анксиолитик – Противовоспалительное – Антипсихотическое – Спазмолитическое – Аналгезирующее</p>	<p>CAS: 13956-29-1 Эмпирическая формула: C₂₁H₃₀O₂ Молекулярная масса: 314,46 г/моль Температура плавления: 66–67 °C log P</p> <p>Растворимость:</p> <table> <tbody> <tr> <td>Вода</td> <td>нерасторовим</td> </tr> <tr> <td>Этанол</td> <td>растворим</td> </tr> <tr> <td>Хлороформ</td> <td>растворим</td> </tr> <tr> <td>Гексан</td> <td>растворим</td> </tr> </tbody> </table>	Вода	нерасторовим	Этанол	растворим	Хлороформ	растворим	Гексан	растворим
Вода	нерасторовим								
Этанол	растворим								
Хлороформ	растворим								
Гексан	растворим								
<p>Каннабигерол КБГ</p>  <p>Основные фармакологические свойства: – Антибиотик – Противовоспалительное – Противогрибковое – Аналгезирующее</p>	<p>CAS: [25654-31-3] (E); [95001-70-0] (E/Z) Эмпирическая формула: C₂₁H₃₀O₂ Молекулярная масса: 316,48 г/моль</p>								

<p>Каннабиварин КБВ</p> 	<p>CAS: 33745-21-0 Эмпирическая формула: C₁₉H₂₂O₂ Молекулярная масса: 282,38 г/моль</p>
<p>Каннабихромен КБХ</p>  <p>Основные фармакологические свойства: – Противовоспалительное – Противогрибковое – Антибиотик – Аналгезирующее</p>	<p>CAS: 20675-51-8 Эмпирическая формула: C₂₁H₃₀O₂ Молекулярная масса: 314,46 г/моль</p>

5. Качественный и количественный анализ продуктов каннабиса

5.1 Отбор проб

Главная задача процедуры отбора проб – создать условия для проведения точного и значимого химического анализа. Поскольку для большинства методов – качественных и количественных, – применяемых для анализа наркотиков в лабораториях судебной экспертизы, требуются очень небольшие аликвоты материала, важно обеспечить, чтобы эти небольшие аликвоты были репрезентативными для всего объема материала, из которого они отбираются. Отбор проб должен производиться в соответствии с принципами аналитической химии, изложенными, в частности, в национальных фармакопеях или нормативных документах региональных и международных организаций [38].

В некоторых ситуациях, по причинам юридического характера, соблюдение обычных правил отбора проб и гомогенизации невозможно, например, если специалист по анализу наркотиков хочет сохранить некоторую часть вещественного доказательства для предъявления в ходе судебного разбирательства. Если речь идет о спрессованных брикетах, то важно также удостовериться в том, что весь брикет состоит из каннабиса. Для этого необходимо разломить брикет и тщательно изучить материал.

С целью экономии ценных ресурсов и времени лабораториям судебной экспертизы, по возможности, следует использовать утвержденную систему отбора проб, поскольку тогда требуется проводить меньше количественных определений.

Рекомендуемые ниже процедуры облегчат применение такого подхода. Они основаны на процедурах, рекомендованных Европейским союзом для отбора проб на плантациях промышленной конопли, выращиваемой в открытом грунте [39], и скорректированы с учетом практических аспектов и разнообразия продуктов каннабиса на черном рынке.

5.1.1 Отбор проб растений (с плантаций на защищенном и открытом грунте)

На каждом поле каннабиса, которое представляется занятым одной разновидностью растения, с 30 растений, выбранных случайным образом не на краю поля, срезают по одной плодоносящей или цветущей верхушке длиной около 20 см, которые помещают в бумажный пакет. Для целей идентификации (качественный

анализ) обычно считается достаточным отбор проб с одного репрезентативного растения описанным выше способом*.

Рисунок 5. Отбор проб плодоносящих верхушек с растения *Cannabis*



Перед отправкой в лабораторию пробу, по возможности, следует высушить. Если по какой-либо причине пробу необходимо хранить в течение некоторого времени до проведения анализа, ее следует держать в темном прохладном месте.

В высшенной растительной массе разложение основных каннабиноидов прекращается. Однако на этом этапе ТГК все еще реагирует на атмосферный воздух (кислород) и ультрафиолетовое излучение, под действием которых он окисляется и превращается в КБН. Поэтому пробу лучше всего хранить в темном прохладном месте.

5.1.2 Отбор проб изъятых продуктов каннабиса

С общими аспектами качественного отбора многокомпонентных проб можно ознакомиться в источнике 38. В отношении материала с очевидными внешними признаками, т. е. легко распознаваемого как каннабис, возможно, лучше применять не гипергеометрический подход, а метод, основанный на модели Байеса.

5.1.2.1 Растительные продукты каннабиса

На черном рынке можно встретить самые разнообразные растительные продукты каннабиса, в том числе в виде рыхлого растительного материала или в форме “сухих цветов”, “саше” или “травяного чая”. Как уже отмечалось в предыдущем разделе, в качестве одной пробы отбирают 30 единиц материала, относящегося, по мнению исследователя, к одному фенотипу. Если такого количества материала нет, то берут весь материал. Жесткие стебли срезают, семена в плодоносящих верхушках оставляют в качестве вещественного доказательства.

Влажный материал упаковывается в бумажные пакеты. Для высшенного материала подходят пластиковые пакеты.

*См. пример обследования конопляного поля в источнике 38, в котором сравниваются гипергеометрический и байесовский методы.

5.1.2.2 Смола каннабиса

Смолу каннабиса собирают в том виде, в каком она обнаружена. Требуемое для одной пробы количество (см. раздел 5.4) можно собрать при помощи терки с разных сторон брикета. Однако, поскольку поверхности брикетов обычно окисляются, пробы следует отбирать с внутренней поверхности свежеразломленного брикета.

5.1.2.3 Жидкий каннабис (масло)

Масло каннабиса в необходимом количестве (см. раздел 5.4) отбирают в том виде, в каком оно обнаружено.

5.2 Минимальные критерии положительной идентификации каннабиса

В следующих разделах описан ряд методов исследования и анализа продуктов каннабиса. Выбор методологии и подхода к анализу, а также принятие решения относительно необходимости применения дополнительных методов оставляются на усмотрение специалиста по анализу и зависят также от наличия надлежащего инструментария и существующих требований в отношении юридически приемлемых доказательств в той правовой системе, в которой он работает. В отношении продуктов каннабиса, обладающих выраженным ботаническими признаками, приемлемым минимально достаточным аналитическим подходом для положительной идентификации считается сочетание теста на основе цветных реакций, тонкослойной хроматографии и исследования внешнего вида (макроскопического и микроскопического). Общие правила выбора метода сформулированы Научно-исследовательской рабочей группой по наркотикам [40].

5.3 Исследование внешнего вида

Выбор методов для идентификации продуктов каннабиса зависит от типа продукта. Растительный материал можно идентифицировать по одним только морфологическим признакам, при условии что соответствующие признаки налицо.

При отсутствии морфологических признаков, например у смолы и гашишного масла, идентификация производится с помощью химического анализа, указывающего на присутствие каннабиноидов, в частности тетрагидроканнабинола (ТГК), продуктов его разложения – каннабинола (КБН) и/или каннабидиола (КБД).

5.3.1 Макроскопические характеристики

Морфологические признаки и цвет растений зависят не только от сорта семян каннабиса, но и от таких факторов окружающей среды, как освещенность, наличие воды и питательных элементов и имеющееся пространство.

Поскольку каннабис является двудомным растением, на каждом отдельном растении образуются только однополые цветки, однако нередко на таких растениях

появляются переходные цветки и цветки противоположного пола, которые развиваются позднее. Мужские растения обычно выше, но менее гибкие, чем женские. Стебель зеленый, прямостоящий, полый, с продольными бороздками (рисунок 6), высотой от 0,2 до 6 м, однако обычно высота растений не превышает 1–3 м.

Ветвистость, как и высота растения, зависит от условий окружающей среды и наследственных факторов, а также от метода культивирования. Расположение боковых ветвей на любой части основного стебля может быть как супротивным, так и очередным. Листорасположение к концам ветвей переходит от перекрестно-парного (один против другого) к чередующемуся. Стеблевидная часть листа (чешуя) с узкой бороздкой на верхней стороне достигает в длину 2–7 см. Лист пальчатый, состоит из 3–9 прямых листовых пластинок ланцетовидной формы размером $3–15 \times 0,2–1,7$ см. Край листа крупнопильчатый, зубцы направлены к верхушке листа; жилки идут скошенно от средней жилки к остриям зубцов. На нижней (абаксиальной) поверхности листьев светло-зеленого цвета расположены смолистые железы. Цвет желез – от белого до желто-коричневого (рисунок 7).

Рисунок 6. Бороздчатый стебель *Cannabis sativa*



© Federal Criminal Police, Brazil

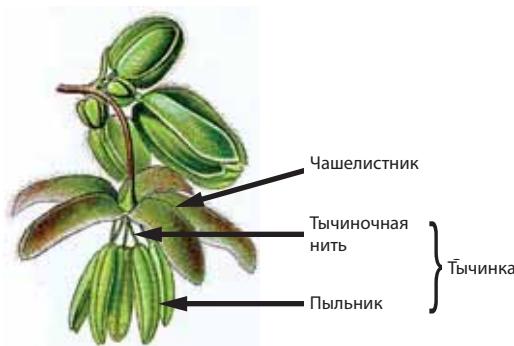
Рисунок 7. Абаксиальная (слева) и адаксиальная (справа) поверхность листьев *Cannabis sativa*



© Federal Criminal Police, Brazil

Каждый тычиночный (мужской) цветок состоит из пяти светло-зеленых, покрытых небольшими волосками чашелистников длиной около 2,5-4 мм с пятью тычинками, свисающими вниз на тонких тычиночных нитях.

Рисунок 8. Морфологические признаки мужских цветков



Пестичные (женские) цветки являются в большей или меньшей степени сидячими и образуют парные соцветия. Каждый цветок имеет небольшой зеленый прицветник, закрывающий завязь, с двумя длинными тонкими рыльцами, высоко выступающими из кроющего листа.

Рисунок 9. Морфологические признаки женского цветка и плода



Плод, семянка, содержит только одно семя в твердой оболочке, плотно облегаемое тонкостенной завязью. Семя имеет эллипсоидную форму, слегка сдавленное, гладкое, около 2–5 мм длиной, обычно пятнистое, светло-коричневого цвета. Семя, как правило, считается плодом.

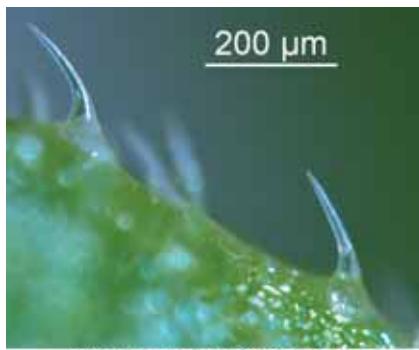
5.3.2 Микроскопические характеристики

Растение *Cannabis sativa* можно идентифицировать по микроскопическим структурам на его поверхности, а именно по трихомам (т. е. похожим на волоски выростам клеток эпидермы растения). Встречаются два вида трихом, которые можно наблюдать при помощи бинокулярного микроскопа с 40-кратным увеличением (см. рисунки 10 и 11):

a) Нежелезистые трихомы – многочисленные, одноклеточные, жесткие, изогнутые волоски с тонким заостренным концом:

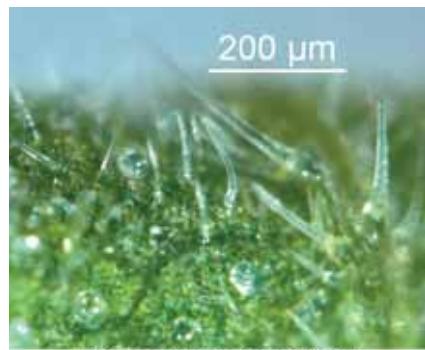
- цистолитные трихомы, расположенные на верхней поверхности листьев каннабиса, имеют характерную форму медвежьего когтя и иногда содержат кристаллы карбоната кальция (цистолиты), которые можно увидеть у их основания. Трихома, как правило, ломается, высвобождая цистолит;
- нецистолитные трихомы, встречающиеся главным образом на нижней поверхности листьев, прицветников и прицветничков и не имеющие расширяющегося основания;
- характерным признаком каннабиса является одновременное наличие таких когтеобразных трихом на верхней поверхности и острых, тонких нецистолитных трихом на нижней поверхности листьев.

Рисунок 10. Изображение нежелезистых трихом под микроскопом [41]



© Wissenschaftlicher Dienst Stadtpolizei Zürich

Цистолитные трихомы



© Wissenschaftlicher Dienst Stadtpolizei Zürich

Нецистолитные трихомы

b) Железистые трихомы. Встречаются в виде:

- сидячих желез, т. е. трихом без ножки, которые обычно расположены на нижнем эпидермисе;
- небольших луковицеобразных железистых трихом на одноклеточных ножках;
- желез на длинных многоклеточных ножках, расположенных на прицветничках вокруг женских цветков (многоклеточные железистые трихомы на ножках).

Рисунок 11. Вид железистых трихом под микроскопом [41]

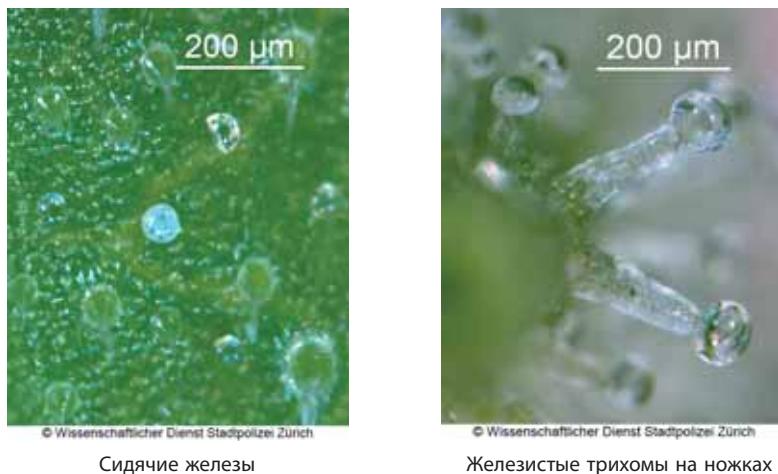
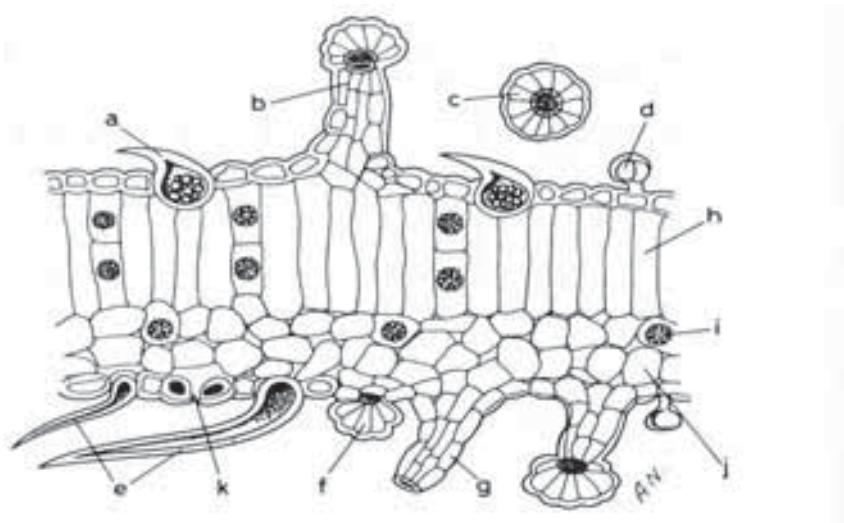


Рисунок 12. Прицветник плодоносящего растения в поперечном сечении [42]



a: цистолитная трихома; **b:** крупная железистая трихома с головкой и ножкой, состоящими из нескольких клеток; **c:** головка одной из крупных железистых трихом; **d:** небольшая железистая трихома с двухклеточной головкой на одноклеточной ножке; **e:** конусообразные трихомы с толстой оболочкой; **f:** развивающаяся крупная железистая трихома; **g:** ножка крупной железистой трихомы; **h:** клетка палисадной ткани; **i:** кластерный кристалл; **j:** клетка паренхимной ткани; **k:** устьице

Железистые трихомы представляют собой структуры, в которых вырабатывается и накапливается смола каннабиса. Как правило, они расположены в области соцветий (причем на женских растениях их образуется особенно много), но могут также встречаться и на нижней поверхности листьев и иногда – на стеблях молодых растений.

Некоторые растения имеют трихомы, которые ошибочно можно принять за трихомы *Cannabis sativa*, поэтому следует внимательно подходить к составлению заключения об идентификации растения. Вместе с тем сочетание цистолитных волосков на верхней поверхности листа с более длинными трихомами и сидячими железами на нижней поверхности, встречающееся только у *Cannabis sativa*, позволяет успешно идентифицировать даже фрагментированный материал.

При этом следует отметить, что очень молодые безлистные саженцы и стебли невозможно с точностью идентифицировать как *Cannabis sativa* путем ботанического исследования.

С подробной информацией об идентификации каннабиса и более сложных методах микроскопического исследования можно ознакомиться в других публикациях [43, 44, 45, 46].

5.4 Химическое исследование

5.4.1 Общие аспекты

В свежем растительном материале уровень содержания ТГК обычно невысок, и считается, что он искусственно извлекается из ТГКК при неэнзиматическом декарбоксилировании в процессе хранения и употребления (например, курения) [47].

В методологическом плане необходимо решить, измерять ли ТГКК и ТГК раздельно или оценивать “общий уровень ТГК” (т. е. общее количество ТГК и ТГКК). Иногда это определяется в национальном законодательстве. Если же в законодательном порядке не установлено требование применять тот или иной подход, то, как правило, измеряют общий уровень ТГК, поскольку он наилучшим образом отражает фармакологическую активность материала.

Общий уровень ТГК можно определить путем декарбоксилирования ТГКК в ТГК в ходе анализа или до него. По практическим соображениям рекомендуется второй вариант.

Экстракт пробы помещают в открытой стеклянной пробирке в камеру нагревания при температуре 150°C. После испарения растворителя процесс декарбоксилирования завершается в течение пяти минут. Однако всем лабораториям судебной экспертизы рекомендуется принять меры по утверждению этой процедуры.

В некоторых системах ввода проб для газовой хроматографии при вводе проб может происходить полное декарбоксилирование ТГКК, тогда как другие системы ввода проб при той же температуре обеспечивают лишь незначительное

декарбоксилирование. Предположительно это обусловлено геометрическими характеристиками инжектора. Более высокая температура на вводе также может вызвать распад ТГК в лайнере. Поэтому если декарбоксилирование не осуществляется до анализа, то необходимо утвердить данную систему газовой хроматографии и условия проведения анализа, чтобы убедиться в том, что они обеспечивают полное декарбоксилирование ТГКК и не вызывают распада ТГК [48].

5.4.2 Подготовка проб к химическому исследованию

5.4.2.1 Подготовка растительной массы каннабиса

Свежее (невысушеннное) растительное сырье сушат либо естественным образом при комнатной температуре в течение нескольких дней, либо при температуре 70°C до тех пор, пока листья не станут ломкими. На этом этапе содержание влаги в растительном материале обычно составляет 8–13 процентов.

Затем отбирают часть высшенного сырья (используют только цветки и листья), измельчают в порошок (желательно высокоскоростным измельчителем, например, на скорости 100 об./сек.) и просеивают (через сито с отверстиями размером 1 мм)*.

5.4.2.2 Подготовка смолы каннабиса

Смолу каннабиса измельчают при помощи терки. Если исследуется липкий материал, то пробу охлаждают жидким азотом и сразу же измельчают в порошок вышеописанным способом.

5.4.2.3 Подготовка масла каннабиса

Масло каннабиса можно анализировать без предварительной обработки.

5.4.3 Предварительные методы исследования

5.4.3.1 Тесты на основе цветных реакций

Цветные реакции для исследования каннабиса относятся к числу наиболее специфичных цветных реакций (ложноположительные результаты дают лишь некоторые растения, например лавсония, мускатный орех, мускатник и репешок) [49]. Однако положительный результат такого исследования указывает лишь на возможное присутствие содержащего каннабис материала и не достаточен для окончательной идентификации каннабиса. Поэтому специалист по анализу обязан подтверждать такие результаты дополнительными, как правило, более селективными методами. Например, для точной идентификации растительного сырья каннабиса лаборатория может применять цветные реакции в сочетании с тонко-

*Обратите внимание, что высушивание и просеивание являются частью утвержденных методов, описанных в настоящем руководстве. Просеивание обеспечивает однородность проб. Если этап просеивания исключают, лаборатория должна убедиться в том, что однородность проб находится в пределах допустимой нормы.

слойной хроматографией и микроскопией, при условии что ТСХ выявила наличие, по меньшей мере, трех каннабиноидов [50].

Проводящему анализу лицу также настоятельно рекомендуется одновременно проанализировать контрольную пробу каннабиса (например, эталонный материал, включающий смесь контрольных эталонов, содержащих каннабиноиды) и слепую пробу для проверки результатов анализа, а также функциональности и надежности всех используемых в ходе анализа реактивов.

5.4.3.1.1 Тест с прочным коринфским V

На фильтровальной бумаге		
Реактив А:	петролейный эфир	
Реактив В:	прочный коринфский V*	1% в безводном сульфате натрия
Реактив С:	бикарбонат натрия	1% водный раствор
<i>Метод</i>		
Сложить вчетверо два сложенных вместе листа фильтровальной бумаги и немного отогнуть края так, чтобы образовалась воронка, поместить небольшое количество измельченной в порошок пробы в центр верхнего слоя бумаги. Добавить две капли реактива А и дать жидкости проникнуть в нижний слой фильтровальной бумаги. Выбросить верхний лист бумаги, дать высохнуть нижнему листу. Нанести небольшое количество реактива В в центр фильтровальной бумаги и добавить две капли реактива С.		
<i>Результаты</i>		
Пурпурно-красное пятно в центре фильтровальной бумаги указывает на продукт каннабиса. ТГК, КБН и КБД дают такой же оттенок.		
Имеет практическую ценность при проведении внелабораторных исследований проб материалов разного возраста или происхождения.		

*Прочный коринфский V = дихлорцинк; 2-метокси-5-метил-4-(4-метил-2-нитрофенил)диазенил-бензолдиазоний; двуххлористый = азойный диазокомпонент 39
= $C_{15}H_{14}N_5O_3 \cdot 0,5 ZnCl_4$

5.4.3.1.2 Тест с прочным синим Б

На фильтровальной бумаге		
Реактив А:	петролейный эфир	
Реактив В:	прочный синий Б**	1% разведенный безводным сульфатом натрия

Реактив С:	бикарбонат натрия	10% водный раствор
<i>Метод</i>		
Такая же процедура, как в тесте с прочным коринфским V.		
<i>Результаты</i>		
Пурпурно-красное пятно в центре фильтровальной бумаги указывает на продукт каннабиса.		
Этот цвет образуется в результате смешения цветов, характерных для каннабиноидов, являющихся основными компонентами каннабиса: ТГК = красный, КБН = пурпурный, КБД = оранжевый.		
<i>Примечание</i>		
Прочный синий Б хорошо сохраняется в холодильнике; при комнатной температуре со временем начинает портиться, и порошок отвердевает (особенно в регионах с теплым климатом).		

**Прочный синий Б = Ди-о-анизидинтетразолия хлорид

5.4.3.1.3 Экспресс-тест Дюкенуа (тест Дюкенуа–Левина)

В пробирке		
Реактив А:	уксусный альдегид (A1) ванилин (A2)	0,5 мл (A1) и 0,4 г (A2) в 20 мл этанола Раствор хранить в темном прохладном месте; становится непригоден, когда приобретает темно-желтый цвет
Реактив В:	концентрированная соляная кислота	
Реактив С:	хлороформ	
<i>Метод</i>		
Поместить в пробирку небольшое количество исследуемого материала с 2 мл реактива А и встряхивать в течение одной минуты. Добавить 2 мл реактива В и встряхнуть смесь. Дать отстояться в течение 10 мин. Если появится какой-либо цвет, добавить 2 мл реактива С, осторожно помешивая.		
<i>Результаты</i>		
Если нижний слой (хлороформ) приобретает фиолетовый цвет, то это указывает на продукт каннабиса.		
<i>Примечания</i>		
По степени чувствительности этот тест уступает двум вышеописанным тестам на фильтровальной бумаге.		

5.4.3.2 Иммунологический анализ

Объектом иммунологического анализа могут быть не только биологические пробы, но и мельчайшие следовые количества наркотических веществ. Тем не менее эти анализы редко используют для целей предварительной идентификации, поскольку они дорогостоящи и обладают не самой высокой степенью точности.

5.4.4 Спектрометрия ионной подвижности (СИП)

Наличие ТГК можно установить при помощи спектрометра ионной подвижности. Однако при этом отмечаются проблемы с выделением сигналов героина и влиянием влажности [51]. Поэтому данный метод не является предпочтительным.

5.4.5 Тонкослойная хроматография (ТСХ)

Существует целый ряд методов ТСХ для качественного и полуколичественного анализа каннабиса, в рамках которых используется разнообразные неподвижные фазы (пластины для ТСХ) и системы растворителей, а также несколько отличающиеся методы подготовки проб и визуального анализа пятен. Многие из этих методов также позволяют получить приемлемые результаты, однако любой новый метод, который планируется применять в той или иной лаборатории, должен быть утвержден и/или опробован до его внедрения в повседневную практику. Описанный ниже метод прошел полевые испытания и признан пригодным для целей анализа.

Пластина: ВЭТСХ 10 × 10 см силикагель		
Система А:	петролейный эфир 60/90 диэтиловый эфир	в объемном отношении: 80% в объемном отношении: 20%
Система В:	циклогексан дизопропиловый эфир диэтиламин	в объемном отношении: 52% в объемном отношении: 40% в объемном отношении: 8%
Система С: (для каннабиноидных кислот)	н-гексан диоксан метанол	в объемном отношении: 70% в объемном отношении: 20% в объемном отношении: 10%
Кондиционирование в камере: 30 мин. с фильтровальной бумагой, закрепленной на одной стороне.		

Подготовка пробы

В том случае, если исследование методом ТСХ проводится лишь как качественное исследование (т. е. в подтверждение микро- или макроскопических признаков содержания каннабиса в исследуемом материале), гомогенизация растительного сырья не требуется (см. подробную информацию о подготовке проб к химиче-

скому исследованию в разделе 5.4.2). Для экстрагирования следует отбирать те части каннабиса, в которых предположительно содержится максимальное количество каннабиноидов (т. е. цветущие верхушки и верхние листья).

Достаточным для экстрагирования количеством считается 500 мг растительной массы каннабиса, или 100 мг смолы каннабиса, или 50 мг жидкого каннабиса (масла каннабиса). Схема экстракции должна быть разработана таким образом, чтобы в итоге можно было получить раствор с концентрацией ТГК около 0,5 мг/мл. Данные о средних уровнях содержания ТГК в различных продуктах каннабиса приведены в разделе 3.11.

Экстрагирование осуществляется при комнатной температуре в течение 15 минут в 10 мл растворителя путем непрерывного встряхивания или в ультразвуковой ванне. Полученный экстракт фильтруют, после чего его можно использовать в хроматографическом исследовании*.

Поскольку каннабиноиды легко растворяются в большинстве органических растворителей, для их экстракции в равной степени подходят метанол, петролейный эфир, н-гексан, толуол, хлороформ и смеси растворителей, в частности метанола и хлороформа (в пропорции 9:1). При этом следует иметь в виду, что неполярные растворители, в частности н-гексан и петролейный эфир, позволяют получить относительно чистый экстракт, но при этом количественно будут экстрагированы только нейтральные/свободные каннабиноиды, тогда как другие растворители и их смеси обеспечивают также количественную экстракцию каннабиноидных кислот.

Для идентификации достаточно использовать самое простое чистое экстрагирование с помощью петролейного эфира, тогда как для целей количественного определения и оценки общего содержания ТГК следует использовать другие растворители.

Стандартные растворы

Стандартные растворы приготавливают в концентрации около 0,5 мг каннабиноида на 1 мл метанола и хранят в темном прохладном месте.

Визуализация

Перед визуализацией пластинки должны быть высушены. Высушить их можно при комнатной температуре или в сушильном шкафу, термостате или в потоке горячего воздуха. При этом необходимо проявлять осторожность, чтобы ни один из исследуемых компонентов не подвергся распаду под действием высокой температуры.

*Следует отметить, что описанная процедура является частью метода, который прошел полевые испытания и признан пригодным для целей анализа. Экстрагирование можно также осуществлять без встряхивания смеси пробы и растворителя. Фильтрацию проводить не обязательно; использование всплывшего слоя жидкости также позволяет получить надежные результаты. Для идентификации может быть достаточно меньшего объема растворителей и проб. В случае внесения каких-либо изменений в описанный метод он должен пройти соответствующую оценку в той лаборатории, где проводится анализ.

Реактив для опрыскивания: (должен готовиться непосредственно перед использованием, желательно ежедневно)*

Метод 1:	прочный синий Б	50 мг в 20 мл NaOH (0,1 N)
Метод 2:	прочный синий Б	50 мг в 1 мл воды, затем добавить 20 мл метанола.

Примечание

Чтобы добиться надлежащего окрашивания, необходимо обеспечить щелочную среду на ТСХ пластиине. Для этого можно воспользоваться методом визуализации № 1 либо опрыскать пластиину диэтиламином перед нанесением на нее раствора прочного синего Б. В любом случае пластиинки не должны быть слишком влажными, поскольку это может привести к размыванию пятен.

Фиксация

Для сохранения результатов анализа в течение длительного времени их необходимо соответствующим образом обработать. Оптимальным способом является опрыскивание в следующей последовательности:

диэтиламин – раствор прочного синего Б – диэтиламин

Затем пластиинки высушивают в потоке горячего воздуха или при комнатной температуре в течение ночи.

Пластиины запечатывают в прозрачные пластиковые пакеты, в которых они могут храниться в течение длительного времени, не темнея. Долгосрочную сохранность результатов анализа можно также обеспечить путем сканирования или фотографирования пластиин.

Примечание

Прочный синий Б считается потенциально канцерогенным веществом, поэтому при работе с ним следует принимать надлежащие меры предосторожности.

Результаты

Значения Rf × 100 могут различаться в зависимости от лабораторных условий (температуры, влажности и т. д.) и других параметров (например, возраста и качества исследуемого продукта каннабиса). Поэтому считается надлежащей практикой анализировать пробу вместе с контрольными образцами каннабиноидов на одной и той же пластиине для ТСХ.

*При использовании прочного синего ББ или прочного синего RR (0,2-процентного раствора прочного синего ББ или прочного синего RR в метаноле или смеси метанола и воды в пропорции 1:1) ежедневное приготовление реактива для опрыскивания не обязательно.

Химическое соединение	Система проявления, значения $Rf \times 100^*$		
	A	B	C**
КБН	33	26	47
ТГК	37	38	49
КБД	42	42	47
ТГКК	6	-	36

* Результаты получены описанным в настоящем разделе методом с использованием пластин для ВЭТЗХ. Сопоставимого разделения можно добиться на обычных пластинах размером 20×20 , покрытыми слоем силикагеля толщиной 0,25 мм, однако при этом необходимо определить значения Rf .

** Систему С рекомендуется применять только для разделения и идентификации каннабиноидных кислот, поскольку она не позволяет обеспечить надлежащее разделение КБН, ТГК и КБД.

5.4.6 Газовая хроматография с плазменно-ионизационным детектированием (ГХ-ПИД) без дериватизации или с дериватизацией

Необходимость дериватизации зависит от цели анализа. Без предварительной дериватизации ТГК и ТГКК (т. е. силилирования) в процессе ГХ анализа происходит декарбоксилирование ТГКК и определяется общее количество ТГК в пробе каннабиса, которое представляет собой сумму объемов свободного ТГК и ТГК, образовавшегося из ТГКК. Поскольку общее содержание ТГК отражает максимальную силу действия выкуриваемого (и, следовательно, декарбоксилируемого), как правило, каннабиса, в правовых системах большинства стран надлежащим параметром считается именно общее содержание ТГК. Однако предварительная дериватизация необходима в том случае, если нужно установить уровни содержания каждого из этих веществ (см. также раздел 5.4.1).

5.4.6.1 Хроматография на капиллярной колонке*

Ниже описан один из утвержденных методов [52]. Процедура утверждения охватывает все этапы от подготовки проб до ГХ-анализа. Применение других методов также может дать приемлемые результаты, но такие методы должны быть утверждены и/или опробованы перед внедрением в обычную практику.

Колонка:	15 м \times 0,25мм, 0,25 мкм;
Фаза:	5% дифенил – 95% диметилполисилоксан
Газ-носитель:	водород, 1,1 мл/мин., постоянный поток
Инжектор:	с делением/без деления потока, 280°C

* В настоящем руководстве метод с использованием насадочной колонки не описывается, поскольку современные системы ГХ, как правило, оснащены капиллярными колонками (узкими и широкими). Лабораториям, использующим системы ГХ с насадочными колонками, рекомендуется не отступать от своих привычных (утвержденных) методов и продолжать их применение. Информацию о методах насадочных колонок можно получить, направив запрос по адресу: lab@unodc.org.

Соотношение деления потоков:	20:1
Термостат:	2 мин. при 200°C, 10°C/мин. 200–240°C, 2 мин. при 240°C
Детектор:	ПИД 300°C, Н ₂ 35 мл/мин., воздух 350 мл/мин.
Внутренний стандарт:	трибензиламин (ТБА) в этаноле (0,5 мг/мл)
Ввод пробы:	1,5 мкл, с делением потока
Порядок элюирования:	КБД, ТГК, КБН

Подготовка пробы

200 мг сухой гомогенизированной растительной массы каннабиса (см. раздел 5.4.2) подвергают экстрагированию в ультразвуковой ванне в течение 15 минут в 20 мл раствора внутреннего стандарта (ВС) (см. ниже). В смоле каннабиса концентрация ТГК выше, поэтому для ее анализа необходимо лишь 100 мг продукта. Для исследования пробы жидкого каннабиса (масла каннабиса) достаточно 50 мг продукта.

Поскольку факт количественного декарбоксилирования ТГКК в ГХ лайнере установлен не для всех систем ГХ, настоятельно рекомендуется осуществлять декарбоксилирование перед ГХ-анализом*. Для этого 500 мкл раствора вносят в пробирку для ГХ объемом 2 мл. Пробирку помещают на 12 минут в нагревательный блок (150°C), в котором испаряется растворитель и происходит декарбоксилирование ТГКК. Сухой остаток растворяют в 1,5 мл этанола, пробирку хорошо встряхивают, и затем полученный раствор анализируют методом газовой хроматографии.

Калибровка

Поскольку эталонный материал ТГК быстро разлагается, а приемлемый по качеству материал получить довольно сложно, количественное определение ТГК проводят с использованием эталонного материала КБН. Калибровка по КБН вместо ТГК является хорошо известной и широко распространенной практикой. Теоретически коэффициент корреляции составляет 1,00 [53]. Для целей утверждения, отражающего применимость теоретического коэффициента к данному газовому хроматографу, надлежащей практикой считаются измерение и мониторинг соотношения КБН с аналогичным соединением, например КБД.

Растворы для калибровки

Стандартные растворы КБН готовят в пробирках для газовой хроматографии объемом 2 мл в соответствии с приведенной ниже таблицей:

*Если декарбоксилирование не предшествует анализу, то необходимо выполнить процедуру утверждения системы газовой хроматографии и условий анализа, чтобы убедиться в том, что в процессе анализа обеспечивается полное декарбоксилирование ТГКК и не происходит распада ТГК.

Основной раствор (OP):	1 мг КБН/мл этанола
Промежуточное разбавление (ПР):	100 мкл основного раствора + 900 мкл этанола
Раствор внутреннего стандарта (ВС):	0,5 мг трибензиламина (ТБА)/мл этанола

Стандарт 1	50 мкл ПР + 500 мкл раствора ВС	+ ~ 950 мкл этанола	0,1%
Стандарт 2	250 мкл ПР + 500 мкл раствора ВС	+ ~ 750 мкл этанола	0,5%
Стандарт 3	50 мкл OP + 500 мкл раствора BC	+ ~ 950 мкл этанола	1%
Стандарт 4	150 мкл OP + 500 мкл раствора BC	+ ~ 850 мкл этанола	3%
Стандарт 5	250 мкл OP + 500 мкл раствора BC	+ ~ 750 мкл этанола	5%
Стандарт 6	500 мкл OP + 500 мкл раствора BC	+ ~ 500 мкл этанола	10%
Стандарт 7	800 мкл OP + 500 мкл раствора BC	+ ~ 200 мкл этанола	16%

Стандартные растворы хранятся в темном прохладном месте не более четырех месяцев.

Силилирование

При необходимости отдельного анализа ТГКК, т. е. без декарбоксилирования, перед ГХ-анализом осуществляется дериватизация 1,5 мл аликвот экстракта указанного вещества (не подвергшегося термическому декарбоксилированию). Для этого обычно применяют следующие реагенты:

МСТФА: N-метил-N- trimetilсилилтрифторацетамид

БСТФА/ТМХС: N,O-бис(trimethylsilyl)трифторацетамид/
trimetilхлорсилан (1 процент)

Подвергающиеся силилированию растворители, например этанол, удаляют обычно слабым потоком азота. Остаток разводят в 1,5 мл хлороформа. Затем добавляют 100 мкл МСТФА и нагревают в течение 30 минут при температуре 70°C. Полученный раствор можно сразу анализировать.

5.4.7 Газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС)

Анализ методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием проводится аналогично анализу методом газовой хроматографии с плазменно-ионизационным детектированием.

Эталонные спектры наиболее часто встречающихся каннабиноидов, как исходных, так и производных, можно найти в общедоступных коммерческих базах масс-спектральных данных.

5.4.8 Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)

Описанный ниже метод является утвержденным методом анализа общего содержания ТГК (ТГК+ТГКСООН) в растительной массе каннабиса после экстрагиро-

вания метанолом/хлороформом и последующего дебокарбоксилирования [54, 55]. Утвержденным является весь процесс от подготовки проб до анализа методом ВЭЖХ. Применение других методов также позволяет получить приемлемые результаты, однако эти методы должны быть утверждены и/или опробованы до внедрения в обычную практику. После надлежащей проверки этот метод можно также применять для анализа других продуктов каннабиса.

Тип колонки:	250×4мм RP-8 (5 мкм); форколонка 4×4мм RP-8 (5 мкм)
Температура в колонке:	30 градусов
Подвижная фаза:	ацетонитрил : вода (соотношение объемов 8:2), изократичная, время удерживания 8 мин.
Скорость потока:	1 мл/мин.
Детектирование:	фотодиодная матрица (ФДМ), 220 нм и 240 нм
Объем вводимой пробы:	10 мкл
Порядок элюирования:	КБД, КБН, ТГК, ТГКК (при неполном декарбоксилировании или его отсутствии)

Подготовка пробы

500 мг сухой гомогенизированной растительной массы каннабиса (см. раздел 5.4.2) подвергают экстрагированию в 5 мл смеси метанол : хлороформ (в объемном соотношении 9:1) в следующем порядке: 10 секунд во встряхивателе типа vortex, 15 минут в ультразвуковой ванне, причем в течение этого времени смесь снова помещают во встряхиватель через каждые пять минут, затем подвергают центрифугированию.

Декарбоксилирование

200 мкл вышеуказанного экстракта помещают в емкость для дериватизации. Растворитель полностью выпаривают при помощи газообразного азота. Проба подвергается декарбоксилированию в течение 15 минут при температуре 210°C. Остаток растворяют в 200 мкл смеси ментанол : хлороформ (в объемном соотношении 9:1).

Приготовление конечного раствора

Полученный в результате декарбоксилирования раствор разбавляют метанолом в 100 раз (в два этапа, на каждом из которых к 100 мкл анализируемого вещества добавляют 900 мкл метанола) и после этого анализируют.

Для проб с более низким содержанием ТКГ (< 0,5 процента) раствор достаточно разбавить не в 100, а в 10 раз.

Калибровка

Основной раствор: стандартный раствор 1мг (-)- Δ^9 -ТГК/мл метанола

Разбавление 1: 100 мкл (основного раствора) + 900 мкл метанола = 0,1 мг ТГК/мл метанола

Разбавление 2: 100 мкл (разбавленного раствора 1) + 900 мкл метанола = 0,01 мг ТГК/мл метанола

<i>№</i>	<i>Концентрация (мг/мл)</i>	<i>СТД (объем стандартного раствора)</i>	<i>Метанол (объем метанола)</i>
1	0,001	10 мкл 0,01 мг/мл	90 мкл
2	0,005	50 мкл 0,01 мг/мл	50 мкл
3	0,01	10 мкл 0,1 мг/мл	90 мкл
4	0,05	50 мкл 0,1 мг/мл	50 мкл
5	0,1	100 мкл 0,1 мг/мл	0 мкл

Стандартные растворы хранятся в темном прохладном месте не более четырех месяцев.

Результаты

Для целей качественной идентификации время удерживания, а также спектр диодно-матричного детектирования должны соответствовать конкретному каннабиноиду.

<i>Вещество</i>	<i>Время удерживания (мин.)*</i>	<i>Относительное время удерживания*</i>
Каннабидиол	4,9	0,69
Каннабинол	6,0	0,85
(-)- Δ^9 -ТГК	7,1	1,00
(-)- Δ^9 -ТГК кислота	7,4	1,04

* В колонке LiChrospher® 60 RP-select B (5мкм) (250-4мм) с форколонкой 4-4 LiChrospher® 60 RP-select B (5мкм)

Количественные результаты рассчитывают при длине волн 220 и 240 нм.

6. Дополнительные аналитические методы и подходы для анализа продуктов каннабиса

В настоящем разделе содержится краткий обзор некоторых дополнительных методов и подходов, применимых для анализа продуктов каннабиса.

6.1 Составление профилей ГХ-ПИД по изъятым продуктам каннабиса

На основе стандартизованных ГХ-профилей производится химометрическая классификация. При этом анализ проводят на стандартной колонке. Для кластерного анализа применяют соединения класса терпеноидов, состоящих, главным образом, из сесквитерпенов. ГХ-профили образцов каннабиса сходного происхождения имеют схожие параметры пиков, что позволяет отнести их к одной группе. Корреляционные исследования указывают на то, что по химическому отпечатку того или иного образца каннабиса вполне можно определить его географическое происхождение [56].

Однако, с учетом высокой природной изменчивости каннабиса и необходимости наличия подлинных эталонных материалов каннабиса (т. е. известного происхождения) и коэффициентов правдоподобия (вероятности) для описания регионов происхождения, ГХ-профили с точки зрения судебной экспертизы имеют ограниченную ценность для установления места происхождения.

С другой стороны, этот метод можно применять для сравнительного анализа партий наркотиков. Тем самым можно установить связи между пробами одного возраста, фенотипа и способа производства. Практическую целесообразность этого метода необходимо доказать на основе широкого массива данных.

6.2 Твердофазная микрэкстракция (ТФМЭ)

ТФМЭ является одним из методов подготовки проб без участия растворителей, который можно применять для отбора проб и анализа летучих химических веществ-меток в равновесной паровой фазе над растворами и непосредственно над исследуемым материалом, а также для анализа водных растворов, содержащих аналиты. Известны случаи применения ТФМЭ для анализа как летучих соединений, так и каннабиноидов в составе продуктов каннабиса [57, 58].

ТФМЭ в равновесной паровой фазе применялся также для анализа пищевых продуктов из конопли при помощи щелочного гидролиза (NaOH) и дериватизации на волокне (МСТФА) с последующим исследованием методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). При использовании дейтерированных стандартов этот метод доказал свою надежность применительно к анализу основных каннабиноидов ТГК, КБН и КБД и оказался значительно быстрее, чем метод жидкостно-жидкостной экстракции [59].

6.3 Масс-спектрометрия соотношения стабильных изотопов (МСИ)

Наиболее эффективным методом определения географического происхождения растительного сырья является анализ соотношения изотопов углерода и азота. В отличие от других наркотических средств, в частности героина и кокаина, каннабис не подвергается химической обработке для целей незаконного оборота и поэтому сохраняет первоначальный микроэлементный и изотопный состав. Следовательно, эти параметры могли бы служить признаками, указывающими на географическое происхождение [60].

Вместе с тем на изотопный состав растений могут влиять различные условия выращивания (например, количество воды, наличие или отсутствие грунта, т. е. выращивание в открытом или защищенном грунте, тип грунта и удобрений и т. д.), ограничивая возможности их распознавания [61]. Кроме того, надежные результаты можно получить только в случае наличия аутентичного эталонного продукта каннабиса (известного происхождения).

6.4 Составление профилей ДНК

Этот метод позволяет группировать продукты по их генетическим профилям и поэтому может быть полезным для расследования, например для установления взаимосвязей между производителями, наркоторговцами и потребителями.

Однако, в отличие от ДНК человека, этот “отпечаток” может и не быть уникальным, поскольку в настоящее время широко распространено клонирование растения каннабис. Поэтому совпадение профилей ДНК двух проб само по себе не является доказательством их принадлежности к одному и тому же растению, не говоря уже о вырастившем его человеке. Учитывая тот факт, что лица, которые выращивают каннабис, продают также черенки растений, значение совпадения, полученного при помощи этого довольно дорогостоящего метода, с точки зрения судебной экспертизы является достаточно спорным.

Обзор и описание различных методов анализа ДНК см. в источнике 62.

7. Литература

1. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA), News release, 26 June 2004.
2. EMCDDA (2004), An overview of cannabis potency in Europe, ISBN 92-9168-184-9 (см. также www.emcdda.europa.eu/html.cfm/index33984EN.html, январь 2009 года)
3. ElSohly M.A. (2007). Marijuana and the Cannabinoids, Human Press, ISBN 1-59745-947-8
4. THC Statistics, Swiss Federal Office of Public Health (см. также www.sgrm.ch/getdate.php?datei_id=404; на немецком языке; январь 2009 года)
5. Niesink R.J.M. et al. (2007), *THC concentrations in marihuana, nederwiet and hash in Nederlands coffeeshops (2006-2007)*, Utrecht, Trimbos Institute, ISBN 978-90-5253-593-7 (на голландском языке, резюме на английском языке; см. также www.trimbos.nl/Downloads/Producten/DefinitiefTHC%202007%20definitief%20sept%20RNI.pdf; январь 2009 года)
6. Hardwick, S. and King, L. (2008), *Home Office Cannabis Potency Study 2008*, ISBN 978-1-84726-662-0 (см. также http://scienceandresearch.homeoffice.gov.uk/hosdb/publications/drug-detection-publications/31-08_-_Home_Office_Cannabi1.pdf?view=Binary; январь 2009 года)
7. McLaren, J., et al. (2008), Cannabis potency and contamination: a review of the literature, *Addiction*, 103 (7), 1100-1109.
8. Potter, D.J. et al. (2008), Potency of Δ^9 -THC and other cannabinoids in Cannabis in England in 2005: Implications for psychoactivity and pharmacology, *J. Forensic Sci.*, 53 (1), 90-94.
9. Управление Организации Объединенных Наций по наркотикам и преступности (ЮНОДК), ежегодные *Всемирные доклады о наркотиках* (см. www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/WDR.html; январь 2009 года)
10. ЮНОДК, Многоязычный словарь по наркотическим средствам и психотропным веществам, находящимся под международным контролем, 2007 год (см. www.unodc.org/unodc/en/scientists/multilingual-dictionary-of-narcotic-drugs-and-psychotropic-substances-under-international-control.html; январь 2009 года)
11. Hill, R.J., (1983), *Marijuana, Cannabis sativa L., Regulatory Horticulture*, Weed Circular No. 5, 9 (1-2), 57-66.

12. Flora of North America, www.efloras.org (январь 2009 года)
13. www.illustratedgarden.org (январь 2009 года)
14. www.ab.ru/~slava/flora/f181.htm (январь 2009 года)
15. www.fredicampo.com (ноябрь 2007 года)
16. Wolf, D. (2007), Botanic Garden, Basel, personal communication.
17. encycl.opentopia.com/term/Cannabis_sativa (январь 2009 года)
18. Wolke, W (1995), Cannabis Handbuch, Raymond Martin Verlag, ISBN 3-88631-220-5
19. www.answers.com/topic/cannabis (январь 2009 года)
20. Bone, C., Waldron, S.J., (1999), New trends in illicit cannabis cultivation in the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, *Bulletin on Narcotics*, Vol. XLIX and L, 117-128.
21. Europol Drugs Information Bulletin No. 3/2001, 7
22. Mahler, H. (2007), Proceedings XV. GTFCh Symposium 2007, Mosbach, ISBN ISBN 978-3-00-023794-2 (на немецком языке; см. также www.gtfch.org/cms/images/stories/media/tb/tb2007/s451-464.pdf; январь 2009 года)
23. Stambouli, H. et al. (2007), Cultivation of *Cannabis sativa* L. in northern Morocco, *Bulletin on Narcotics*, Vol. LVII, Nos. 1 and 2, 79-118.
24. Toonen, M., Ribot, S. and Thissen, J. (2006), Yield of indoor Cannabis cultivation in The Netherlands, *J. Forensic Sci.*, 51, 1050-1054.
25. Bureau Ontnemingswetgeving Openbaar Ministerie (BOOM) (2005), *Wederrechtelijk verkregen voordeel hennepekwekrij bij binnenteelt onder kunstlicht: Standaardberekeningen en normen*.
26. Fritschi, G., Klein, B. and Szilluweit, W. (2006), Verteilung der THC-Gehalte in Marihuana pflanzen: Bestimmung der Gehalte in Wurzeln, Stängeln, Blättern und Blüten, *Toxicchem+Krimtech*, 73(2), 54-56 (на немецком языке; см. также www.gtfch.org/tk/tk73_2/Fritschi1.pdf; январь 2009 года)
27. THC Statistics, Swiss Federal Office of Public Health (см. также www.sgrm.ch/content.php?setsprache=d&action=sellang&alternative=,>Chemie>Forensische Chemie>THC Gehaltstatistik 2006_2; январь 2009 года)
28. Raharjo, T.J., et al. (2004), Cloning and overexpression of a cDNA encoding a polyketide synthase (PKS) from *Cannabis sativa* L., *Plant Physiol. Biochem.*, 42, 291-297.
29. Futoshi, T. et al. (1995), *J. Am. Chem. Soc.* 117, 9766-9767
30. Futoshi, T. et al. (1996), *J. Biol. Chem.* 271, 17411-17416

31. Fellermeier M., et al. (2001), Biosynthesis of cannabinoids, Incorporation experiments with ^{13}C -labeled glucoses, *European Journal of Biochemistry*, 268 (6), 1596-1604.
32. With permission of Kantonspolizei Zürich, KTA-KF
33. Industrial Hemp in the United States, www.ers.usda.gov/publications/ages001E/ages001Eh.pdf (январь 2009 года)
34. King, L.A. (2003), “*The Misuse of Drugs Act*” – A Guide for forensic scientists, RSC publication (p. 82).
35. Cole, M.D. (2003), The analysis of controlled substances, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-49252-3 (HB)
36. Ross, S.A. and Elsohly, M.A. (1997), CBN and Δ^9 -THC concentration ratio as an indicator of the age of stored marijuana samples, *Bulletin on Narcotics*, Vol. XLIX and L, 139-147.
37. De Meijer, E.P.M et al. (1992), Characterization of Cannabis accessions with regard to cannabinoid content in relation to other plant characteristics, *Euphytica*, 62, 187-200.
38. Drugs Working Group of the European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) and UNODC (2009), *Guidelines for representative drug sampling* (см. www.unodc.org/unodc/en/scientists/guidelines-on-representative-drug-sampling.html).
39. Official Journal of the European Communities of 28 December 2000 (L 332/63), Commission Regulation (EC) No 2860/2000 of 27 December 2000 (см. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2000/l_332/l_33220001228en00630075.pdf; январь 2009 года)
40. www.SWGDRUG.org (январь 2009 года)
41. Wissenschaftlicher Dienst, Stadtpolizei Zürich, Switzerland, with permission (2007).
42. Joyce and Curry (1970), The botany and chemistry of Cannabis.
43. Jackson, B.P. and Snowdon, D.W. (1968), Powdered Vegetable Drugs, J&A Churchill Ltd., London
44. Dayanandan, P. and Kaufman, P.B. (1976), Trichomes of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae), *Amer. J. Bot.* 63(5), 578-591
45. Hammond, C.T. and Mahlberg, P.G. (1973), Morphology of glandular hairs of *Cannabis sativa* from scanning electron microscopy, *Amer J. Bot.*, 60(6), 524-528
46. Segelman, A.B. et al. (1973), *J. Pharm. Sci.*, Vol. 62, Issue 3, 515-516

47. Sirikantaramas, S. et al. (2004), The gene controlling marijuana psychoactivity: Molecular cloning and heterologous expression of Δ^1 -tetrahydrocannabinolic acid synthase from Cannabis sativa L., *J. Biol. Chem.*, 279 (38), 39767-39774.
48. Dussy, F.E. et al. (2005), *Forensic Sci. Int.* 149, 3-10
49. Faubert Maunder, M.J. de (1969), Two simple colour tests for cannabis, *Bulletin on Narcotics*, Vol. 1969/4, 37-42
50. Andrew Holmes (2007), personal communication.
51. Fuche, Chr. et al. (2001), The use of IMS and GC/IMS, *IJIMS* 4, 1, 20-25, p. 23
52. Wissenschaftlicher Dienst, Stadtpolizei Zürich, Switzerland, validated method, with permission (2007).
53. Poortman-van der Meer, A.J. and Huizer, H. (1999), A contribution to the improvement of accuracy in the quantitation of THC, *Forensic Sci. Int.*, 101, 1-8.
54. Institute of Legal Medicine, St Gall, Switzerland, validated method, with permission (2005).
55. Brenneisen R. (1984), Psychotrope Drogen, Pharm. *Acta Helv.*, 59, 9-10, 247-259.
56. Brenneisen, R. and ElSohly, M.A. (1988), Chromatographic and spectroscopic profiles of Cannabis of different origins: Part I, *J. Forensic Sci.*, 33, 1385-1404.
57. Lai, H., et al. (2008), Headspace sampling and detection of cocaine, MDMA, and marijuana via volatile markers in the presence of potential interferences by solid phase microextraction-ion mobility spectrometry (SPME-IMS), *Anal Bioanal Chem.*, 392 (1-2), 105-113.
58. Ilias, Y., et al. (2005), Extraction and analysis of different *Cannabis* samples by headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry, *Journal of Separation Science*, 28 (17), 2293-2300.
59. Lachenmeier, D.W. et al. (2004), Determination of cannabinoids in hemp food products by use of headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry, *Anal. A. Bioanal. Chem.*, 378 (1), 183-189.
60. Shibuya, E. et al. (2006), Sourcing Brazilian marijuana by applying IRMS analysis to seized samples, *Forensic Sci. Int.*, 160 (1), 35-43.
61. Benson, S. et al. (2006), Forensic applications of isotope ratio mass spectrometry – A review, *Forensic Sci. Int.*, 157 (1), 1-22.
62. Miller Coyle, H. et al. (2003), An overview of DNA methods for the identification and individualization of marijuana, *Croat. Med. J.*, 44 (3), 315-321.

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم. استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى: الأمم المتحدة، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف.

如何索取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经营处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre librairie ou adressez-vous à: Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

CÓMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.



UNODC

Управление Организации Объединенных Наций
по наркотикам и преступности

Vienna International Centre, PO Box 500, 1400 Vienna, Austria
Tel.: (+43-1) 26060-0, Fax: (+43-1) 26060-5866, www.unodc.org