



СОДЕРЖАНИЕ КАННАБИДИОЛА В РАСТЕНИЯХ ОДНОДОМНЫХ СОРТОВ КОНОПЛИ ПОСЕВНОЙ И ЗАВИСИМОСТЬ ЕГО НАКОПЛЕНИЯ ОТ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

В.А. Серков, М.В. Данилов

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» —
Обособленное подразделение «Пензенский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства», р.п. Лунино, Пензенская область, Россия

Конопля посевная (*Cannabis sativa* L.) — перспективная сельскохозяйственная культура разностороннего направления применения, в том числе пригодная для использования в качестве сырья в фармацевтической промышленности. Исторически это растение широко применялось в народной медицине для лечения различных заболеваний (кашель, усталость, ревматизм, астма, белая горячка, головная боль и многих других). Такое обстоятельство детерминировано прежде всего наличием в зеленой массе растений ценнейшего соединения природного происхождения — каннабидиола (КБД), обладающего эксклюзивными фармакологическими свойствами. Представляло научный интерес многолетнее изучение содержания КБД в современных селекционных сортах конопли посевной среднерусского экотипа с целью оценки перспективы их использования как источника возобновляемого сырьевого ресурса для обеспечения потребностей отечественной фармацевтической индустрии в аспекте стабильного и эффективного импортозамещения жизненно важных лекарственных веществ. Кроме того, имело актуальность выяснение влияния агрометеоусловий на уровень накопления КБД в растениях культуры.

Ключевые слова: конопля посевная, безнаркотический сорт, каннабиноиды, каннабидиол, корреляция, активная температура, гидротермический коэффициент.

Введение

На протяжении длительного исторического периода конопля входила в фармакопейные справочники многих стран мира, включая СССР. Но во второй половине XX века растение было исключено из фармакопейного справочника страны [1]. С этого времени медицинское использование конопли в России практически запрещено. Причиной тому является то, что растение синтезирует тетрагидроканнабинол (ТГК), который отнесен к наркотическим средствам и внесен в Список веществ, оборот которых запрещен на территории Российской Федерации Постановлением Правительства [2].

Уже несколько последних десятилетий в РФ в промышленных целях для получения пеньковолокна и масла разрешено возделывать лишь сорта технической конопли, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений. Эти сорта содержат не более 0,1% ТГК. Такое низкое содержание ТГК в растении делает производство наркотического средства для нелегального рынка экономически нерентабельным и практически невозможным в кустарных условиях [3].

Однако за рубежом в последние годы все большее распространение получает возделывание конопли именно на медицинские (фармакологические) цели. Конопля имеет потенциал лечения более 105 заболеваний, которые очень трудны в лечении известными на сегодняшний день препаратами. Растение выращивают преимущественно как источник ценнейшего фармакологического сырья — каннабидиола (КБД). На основе КБД создан новый класс лекарственных препаратов для эффективной медикаментозной профилактики и лечения широкого спектра социально-несовместимых и смертельно-опасных заболеваний [4].

Лекарственные средства на основе КБД обладают рядом терапевтических преимуществ по сравнению с другими растительными ле-

карственными препаратами. Так, применяемые в современной медицине противоболевые препараты (анальгетики) воздействуют на опиоидные рецепторы, зачастую вызывая привыкание и требуя увеличения дозировки. Лекарственные препараты на основе природного КБД воздействуют на специфические каннабиноидные рецепторы и не вызывают привыкания. Лекарства, созданные на основе каннабиноидов конопли, используют при лечении ВИЧ-инфицированных больных, лейкемии, эпилепсии, астмы, глаукомы, множественных склерозов, язв и других нервно-мышечных расстройств [5, 6].

При этом для получения необходимого сырья используются специально отобраные сорта медицинской конопли с содержанием КБД в растительной биомассе 5-7% и более. Их возделывание настолько высокопродуктивно, что на несколько порядков превышает традиционные направления выращивания — на волокно и масло [7].

КБД, содержащийся в необработанных листьях и соцветиях конопли, предоставляет человеческому организму эксклюзивные питательные и терапевтические ингредиенты. Данный непсихоактивный каннабиноид является чрезвычайно мощным антиоксидантом. Также КБД является весьма эффективным противораковым средством, которое обладает способностью профилактики и лечения ряда тяжелых, в том числе хронических, заболеваний [8]. Человеческий организм, обладающий эндоканнабиноидной системой, пронизан каннабиноидными рецепторами. Поэтому использование КБД способно нормализовать функционирование всех систем организма, включая нарушенные клеточные связи, а также дисбаланс иммунной функции организма [6].

В выпуске журнала «Scientific American» за декабрь 2004 г. описывались свойства молекулы конопли, способствующие налаживанию

двусторонних связей с нервными клетками. Согласно информации, изложенной в данной статье, отсутствие двусторонней связи с нервными окончаниями является основной причиной воспалений в организме [9].

Если иммунные клетки постоянно подвергаются негативному воздействию и не имеют связи с нервными окончаниями, воспаление становится хроническим, а это приводит к возникновению значительного количества других проблем. Когда каннабиноиды добавляются в качестве продукта питания в рацион человека, они обеспечивают налаживание двусторонних связей и купируют внутренний дисбаланс.

Воздействие каннабидиола на человеческий организм заключается в статусе регулятора, возвращающего разбалансированные и децентрализованные системы человеческого организма в нормальное жизнеспособное состояние. Именно поэтому каннабидиол безальтернативно необходим для лечения значительного количества заболеваний [6].

По мнению представителей каннабиноидной медицины, люди с ослабленной иммунной системой, хроническими заболеваниями, клеточными дисфункциями и даже онкологией могут иметь пользу от использования каннабидиола. Лучшим способом получения максимального результата от КБД является сок из сырых листьев и соцветий конопли [10].

Исследования ученых демонстрируют, что люди, в организме которых недостаточное количество эндоканнабиноидов, страдают такими заболеваниями как глаукома, мигрень и синдром раздраженной толстой кишки. Исследования показывают, что КБД оказывает терапевтическое воздействие при диабете, артрите, нарушениях сна, ревматоидном артрите, эпилепсии, а также хронической боли [6].

При использовании свежесжатого конопляного сока, как источника КБД, человеческий организм получает дополнительное



количество энергии, большое количество антиоксидантов, необходимые питательные вещества и микроэлементы, идеальный баланс омега-3 и омега-6 ненасыщенных жирных кислот, эффективные противовоспалительные соединения и легкоусваиваемый белок. При этом полностью отсутствует психоактивный эффект [10].

КБД так же, как и ТГК, относится к классу природных каннабиноидов, но, в отличие от ТГК, не внесен в список наркотических средств.

КБД является главным компонентом каннабиноидного комплекса промышленной конопли. В современных селекционных сортах лекарственной (наркотической) конопли, возделываемых за рубежом, в верхушечной части содержится до 20% ТГК (в пересчете на сухой вес), а в сортах промышленной (безнаркотической) конопли содержится до 0,3% ТГК [11, 12].

В российских сортах промышленной (технической) конопли содержание ТГК не превышает 0,1%. При этом содержание КБД обычно на один-два порядка выше, чем содержание ТГК [13].

В экономически развитых странах мира еще до признания каннабидиола терапевтическим средством успешно пользовались КБД для лечения нейродегенеративных заболеваний (эпилепсия, болезнь Паркинсона, болезнь Гентингтона, биполярные и посттравматические расстройства), онемения, судорог, резких перепадов настроений (в том числе депрессивных состояний либо повышенной тревожности). Экстракты, настойки, вытяжки либо смесовые фармакологические (таблетки, капсулы, микстуры) и косметические (масла, мази, гели) препараты на основе КБД являются хорошо разрекламированными и отлично продающимися продуктами [14]. К сожалению, в России легальная работа с КБД законодательно не регламентирована.

На протяжении последних нескольких лет отдельные экономически развитые страны позволяли себе вне зависимости от установок «Единой конвенции о наркотических средствах» проводить национально ориентируемую политику, направленную на признание каннабидиола в качестве легального медицинского средства. В конце 2016 г. делегаты нескольких стран ЕС провели конференцию, посвященную медицинской конопле, в октябре 2017 г. WADA удалила КБД из списка запрещенных препаратов и в декабре этого же года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признала каннабидиол безопасным лекарственным средством [15, 16].

В документах ВОЗ, в частности, указывается, что безнаркотический каннабидиол во многих странах мира уже используется для эффективной терапии эпилептических приступов, безопасен для организма человека, может быть использован в чистом виде либо в составе комбинированных лекарственных средств в качестве медицинского препарата и в отношении каннабидиола не должно быть никаких ограничений. Опубликованный отчет ВОЗ содержит в себе следующие ключевые тезисы:

- исследования каннабидиола вначале провели на животных, а затем на добровольцах в рамках созданных специально для этого тестовых групп;
- КБД обладает терапевтическим эффектом для лечения ряда хронических заболеваний, например эпилепсии;

– использование данного безнаркотического каннабиноида не имеет никаких побочных эффектов, не вызывает каких-либо зависимостей в случае его длительного использования.

На протяжении 2017 г. эксперты специально созданного для этого комитета ВОЗ всесторонне исследовали свойства каннабидиола. В результате проведенной работы появился доклад, который стал основой для принятого решения руководящим органом Всемирной организации здравоохранения [17].

Экспериментальные данные недавних исследований свидетельствуют о возможной роли каннабиноидов в качестве терапевтических средств, используемых для лечения вирусных заболеваний. По-видимому, каннабиноиды могут быть частью схемы лечения с нестероидными противовоспалительными препаратами и другими веществами, нацеленными на иммунные пути и подавляющими цитокиновый «шторм». Каннабидиол имеет несколько характеристик, которые делают его привлекательным средством для изучения противовирусной активности. В отличие от ТГК, КБД не является интоксикационным веществом и не обладает потенциалом злоупотребления. Кроме того, КБД может индуцировать апоптоз (регулируемый процесс программируемой клеточной гибели) в клетках млекопитающих, что является важным компонентом лечения вирусных инфекций. Другие соединения конопли с различными химическими структурами также имеют противовирусную активность.

В проведенных доклинических исследованиях за рубежом изучалась возможная роль КБД в качестве противовирусного средства. Одно исследование продемонстрировало прямой противовирусный эффект против вируса гепатита С. Другое показало косвенное вирусное действие каннабидиола против герпесвируса, ассоциированного с саркомой Капоши. Лечение КБД также предотвращало превращение клеток в онкологические образования. Третье исследование выявило, что каннабидиол смягчает эффекты нейровоспаления, вызванного вирусом мышиного энцефаломелита Тейлора [18, 19].

Исследования доказывают, что каннабидиол является перспективным кандидатом и для изучения на доклинических моделях коронавируса. Уровень доказательств, необходимых для решения вопроса об использовании каннабиноидов в качестве фармакотерапии при вирусных заболеваниях, пока недостаточен, но высокий интерес к каннабиноидам как лекарственным средствам предоставляет потенциальную перспективу для клиницистов.

Уже имеется опыт использования листьев и соцветий сортов технической конопли терапевтической направленности в качестве дешевого и эффективного профилактического средства, в том числе используемого для профилактики коронавируса. Кроме того, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в случае тяжелого протекания заболевания, связанных с COVID-19, биологически активные добавки, изготовленные на основе терапевтических свойств технической конопли, усиленные органоминеральным комплексом гуминовых веществ, чрезвычайно эффективно помогают лечить пациентов, предотвращая негативные для человеческого организма последствия протекания болезней [20].

Выращивание и переработка конопли, содержащей повышенное количество каннабидиола, является высокорентабельным производством. Согласно американским и канадским оценкам, европейские сорта, содержащие 1-3% КБД, теоретически могут приносить доход около 37 тыс. долл./га. При содержании КБД до 6% доход от вложений увеличивается почти до 225 тыс. долл., до 12% — 450 тыс. долл. [21].

Цель исследований

Цель исследований заключалась в изучении содержания каннабидиола в растениях современных селекционных сортов конопли посевной и зависимости его накопления от гидротермических условий периода вегетации.

Методика исследований

Отбор растительных проб на анализ каннабидиола проводили в фазе бутонизации-начала цветения растений. Пробоподготовку осуществляли путем высушивания верхушек соцветий при 110°C до постоянной массы, измельчали, затем брали навеску массой 0,1 г и заливали 1 мл метилстеарата с известной концентрацией (1 мл) в этаноле, доводили до кипения, охлаждали, выдерживали 30 мин. при комнатной температуре и подвергали хроматографированию.

Идентификацию и количественное определение содержания каннабидиола выполняли методом ГЖХ-анализа на газо-жидкостном хроматографическом комплексе «Кристалл 2000М» согласно методическим рекомендациям [22]. Количественную обработку хроматограмм осуществляли по площадям пиков с применением компьютерной программы «Хроматэк Аналитик 2.5». Количество аналитических проб — 2. Расчет количественного содержания КБД проводили методом внутреннего стандарта. В качестве внутреннего стандарта использовали 0,5% раствор метилстеарата в этаноле.

Результаты исследований

Из 11-летнего (2010-2020 гг.) периода проведения исследований 5 лет были достаточно увлажненными (ГТК 1,02-1,41), 4 года — умеренно засушливыми (ГТК 0,62-0,76), 2 года отличались аномально засушливыми условиями (ГТК 0,18-0,30) (табл. 1). Контрастные условия вегетаций позволили сформировать репрезентативный массив информации для достоверного анализа и синтеза экспериментальных данных и достижения программной цели исследований.

Приведенные в таблице 2 данные по содержанию КБД в растениях возделываемых сортов культуры характеризуют абсолютные уровни данного каннабиноида в разрезе 11 предыдущих лет.

Статистический анализ данных выборочной совокупности показал, что наибольшие усредненные параметры признака отмечены у сорта Надежда. Однако этот сорт, наряду с сортом Вера, обладает наибольшей вариабельностью признака, что характеризует эти сорта как формы с наиболее генотипически нестабилизированным статусом по накоплению КБД в зависимости от гидротермических условий (табл. 3).

Сорт Сурская в тех же условиях показал несколько меньшие абсолютные уровни накопления КБД, хотя также со значительной, но почти в 2 раза меньшей, вариабельностью. Следовательно, реакция данного сорта на конкретные



Таблица 1

Агрометеорологические условия периода исследований (2010-2020 гг.)

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
$\Sigma_{\text{АТ}}$, °С	2669	2151	2143	2041	2270	2263	2141	2014	2116	2090	1800	2154
Осадки, мм	49	303	291	263	140	230	255	154	63	138	115	182
ГТК, абс.ед.	0,18	1,41	1,36	1,29	0,62	1,02	1,19	0,76	0,30	0,66	0,64	0,85

Таблица 2

Содержание КБД в сортах конопли посевной селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» (2010-2020 гг.), %

Сорт	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Сурская	2,171	0,989	1,452	1,120	2,026	1,537	2,119	0,916	1,555	1,445	1,398	1,521
Вера	3,845	1,072	1,106	1,171	2,351	1,811	1,899	0,914	1,583	1,161	1,655	1,688
Надежда	5,049	1,408	1,699	1,628	1,815	2,011	2,492	1,348	1,841	1,378	2,134	2,073

Таблица 3

Вариационные характеристики признака «содержание КБД» в растениях сортов конопли посевной (2010-2020 гг.)

Показатель	Сурская	Вера	Надежда
$X_{\text{ср}}$, %	1,521±0,130	1,688±0,253	2,073±0,128
min-max, %	0,916-2,171	0,914-3,845	1,348-5,049
V, %	28,5	49,6	50,5
m, %	8,6	15,0	15,2

Таблица 4

Параметры сопряженности между содержанием КБД в растениях сортов конопли посевной и факторами погодных условий (2010-2020 гг.)

Коррелируемые показатели	Кoeffициент корреляции (r)			Кoeffициент детерминации (d), %		
	Сурская	Вера	Надежда	Сурская	Вера	Надежда
Сумма активных температур, °С	0,61	0,80	0,75	37	64	56
Сумма осадков, мм	-0,37	-0,55	-0,47	14	30	22
Гидротермический коэффициент	-0,42	-0,60	-0,51	18	36	26

гидротермические условия вегетации выражены менее дифференцированно по сравнению с сортами Надежда и Вера.

Установлены линейные коэффициенты корреляции и коэффициенты детерминации между содержанием КБД и основными параметрами погодных условий периодов вегетации: суммой активных температур, количеством осадков и гидротермическим коэффициентом (табл. 4).

По сорту Сурская установлена средняя положительная зависимость между содержанием КБД и суммой активных температур. Слабая отрицательная зависимость отмечена между содержанием КБД и количеством осадков, а также гидротермическим коэффициентом. Таким образом, по сорту Сурская среди основных факторов погодных условий наибольшее влияние на формирование уровня КБД (37%) оказывает сумма активных температур.

По сорту Вера установлена сильная положительная зависимость между содержанием КБД и суммой активных температур. Средняя отрицательная зависимость отмечена между содержанием КБД, количеством осадков и гидротермическим коэффициентом. Таким образом, по сорту Вера среди основных факторов погодных условий наибольшее влияние на формирование уровня КБД (64%) также оказывает сумма активных температур.

По сорту Надежда установлена сильная положительная зависимость между содержанием КБД и суммой активных температур. Близкая к

средней отрицательная зависимость отмечена между содержанием КБД, количеством осадков и гидротермическим коэффициентом. Таким образом, по сорту Надежда среди основных факторов погодных условий наибольшее влияние на формирование уровня КБД (56%) также оказывает сумма активных температур.

Заключение

Изучено содержание каннабидиола в растениях сортов безнаркотической конопли посевной среднерусского экотипа за 11-летний период исследований. Установлено, что наибольший средний уровень накопления данного каннабиоида принадлежит растениям сорта Надежда, в 1,2 и 1,4 раза превышающий данные показатели сортов Вера и Сурская. Отмечена сильная вариабельность признака по всем трем сортам в годы, контрастные по гидротермическому режиму. Среди основных факторов погодных условий наиболее эффективное воздействие на процесс накопления каннабидиола оказывает сумма активных температур. Отрицательное влияние проявляют осадки и гидротермический коэффициент вегетации.

Литература

1. Государственная фармакопея Союза Советских Социалистических Республик / Министерство здравоохранения СССР. 10-е изд. М.: Медицина, 1968. 1079 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/record/01006092240> (дата обращения: 25.02.2021).

2. Постановление Правительства № 681 от 30 июня 1998 г. «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/12112176/> (дата обращения: 25.02.2021).

3. Smoll, E., Cronquist, A. (1976). A practical and natural taxonomy for cannabis. *Taxon*, vol. 25, no. 4, pp. 405-435.

4. Анализ потенциала рынка терапевтической конопли. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/analiz-potenciala-rynka-terapevticheskoy-konopli> (дата обращения: 26.02.2021).

5. Сарсенбаев К.Н., Борибай Э.С. Современные методы получения медицинских препаратов из конопли // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2014. № 4. С. 288-292.

6. Молчанова А.Ю. Эндоканнабиноидная система: физиология, патофизиология, терапевтический потенциал / под ред. В.С. Улащика. Минск: Беларуская навука, 2015. 211 с.

7. Использование каннабиноидов в терапии тяжелых/хронических заболеваний. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/page/9108> (дата обращения: 01.03.2021).

8. Безнаркотические каннабиноиды уничтожают раковые клетки желудочно-кишечного тракта. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/beznarkoticheskie-kannabinoidy-unichtozhayut-rakovye-kletki-zheludochno-kishechnogo-trakta> (дата обращения: 01.03.2021).

9. <https://www.litres.ru/v-mire-nauki/zhurnal-v-mire-nauki-12-2004/> (дата обращения: 01.03.2021).

10. Преимущества свежеежатого сока из листьев и соцветий конопли. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/preimushchestva-svezheozhatogo-soka-iz-listev-i-socvetiy-konopli> (дата обращения: 02.03.2021).

11. Достижения украинских селекционеров по созданию медицинской конопли. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/dostizheniya-ukrainskih-selekcionerov-po-sozdaniyu-medicinskoj-konopli> (дата обращения: 02.03.2021).

12. Европарламент одобрил увеличение максимально допустимого количества ТГК в технической конопле до 0,3%. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/evroparlament-odobril-uvlichenie-maksimalno-dopustimogo-kolichestva-tgk-v-tehnicheskoy-konopli> (дата обращения: 02.03.2021).

13. Зеленина О.Н., Галиахметова И.А., Серков В.А. Перспектива использования технической конопли в фармакологических целях // Инновационная техника и технология. 2016. № 4. С. 11-13.

14. Конопля против фармакологических препаратов. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/konoplya-protiv-farmakologicheskikh-preparatov> (дата обращения: 02.03.2021).

15. Выводы о целесообразности использования растительного каннабидиола национальными спортсменами. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/vyvody-o-celesoobraznosti-ispolzovaniya-rastitelnogo-kannabidiola-natsionalnymi-sportsmenami> (дата обращения: 02.03.2021).

16. Краткий анализ рынка терапевтической конопли. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/kratkiy>



analiz-rynka-terapevticheskoy-konopli (дата обращения: 03.03.2021).

17. ООН декларирует поддержку конопли. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/oon-deklariruet-podderzhku-konopli> (дата обращения: 03.03.2021).

18. Листья конопли обладают явно выраженными антибактериальными свойствами. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/listya-konopli-obladayut-yavno-vyrazhennymi-antibakterialnymi-svoystvami> (дата обращения: 03.03.2021).

Об авторах:

Серков Валериан Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8308-4200>, v.serkov.pnz@fncl.ru

Данилов Михаил Васильевич, инженер-исследователь лаборатории химико-аналитических анализов, danmisha.607.80@mail.ru

CANNABIDIOL CONTENT IN SINGLE HOUSE PLANTS VARIETIES OF SEED HEMP AND DEPENDENCE OF ITS ACCUMULATION ON HYDROTHERMAL MODE

V.A. Serkov, M.V. Danilov

Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division
“Penza Research Institute of Agriculture”, Lunino, Penza region, Russia

Sowing hemp (*Cannabis sativa* L.) is a promising agricultural crop with a versatile direction of application, including suitable for use as a raw material in the pharmaceutical industry. Historically, this plant was widely used in folk medicine for the treatment of various diseases (cough, fatigue, rheumatism, asthma, delirium tremens, headache and many others). This circumstance is determined primarily by the presence in the green mass of plants of the most valuable compound of natural origin — cannabidiol (CBD), which has exclusive pharmacological properties. The long-term study of the CBD content in modern breeding hemp varieties of the Central Russian ecotype was of scientific interest in order to assess the prospects of their use as a source of renewable raw materials to meet the needs of the domestic pharmaceutical industry in terms of stable and effective import substitution of vital medicinal substances. In addition, it was relevant to clarify the effect of agrometeorological conditions on the level of CBD accumulation in crop plants.

Keywords: *cannabis seed, drug-free cultivar, cannabinoids, cannabidiol, correlation, active temperature, hydrothermal coefficient.*

References

1. Ministry of Health of the USSR (1968). *Gosudarstvennaya farmakopeya Soyuzo Sovetskikh Sotsialisticheskikh Respublik* [State Pharmacopoeia of the Union of Soviet Socialist Republics]. Moscow, Medicine, 1079 p. Available at: <https://search.rsl.ru/record/01006092240> (accessed: 25.02.2021).
2. Postanovlenie Pravitel'stva № 681 ot 30 iyunya 1998 g. «Ob utverzhenii perechnya narkoticheskikh sredstv, psikhotropnykh veshchestv i ikh prekursorov, podlezhashchikh kontrolyu v Rossiiskoi Federatsii» (s izmeneniyami i dopolneniyami) [Government Decree No. 681 of June 30, 1998 "On Approval of the List of Narcotic Drugs, Psychotropic Substances and Their Precursors Subject to Control in the Russian Federation" (with amendments and additions)]. Available at: <https://base.garant.ru/12112176> (accessed: 25.02.2021).
3. Smoll, E., Cronquist, A. (1976). A practical and natural taxonomy for cannabis. *Taxon*, vol. 25, no. 4, pp. 405-435.
4. Analiz potentsiala rynka terapevticheskoi konopli [Analyzing the market potential for therapeutic cannabis]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/analiz-potentsiala-rynka-terapevticheskoy-konopli> (accessed: 26.02.2021).
5. Sarsenbaev, K.N., Boribai, E.H.S. (2014). Sovremennye metody polucheniya meditsinskikh preparatov iz konopli [Modern methods of obtaining medicinal products from hemp]. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta*, no. 4, pp. 288-292.
6. Molchanova, A.Yu. (2015). *Ehndokannabinoidnaya sistema: fiziologiya, patofiziologiya, terapevticheskii potentsial* [Endocannabinoid system: physiology, pathophysiology, therapeutic potential]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 211 p.
7. Ispol'zovanie kannabinoidov v terapii tyazhelykh/khronicheskikh zabolevaniy [The use of cannabinoids in the treatment of severe/chronic diseases]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/page/9108> (accessed: 01.03.2021).

About the authors:

Valerian A. Serkov, doctor of agricultural sciences, chief researcher of the laboratory of breeding technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8308-4200>, v.serkov.pnz@fncl.ru

Mikhail V. Danilov, research engineer of the laboratory of chemical and analytical analysis, danmisha.607.80@mail.ru

19. Возможность использования каннабиноидов в профилактике и лечении заболеваний, провоцируемых COVID-19. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/vozmozhnost-ispolzovaniya-kannabinoidov-v-profilaktike-i-lechenii-zabolevaniy-provociruemykh-COVID-19> (дата обращения: 03.03.2021).

20. Каннабиноиды и коронавирус. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/kannabinoidy-i-koronavirus> (дата обращения: 03.03.2021).

21. Где искать семенной материал конопли с высоким содержанием каннабидиола. Режим доступа: <http://tku.org.ua/ru/news/gde-iskat-semennoy-material-konopli-s-vysokim-soderzhanie-kannabidiola> (дата обращения: 03.03.2021).

22. Сорокин В.И. и др. Определение вида наркотических средств, получаемых из конопли и мака: методические рекомендации / ЭКЦ МВД России; РФЦЭ МЮ России. М., 1995. 24 с.

8. Beznarkoticheskie kannabinoidy unichtozhayut rakovye kletki zheludochno-kishechnogo trakta [Non-drug cannabinoids kill cancer cells in the gastrointestinal tract]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/beznarkoticheskie-kannabinoidy-unichtozhayut-rakovye-kletki-zheludochno-kishechnogo-trakta> (accessed: 01.03.2021).

9. <https://www.litres.ru/v-mire-nauki/zhurnal-v-mire-nauki-12-2004/> (accessed: 01.03.2021).

10. Preimushchestva svezheotzhatogo soka iz list'ev i sovetii konopli [Benefits of freshly squeezed cannabis leaves and inflorescences]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/preimushchestva-svezheotzhatogo-soka-iz-listev-i-sovetii-konopli> (accessed: 02.03.2021).

11. Dostizheniya ukrainskikh selektsionerov po sozdaniyu meditsinskoi konopli [Achievements of Ukrainian breeders in the creation of medical hemp]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/dostizheniya-ukrainskikh-selektsionerov-po-sozdaniyu-meditsinskoy-konopli> (accessed: 02.03.2021).

12. Evroparlament odobril uvelichenie maksimal'no dopustimogo kolichestva TGK v tekhnicheskoi konople do 0,3% [The European Parliament approved an increase in the maximum allowable amount of THC in technical hemp to 0.3%]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/evroparlament-odobril-uvelichenie-maksimalno-dopustimogo-kolichestva-tgk-v-tekhnicheskoy-konople> (accessed: 02.03.2021).

13. Zelenina, O.N., Galiakhmetova, I.A., Serkov, V.A. (2016). Perspektiva ispol'zovaniya tekhnicheskoi konopli v farmakologicheskikh tselyakh [The prospect of using industrial hemp for pharmacological purposes]. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya* [Innovative technique and technology], no. 4, pp. 11-13.

14. Konoplya protiv farmakologicheskikh preparatov [Cannabis versus pharmacological drugs]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/konoplya-protiv-farmakologicheskikh-preparatov> (accessed: 02.03.2021).

15. Vyvody o tselesoobraznosti ispol'zovaniya rastitel'nogo kannabidiola natsional'nymi sportsmenami

[Conclusions on the feasibility of using plant cannabidiol by national athletes]. Available at: tku.org.ua/ru/news/vyvody-o-tselesoobraznosti-ispolzovaniya-rastitelnogo-kannabidiola-natsional'nymi-sportsmenami (accessed: 02.03.2021).

16. Kratkii analiz rynka terapevticheskoi konopli [A brief analysis of the therapeutic cannabis market]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/kratkii-analiz-rynka-terapevticheskoy-konopli> (accessed: 03.03.2021).

17. ООН декларирует поддержку конопли [UN Declares Support for Cannabis]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/oon-deklariruet-podderzhku-konopli> (accessed: 03.03.2021).

18. List'ya konopli obladayut yavno vyrazhennymi antibakterial'nymi svoystvami [Hemp leaves have pronounced antibacterial properties]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/listya-konopli-obladayut-yavno-vyrazhennymi-antibakterialnymi-svoystvami> (accessed: 03.03.2021).

19. Vozmozhnost' ispol'zovaniya kannabinoidov v profilaktike i lechenii zabolevaniy, provotsiruemykh COVID-19 [The possibility of using cannabinoids in the prevention and treatment of diseases provoked by COVID-19]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/vozmozhnost-ispolzovaniya-kannabinoidov-v-profilaktike-i-lechenii-zabolevaniy-provociruemykh-COVID-19> (accessed: 03.03.2021).

20. Kannabinoidy i koronavirus [Cannabinoids and coronavirus]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/kannabinoidy-i-koronavirus> (accessed: 03.03.2021).

21. Gde iskat' semennoi material konopli s vysokim sodержанием kannabidiola [Where to look for cannabidiol-rich hemp seed]. Available at: <http://tku.org.ua/ru/news/gde-iskat-semennoy-material-konopli-s-vysokim-soderzhanie-kannabidiola> (accessed: 03.03.2021).

22. Sorokin, V.I. i dr. (1995). *Opreделение vida nar-koticheskikh sredstv, poluchaemykh iz konopli i maka: metodicheskie rekomendatsii* [Species identification of drugs derived from cannabis and poppy: methodical recommendations]. Moscow, 24 p.

v.serkov.pnz@fncl.ru

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОДЕРЖАНИЕ КАННАБИДИОЛА
В РАСТЕНИЯХ КОНОПЛИ (*Cannabis sativa* L.)***С.В. ГРИГОРЬЕВ¹, К.В. ИЛЛАРИОНОВА²

Производство промышленной конопли и продуктов ее переработки (текстиля, семян и масла для функционального питания, фармацевтических препаратов) — интенсивно развивающиеся отрасли мирового сельскохозяйственного производства. В Российской Федерации в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, зарегистрированы 27 сортов и гибридов конопли универсального направления продуктивности, однако нет сортов для получения каннабидиола (КБД) — фитоканнабиноида, который не обладает наркотической активностью, не относится к наркотическим средствам, не внесен в список наркотических средств Единой Конвенции ООН о наркотиках, но востребован для производства медицинских препаратов. В настоящее время существует необходимость в сортах фармацевтической специализации (КБД-сортах). В своем исследовании мы впервые выделили формы конопли с признаками контрастно высокого содержания КБД (более 9 %) и следовых количеств Δ^9 -тетрагидроканнабинола (ТГК) — основного психотропного каннабиноида. Целью работы была оценка эффектов увлажнения, освещения, половой принадлежности и этапа онтогенеза на концентрацию каннабидиола и Δ^9 -тетрагидроканнабинола у генотипически разнообразных образцов конопли для формирования оптимальной морфофизиологической и агрохозяйственной модели сорта, специализированного для получения КБД в условиях открытого грунта. Материалом служили генотипически оригинальные, пространственно разделенные популяции растений конопли (род *Cannabis* L.), произрастающие *in situ*. Исследования проводили в 2008–2011 годах. На территории четырех федеральных округов России выбрали 128 популяций, из которых в 52 изучали эффект фактора затенения, в 58 — фактора избытка увлажнения. В каждой популяции рендомизировано и репрезентативно собирали растения, формировали общие пробы. Образцы отбирали в период начала бутонизации и цветения — начала созревания семян. Пробы для биохимического анализа представляли собой измельченную воздушно-сухую массу верхушечных частей растений в следующих вариантах: с соцветиями, без соцветий, женские растения, мужские растения. Раздельно анализировали соцветия (генеративные части) и только листья (вегетативные части) у двух половых типов конопли. Генотипические различия изученных образцов по содержанию КБД были статистически значимы ($p = 0,05$). Половой полиморфизм по признаку содержания КБД и ТГК оказался статистически недостоверным. В обеих условных группах мужских и женских растений содержание КБД было приблизительно равным от бутонизации до созревания семян. От стадии бутонизации до созревания семян количество КБД увеличивалось в 2 раза. Генеративные части растений содержали значимо больше КБД, чем вегетативные. К фазе бутонизации у растений разных половых типов в генеративных частях было в 2 раза больше КБД, чем ТГК. Максимум КБД накапливался в генеративных частях до начала созревания семян. Накопление КБД в растениях любых половых типов значимо зависело от интенсивности естественного освещения: нарушение освещения приводило к снижению количества КБД. Фактор избытка (или дефицита) естественного увлажнения на стадии взрослого растения достоверно не влиял на аккумуляцию КБД. В отличие от двудомных сортов конопли зернового и масличного направлений, растения условных половых типов (матерки и поскони) могут быть в равной мере использованы для получения КБД. Матерка должна иметь длительный период бутонизации—полного цветения в условиях минимального количества пыльцы с последующим поздним созреванием семян. Цветение и максимальное пыление поскони должно быть поздним, поскольку дефицит пыльцы способствует накоплению КБД у женских растений. Растения КБД-сорта должны иметь максимальную массу и размер длительно бутонизирующих и цветущих минимально облиственных соцветий.

Ключевые слова: *Cannabis sativa* L., *Cannabis ruderalis* L., конопля, половые типы, фитоканнабиноиды, каннабидиол, Δ^9 -тетрагидроканнабинол, модель CBD-сорта, селекция.

Конопля (*Cannabis* L.) — одна из самых древних сельскохозяйственных культур (1). В силу различных факторов посева промышленной конопли в СССР и Российской Федерации регрессировали с 1 млн га в 1940-х до 150 тыс. га в 1980-х годах и в настоящее время составляют около

* Выполненная работа соответствовала тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0001 «Коллекция масличных и прядильных культур ВИР (изучение и расширение генетического разнообразия масличных и прядильных культур)».

15 тыс. га. На фоне снижения объемов культивирования конопли в Российской Федерации отмечалась тенденция структурного увеличения доли синтетических наркотиков в незаконном обороте, под которые маскировались различные психоактивные вещества (2).

Современная переработка конопли — это не только текстиль различного назначения и костра, но и инновационное использование семян и масла для функционального питания и фармации. С 1994 по 2017 год в странах ЕС посевная площадь сортов конопли для получения семян, масла и волокна увеличилась с 8 до 33 тыс. га. Только во Франции в 2017 году под посевы было занято 18 тыс. га. В Прибалтийских государствах ЕС в 2018 году площади составили около 14 тыс. га. В Канаде конопля ежегодно высевается более чем на 15 тыс. га. В 2011 году в США ежегодный объем официально импортируемых продуктов промышленной конопли оценивался в 11 млн долларов (3, 4), а с 2018 года в стране были возобновлены посевы культуры.

Соцветия и листья конопли содержат свыше 60 различных фитоканнабиноидов — терпенфенольных соединений, производных 2-замещенного 5-амилрезорцина. Предшественником всех фитоканнабиноидов служит каннабигероловая кислота. Она трансформируется в каннабихроменую, каннабидиоловую и Δ^9 -тетрагидроканнабиоловую кислоты, которые преобразуются в каннабиноиды. Каннабидиоловая и Δ^9 -тетрагидроканнабиоловая кислоты относятся к основным. Их синтез в растении обусловлен генетически. За психотропный эффект наркотических средств отвечает Δ^9 -тетрагидроканнабинол (ТГК, Δ^9 -tetrahydrocannabinol, THC), способный избирательно связываться со структурами головного мозга — каннабиноидными рецепторами. В отличие от ТГК, каннабидиол (КБД, cannabidiol, CBD) обладает выраженным терапевтическим и седативным эффектом для человека. Влияние его концентрации обратно пропорционально психотропности ТГК (5).

В ряде стран Европы и США практикуется применение каннабидиола как супрессанта симптомов рвоты и тошноты, спровоцированных антиканцерогенным лечением, а также против потери веса у больных СПИДом. Каннабидиол используется для лечения психоневротических расстройств, ревматизма, глаукомы, рассеянного склероза, алкоголизма, астмы, для достижения обезболивающего эффекта (1, 6), при снижении аппетита, нарушениях вынашивании плода у беременных, для стимуляции лактации, при нейродегенеративных состояниях (7, 8) и в противоопухолевой терапии (9-11). Каннабиноиды перспективны в качестве замены опиатов (12, 13). Опубликованы новые данные, касающиеся их применения в терапии онкологических заболеваний и при болезни Альцгеймера, а также сведения о взаимосвязи эндоканнабиноидной системы и регуляции тока внутриглазной жидкости, о сосудорасширяющих и нейропротекторных эффектах каннабиноидов (14).

В литературе приводятся результаты оценки вегетативно размножаемых в закрытом грунте линий (хемотипов) конопли на содержание одного из каннабиноидов, сведения о генотипировании сортообразцов для дифференциации технотипов и хемотипов, о различиях в метаболизме каннабиноидов у сортов масличного и прядильного направлений и хемотипов (типа Purple Kush) (15, 16). Биохимические маркеры используются для отбора растений с максимальным содержанием терпенов и КБД (хемотип III типа), культивируемых в закрытом грунте (17).

Динамику содержания основных каннабиноидов в растениях коноп-

ли ранее изучали на десяти районированных сортах в фазу всходы-цветение на ярусно дифференцированных листьях, что скорее имеет значение для экспертно-криминалистической работы (18, 19). Другие исследования (20) сфокусированы на минимизации содержания ТГК (менее 0,01 %) у гибридных популяций F_1 и F_2 для селекции однодомной конопли. Сведения о накоплении каннабидиола в онтогенезе растений технической (промышленной) конопли обобщены на основании теоретических расчетов и изучения лишь трех однодомных сортов (21). Работы имели узкую специфику, были направлены на изменение районированного однодомного сорта иной специализации селекционными методами и не релевантны в отношении других технотипов промышленных сортов, а также не охватывали доступного генотипического разнообразия рода *Cannabis* L.

Сохраняемые в большинстве исследовательских центров генетические ресурсы конопли весьма немногочисленны, генотипически однородны (22, 23) и мало изучены в отношении хозяйственно значимых признаков. Недостаток данных по оценке генетически разнообразного исходного материала становится ограничением при создании сортов с целью получения каннабидиола (КБД-сорта).

Для успешной селекции конопли на высокое содержание КБД и редуцированное — ТГК требуется эффективная стратегия, обеспечивающая создание сортов с биохимически, морфологически, технологически специализированными и генетически стабильными признаками. Существенный элемент такой стратегии — отбор исходных образцов и адекватная оценка целевых признаков на этапах селекции.

В настоящей работе среди генотипического разнообразия обследованных природных популяций конопли впервые выделены формы фармацевтического направления использования (с контрастно высоким содержанием КБД — более 9 % и следовым количеством основного психотропного каннабиноида ТГК) для культивирования в полевых условиях. Показано, что наибольшее количество КБД накапливается в растениях к началу созревания, а затенение приводит к уменьшению содержания этого фитоканнабиноида.

Цель нашего исследования — оценка эффектов увлажнения, освещения, половой принадлежности и этапа онтогенеза на содержание каннабидиола и Δ^9 -тетрагидроканнабинола у генотипически разнообразных образцов конопли для формирования оптимальной морфофизиологической и агрохозяйственной модели сорта, специализированного для получения КБД в условиях открытого грунта.

Методика. Отбор образцов проводили в 2008–2011 годах с учетом естественного переопыления как значимого критерия для разделения популяций (24). Исходным материалом служили генотипически оригинальные, пространственно разделенные (вне досягаемости перекрестного переопыления) популяции растений конопли (род *Cannabis* L.), произрастающие *in situ* на территории четырех федеральных округов России.

Для исследования выбрали 128 популяций, из которых у 52 изучали эффект фактора затенения, у 58 — фактора избытка увлажнения. В первом случае в каждой из 52 популяций, произрастающих под пологом леса, собирали не менее 10 растений с незатененных участков и объединяли в единую пробу для популяции. Так же формировали объединенную пробу из растений, вегетировавших под кронами деревьев. В 58 популяциях, в каждой из которых часть растений обитали у кромки воды естественного водоема (река), а остальные — на возвышенности (вне досягаемости избы-

точной воды), аналогичным образом формировали объединенные пробы. Все растения собирали рендомизированно и репрезентативно в период от начала бутонизации и цветения до начала созревания семян, чтобы нивелировать климатическую и временную вариацию в соответствии с принципом «при прочих равных условиях (*ceteris paribus*)».

Для определения каннабиноидов верхушечные части растений высушивали до воздушно-сухого состояния и измельчали. Образцы готовили в следующих вариантах: с соцветиями, без соцветий, женские растения, мужские растения. Раздельно анализировали соцветия (генеративные части) и только листья (вегетативные части) у двух половых типов конопли. Динамику накопления каннабидиола и Δ^9 -тетрагидроканнабинола исследовали от начала цветения мужских растений (посконь), бутонизация у которых обычно наступала раньше, чем у женских (матерка), до начала усыхания поскони и начала созревания первых семян в основании соцветия женских растений.

Пробы для газохроматографического анализа каннабидиола и Δ^9 -тетрагидроканнабинола готовили по методикам, принятым в экспертно-криминалистической практике. Измерения проводили на хроматографе CHROM 5 («Bruker», Чехия) стандартной комплектации с пламенно-ионизационным детектором согласно рекомендациям производителя. Данные о содержании каннабиноидов в пробе получали в 3 аналитических повторностях.

Статистическую интерпретацию данных осуществляли с использованием дисперсионного (ANOVA) и корреляционного анализа в программе Statistica 10.0 («StatSoft, Inc.», США). На рисунках приведены средние значения (M) и стандартные отклонения ($\pm SD$) при 95 % уровне значимости. Рассчитанные коэффициенты корреляции (простая линейная корреляция) считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Изученные образцы конопли достоверно ($p = 0,05$) различались по содержанию каннабиноидов. От начала стадии бутонизации образцов до начала созревания семян содержание КБД в растениях увеличивалось более чем в 2 раза (рис., А), причем генеративные части растений содержали в 2 раза больше КБД, чем вегетативные (см. рис., Д). По количеству ТГК различия между частями растений были менее контрастными (см. рис., Е).

Разнообразие половых типов у конопли (обычно до семи типов в популяции) мы условно сократили до двух групп — тип матерки (однополая матерка, однодомная матерка, маскулинизированная матерка) и тип поскони (обычная однополая посконь, однодомная посконь, феминизированная посконь). Влияние половой принадлежности на количество КБД и ТГК оказалось статистически недостоверным (см. рис., В, Г). У обеих групп (матерки и поскони) содержание КБД было приблизительно равным. С учетом воздействия внешних факторов можно отметить, что к началу бутонизации у растений конопли разных половых типов количество КБД в генеративных частях было в 2 раза больше, чем ТГК. Однако максимум КБД накапливается в генеративных частях к началу созревания семян (см. рис., А, В).

Эдафический фактор избытка или дефицита естественного увлажнения значимо не влиял на количество ТГК и КБД (см. рис., Ж, З), в то время как затенение приводило к достоверному ($p = 0,05$) снижению содержания КБД в растениях (см. рис., И), но не оказывало существенного влияния на концентрацию ТГК (см. рис., К).

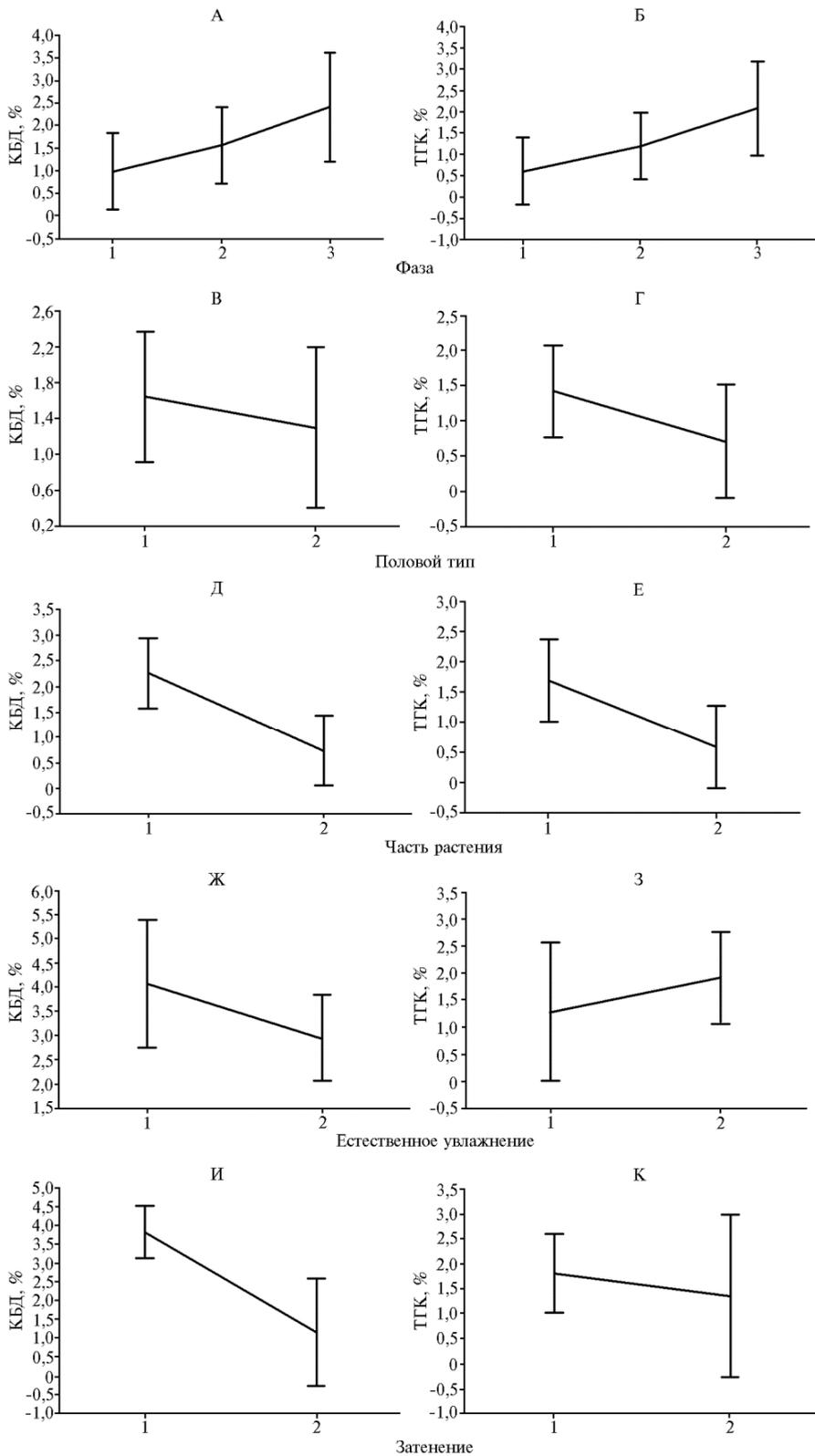
На изученном генотипическом разнообразии образцов была установлена слабая отрицательная корреляционная зависимость между содержанием КБД и ТГК в соцветиях конопли ($r = -0,16$). Следовательно, перспективы селекции образцов конопли с контрастно высоким содержанием каннабидиола и значимо низким (следовым) количеством ТГК очевидны. С прохождением фаз от бутонизации к созреванию семян содержание каннабидиола в растениях конопли повышалось ($r = 0,35$). Коррелятивная связь содержания КБД с половым типом растений оказалась слабой ($r = -0,1$).

В настоящее время в Российской Федерации в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, не включены сорта, специализированные для получения физиологически активных функциональных ингредиентов и продуктов. Нет промышленных сортов для получения каннабидиола, источником которого пока что служат вегетативно размножаемые в защищенном грунте гибриды. Очевидно, это может быть не единственным способом возделывания конопли для получения фитоканнабидиола. Размножаемые семенами двудомные и однодомные специализированные сорта конопли для получения КБД могут успешно возделываться в условиях открытого грунта. Мы показали, что нарушение естественного освещения (затенение) растений конопли снижает количество КБД в них более чем в 2 раза. Следовательно, рентабельное возделывание конопли в защищенном грунте для получения КБД лимитировано качеством и количеством освещения.

В России и соседних странах селекция конопли проводилась исключительно на элиминацию всех каннабиноидов, в том числе КБД, у 97,8-99,6 % растений сорта. И.М. Лайко с соавт. (25) утверждают, что отсутствие КБД у промышленного сорта может быть перспективным направлением. Наша точка зрения не совпадает с этой позицией. Как было показано ранее (5), каннабидиол не является значимым в психотропном эффекте конопли и антагонистичен психотропному действию ТГК. Снижение общего содержания каннабиноидов у сортов в 1980-2000 годах и продолжающаяся селекция на достижение следовых количеств каннабиноидов, вплоть до их полной элиминации у промышленной конопли, не предотвратили резкого падения посевных площадей культуры в России и роста числа наркозависимых.

В своей работе мы вели поиск перспективного селекционного материала с функционально ориентированным составом каннабиноидов и морфологией растения (максимум КБД, минимум ТГК, минимальная облиственность, максимальный размер соцветия, адаптированные периоды бутонизации—созревания семян), тогда как предшествующие работы (21) были проведены на селекционных отборах для одного однодомного универсального сорта.

Поддержание признака однодомности у районированных сортов (содержание обычной поскони 0 %) требует значимых затрат и считается одной из основных селекционно-семеноводческих задач в работе с однодомной коноплей (20). Однако мы считаем, что для реализации возможности продуктивного использования как женских, так и мужских растений у двудомного сорта промышленной конопли концепция производственной функциональности различных половых типов сорта, их биохимических и агрономических свойств может быть перестроена. В отличие от существующих двудомных универсальных сортов (одновременно волокнистого, зернового и масличного направлений использования), растения условных по-



Содержание каннабидиола (КБД) и Δ^9 -тетрагидроканнабинола (ТГК) в растениях конопли (*Cannabis L.*) в зависимости от различных факторов: А, Б — фаза вегетации (1 — бутонизация, 2 — цветение, 3 — созревание), В, Г — половой тип (1 — женские растения, 2 — мужские

растения), Д, Е — генеративные и вегетативные части (1 — соцветия, 2 — вегетативная масса), Ж, З — естественное увлажнение (1 — дефицит, 2 — избыток), И, К — затенение (1 — отсутствует, 2 — присутствует) (ANOVA, $M \pm SD$; различные регионы Российской Федерации, 2008-2011 годы; описание сбора и подготовки образцов см. в разделе «Методика»).

ловых типов могут в равной мере применяться для продукции максимального количества КБД.

Оценку селекционного материала и дифференциацию образцов конопли по количеству КБД следует начинать с фазы бутонизации. Однако формы с контрастным содержанием ТГК можно выделить с наступлением фазы созревания семян у основания соцветий. Фенологическая фаза начала созревания семян у КБД-сортов должна быть максимально сдвинута к сроку уборки урожая.

Полученные нами данные отличаются от ранее опубликованных результатов опытов с сортами однодомной среднерусской конопли (18). О.Н. Зеленина с соавт. (18, 19) изучали листья сортов в период от всходов до цветения. Мы показали, что максимальное количество КБД накапливается с наступлением полного цветения растений, тогда когда содержание ТГК в этот период еще мало. Количество ТГК может возрасти позже, с приближением фазы созревания семян. В период цветения женских растений само соцветие продолжает расти и увеличиваться в размерах, в его нижних частях начинается созревание семян, в срединных — отмечается бутонизация. В указанные периоды роста количество листьев на растении уже практически сформировано. С началом бутонизации в соцветиях образуется значительное количество смолистых веществ, функция которых — улавливать мигрирующую в воздухе пыльцу, необходимую для завязывания семян. В это время содержание каннабидиола в соцветии достигает максимума, а с начала созревания семян его количество снижается. Исходя из перечисленных фактов, мы сделали вывод о необходимости селекционного увеличения размеров длительно цветущего соцветия как матерки, так и поздно зацветающей поскони у специализированного сорта. Цветение и максимальное пыление поскони должно быть поздним, поскольку дефицит пыльцы способствует накоплению КБД у женских растений. Анализ транскриптома железистых трихом у цветов конопли (26), которые указаны авторами как основное место синтеза каннабиноидов, показал высокую активацию поликетидциклоподобных ферментов (polyketide cyclase-like enzymes) во время массовой бутонизации и цветения. Соответствующий транскрипт был обнаружен в высокоэкспрессивном состоянии в трихомах, что подтверждает пик ферментативной активности в соцветиях в указанный период. Эти сведения согласуются с нашими выводами: при длительном цветении большого количества соцветий обеспечивается высокое накопление фитоканнабидилола.

Для селекции конопли прядильного и зернового направлений использования соотношение половых типов имеет приоритетное значение, поскольку условные группы поскони и матерки обычно различаются по ряду признаков. Мы показали, что у сортов конопли, ориентированных на максимальный урожай КБД, обе условные половые группы в равной степени могут быть продуцентами этого каннабиноида. Из результатов исследования динамики накопления КБД и ТГК растениями конопли различных половых типов следует, что для создания специализированного КБД-сорта нужно отбирать формы, у которых растения поскони поздно зацветают и не отмирают до уборки, оставаясь равным с растениями матерки

источником КБД. При этом растения типа матки тоже должны иметь длительный период, включающий начало бутонизации—полное цветение, но характеризоваться более поздним началом созревания семян. Растения специализированных сортов следует убирать сразу после наступления полного цветения у половых типов, но до начала созревания семян, поскольку в период полного цветения КБД в соцветиях уже достаточно много, а ТГК значимо мало. К тому же количество ТГК может возрасти по мере приближения фазы формирования семян. Фаза созревания семян у КБД-сортов должна наступать максимально поздно и по срокам приближаться к уборке урожая.

Концепция морфологического строения растений КБД-сорта конопли также отлична от таковой для сортов универсального и двустороннего (прядильного) направления использования. Растения специализированного сорта для получения КБД должны иметь максимальные массу и размер соцветий и максимально уменьшенную в объеме вегетативную часть. Это согласуется с предшествующими исследованиями (27), где автор приходит к выводу об увеличении репродуктивных частей соцветий при минимизации стеблей у специализированных сортов для получения масла и химических соединений. Габитус растений специализированного сорта — длительно цветущие соцветия большого размера с минимальной облиственностью, поскольку содержание КБД в листьях значимо меньше.

Содержание каннабидиола в соцветии (%) у образцов конопли (*Cannabis L.*), выделенных для использования в селекции сортов фармацевтического направления в популяциях из разных регионов Российской Федерации (2008-2011 годы)

№ в интродукционном каталоге ВИР	Вид	Экотип	Каннабидиол
141445	<i>C. sativa</i>	Северный	2,40
141446	<i>C. sativa</i>	Северный	1,91
141447	<i>C. sativa</i>	Северный	1,87
141448	<i>C. sativa</i>	Среднерусский	2,99
141855	<i>C. sativa</i>	Среднерусский	3,96
141856	Предположительно <i>C. sativa</i> × <i>C. ruderalis</i>	Среднерусский	9,78
141451	Предположительно <i>C. sativa</i> × <i>C. ruderalis</i>	Среднерусский	2,76
141864	Предположительно <i>C. sativa</i> × <i>C. ruderalis</i>	Среднерусский	2,53

Наши исследования показали, что образцы, которые могут быть отнесены к различным видам и экотипам конопли, накапливали каннабидиол в значительных количествах. Например, образец 141855 содержал 3,96 % КБД, а 141856 — более 9 % (табл.).

Полученные нами данные принципиально отличны от опубликованных ранее, поскольку мы предложили модель сорта промышленной конопли фармацевтического направления использования для культивирования в полевых условиях, а не в теплицах и гроубоксах, как это практикуется за рубежом с сортами и вегетативно размножаемыми гибридами, не входящими в официальный список Евросоюза. Следует принять во внимание, что специализированных КБД-сортов для использования в открытом грунте в настоящее время нет, но потребность в них достаточно высока. Ранее созданные сорта универсального типа для открытого грунта не отвечают задачам производства как фитоканнабидиола, так и функциональных пищевых ингредиентов. Уточнение модели специализированного сорта необходимо для постановки цели и формирования стратегии селекции конопли для фармацевтического использования, конкретизации перечня селекционно значимых признаков, целенаправленного изучения генотипического разнообразия исходного материала, формирования признаковой кол-

лекции и создания продвинутого селекционного материала. С учетом этого мы планируем продолжить селекционно-генетические исследования по созданию сорта конопли фармацевтического направления использования.

Таким образом, с начала бутонизации конопли растения разных половых типов накапливают в генеративных частях в 2 раза больше каннабидиола (КБД), чем Δ^9 -тетрагидроканнабинола (ТГК). Максимальное количество КБД обнаруживается к началу созревания. Обе условные группы растений (матерки и посконы) содержат приблизительно равные количества КБД. Фактор избытка или дефицита естественного увлажнения в период от бутонизации до начала созревания семян значимо не влияет на накопление ТГК и КБД. Затенение растений приводит к снижению содержания КБД. Особенности морфологии растений КБД-сорта конопли — большая масса и размер соцветия при максимально уменьшенной в объеме вегетативной части. В результате проведенных исследований нами выделены образцы с ценным соотношением КБД/ТГК, которые будут использованы в селекции конопли при создании специализированных сортов, не обладающих специфичной психотропной активностью.

Авторы выражают искреннюю благодарность Государственному антинаркотическому комитету (ГАК) и Федеральной службе по контролю за оборотом наркотиков (ФСКН) за поддержку в проведении исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clarke R.C., Merlin M.D. *Cannabis: evolution and ethnobotany*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 2013.
2. Филиппова Н.В., Барыльник Ю.Б., Деева М.А., Собакина О.Ю. Распространенность современных психоактивных веществ и последствия их употребления. *Наркология*, 2015, 14, 8(164): 86-90.
3. Yang Y., Lewis M.M., Bello A.M., Wasilewski E., Clarke H.A., Kotra L.P. *Cannabis sativa* (hemp) seed Δ^9 -tetrahydrocannabinol and potential overdose. *Cannabis and Cannabinoids Research*, 2017, 2(1): 274-281 (doi: 10.1089/can.2017.0040).
4. Fletcher R.S., McKay J. *Industrial hemp Cannabis cultivars and seeds with stable cannabinoid profiles*. United States Patent Application Publication. Pub. No.: US 2017/0339907 A1. New West Genetics, Ft. Collins, CO (US). Nov. 30, 2017.
5. Grotenhermen F., Karus M. Industrial hemp is not marijuana: comment on the drug potential of fiber *Cannabis*. *Journal of the International Hemp Association*, 1998, 5(2): 96-99.
6. Pertwee R. The therapeutic potential of Cannabis and cannabinoids for multiple sclerosis and spinal injury. *Journal of the International Hemp Association*, 1999, 4(1): 1-7.
7. Fernández-Ruiz J., Sagredo O., Pazos M.R., García C., Pertwee R., Mechoulam R., Martínez-Orgado J. Cannabidiol for neurodegenerative disorders: important new clinical applications for this phytocannabinoid? *British Journal of Clinical Pharmacology*, 2013, 75(2): 323-333 (doi: 10.1111/j.1365-2125.2012.04341.x).
8. Boehnke K.F., Scott J.R., Litinas E., Sisley S., Williams D.A., Clauw D.J. Pills to pot: observational analyses of cannabis substitution among medical cannabis users with chronic pain. *Journal of Pain*, 2019, 20(7): 830-841 (doi: 10.1016/j.jpain.2019.01.010).
9. McAllister S.D., Christian R.T., Horowitz M.P., Garcia A., Desprez P.Y. Cannabidiol as a novel inhibitor of Id-1 gene expression in aggressive breast cancer cells. *Molecular Cancer Therapeutics*, 2007, 6(11): 2921-2927 (doi: 10.1158/1535-7163.MCT-07-0371).
10. McAllister S.D., Soroceanu L., Desprez P.Y. The antitumor activity of plant-derived non-psychoactive cannabinoids. *Journal of Neuroimmune Pharmacology*, 2015, 10(2): 255-267 (doi: 10.1007/s11481-015-9608-y).
11. Молчанова А.Ю., Улащик В.С. Каннабиноиды и молекулярно-биологические механизмы канцерогенеза. *Здравоохранение*, 2015, 2: 32-40.
12. Reiman A., Welty M., Solomon P. Cannabis as a substitute for opioid-based pain medication: patient self-report. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 2017, 2(1): 160-166 (doi: 10.1089/can.2017.0012).
13. Khan S.P., Pickens T.A., Berlau D.J. Perspectives on cannabis as a substitute for opioid analgesics. *Pain Management*, 2019, 9(2): 191-203 (doi: 10.2217/pmt-2018-0051).

14. Петров С.Ю., Вострухин С.В., Сафонова Д.М. Применение каннабиноидов в медицине и офтальмологии. *Национальный журнал глаукома*, 2016, 15(4): 95-100.
15. Russo E.B. Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *British Journal of Pharmacology*, 2011, 163(7): 1344-1364 (doi: 10.1111/j.1476-5381.2011.01238.x).
16. Chandra S., Lata H., ElSohly M.A., Walker L.A., Potter D. *Cannabis* cultivation: methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy & Behavior*, 2017, 70: 302-312 (doi: 10.1016/j.yebeh.2016.11.029).
17. Lewis M.A., Russo E.B., Smith K.M. Pharmacological foundations of *Cannabis* chemovars. *Planta Med.*, 2018, 84(4): 225-233 (doi: 10.1055/s-0043-122240).
18. Зеленина О.Н., Смирнов А.А. Динамика содержания каннабиноидов в растениях конопли. *Нива Поволжья*, 2010, 4(17): 16-20.
19. Зеленина О.Н., Серков В.А., Смирнов А.А. Особенности каннабиноидообразования в растениях конопли. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*, 2012, 4: 61-64.
20. Серков В.А., Климова Л.В., Данилов М.В. Формирование перспективного селекционного материала для создания безнаркотических сортов конопли посевной. *Нива Поволжья*, 2018, 3(48): 62-67.
21. Мищенко С.В., Лайко И.М. Накопление каннабидиола в онтогенезе растений технической (промышленной) конопли. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2018, 14(4): 390-399.
22. Welling M.T., Shapter T., Rose T.J., Liu L., Stanger R., King G.J. A belated green revolution for *Cannabis*: virtual genetic resources to fast-track cultivar development. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 29(7): 1113 (doi: 10.3389/fpls.2016.01113).
23. Galasso I., Russo R., Mapelli S., Ponzoni E., Brambilla I.M., Battelli G., Reggiani R. Variability in seed traits in a collection of *Cannabis sativa* L. genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 20(7): 688 (doi: 10.3389/fpls.2016.00688).
24. Шеленга Т.В., Григорьев С.В., Илларионова К.В. Биохимическая характеристика семян и волокна образцов конопли (*Cannabis sativa* L.) из коллекции ВИР им Н.И. Вавилова. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 2012, 170: 208-215.
25. Лайко И.М., Вировец В.Г., Кириченко А.И., Мищенко С.В. Возрождение промышленной конопли на основе полной элиминации ее наркотичности. В сб.: *Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции*. Саранск, 2014: 194-200.
26. Gagne S.J., Stout J.M., Liu E., Boubakir Z., Clark S. M., Page J.M. Identification of olivetolic acid cyclase from *Cannabis sativa* reveals a unique catalytic route to plant polyketides. *Proceedings of the National Academy of Science*, 2017, 109(31): 12811-12816 (doi: 10.1073/pnas.1200330109).
27. Small E. Dwarf germplasm: the key to giant *Cannabis* hempseed and cannabinoid crops. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2018, 65(4): 1071-1107 (doi: 10.1007/s10722-017-0597-y).

¹ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44, e-mail: s.grigoryev@vir.nw.ru ☒;

Поступила в редакцию 22 августа 2019 года

²ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого, 195251 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: elkv@mail.ru

Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2020, V. 55, № 1, pp. 107-117

EVALUATION OF FACTORS HAVING AN EFFECT ON CANNABIDIOL AMOUNT IN *Cannabis sativa* L.

S.V. Grigoryev¹, K.V. Illarionova²

¹Federal Research Center Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42-44, ul. Bol'shaya Morskaya, St. Petersburg, 190000 Russia, e-mail ser.grig@mail.ru (☒ corresponding author);

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29, ul. Politechnicheskaya, St. Petersburg, 195251 Russia, e-mail elkv@mail.ru

ORCID:

Grigoryev S.V. orcid.org/0000-0001-7670-4360

Illarionova K.V. orcid.org/0000-0002-2563-6094

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

The authors are sincerely grateful to the State Anti-Drug Committee and the Federal Drug Control Service of the Russian Federation for their support in conducting research.

Abstract

Industrial hemp is a multipurpose crop, supplying fibers, seeds, and pharmaceuticals. The non-psychoactive cannabidiol (CBD) derived from hemp is a promising pharmaceutical raw material. It shows no psychotropic effects, is not listed in UN Single Convention on Narcotic Drugs, but demanded for the production of medicine products. Regrettably, there are no domestic cultivars of hemp in Russia specialized in phytocannabidiol. Currently, there is a big need in industrial varieties of pharmaceutical specialization (CBD-cultivars). This paper is the first to report on selection of the accessions with high CBD content (above 9 %) and trace amounts of Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC), the main psychotropic cannabinoid, among the studied genotypic diversity of hemp plants. The objective of the study was the assessment of the effects of field watering, lighting conditions, sexual type of plants and stage of ontogenesis on CBD and THC accumulation on a broad in situ genotypic diversity of *Cannabis* L. germplasm accessions in order to form the optimal morpho-physiological and agronomical model of CBD-producing cultivar (ideotype) well adapted to field growing. *Cannabis* populations in situ, genotypically original, spatially separated (and, thus, not undergone to random cross pollination), were surveyed in 2008–2011 in four Russian regions. A total of 128 populations were selected for the research; among them, 52 populations were studied for the effect of shading, and 58 for the moisture excess/deficit. For each population, plants (not less than $n = 10$ per each variant, i.e. shading vs. lighting, and moisture excess vs. deficit) were collected randomly and representatively to form summarized sample, and then analyzed to reveal the effect of the said factors. The plants were collected from initial budding and flowering of male plants, up to the moment when fimbles have just begun to dry out and the first seeds at the basal parts of female inflorescences have started to ripen. Air-dry samples (with and without inflorescences, female plants, male plants) were crushed and biochemically analyzed. Inflorescences (generative parts) and only leaves (vegetative parts) of the two conventional sexual types were analyzed separately. The analysis of the CBD and THC contents in the studied accessions revealed a statistically significant ($p = 0.05$) genotypic variability for CBD between the samples. Natural sexual polymorphism in the content of CBD and THC is statistically unreliable. Both male and female plants contain approximately equal CBD concentrations from the budding time until the seed ripening. THC amount was insignificantly increased in female plants. From the budding phase until the start of seed ripening, plants increase their CBD content more than twice. From the budding phase until the seed ripening, CBD amount in inflorescences is significantly thrice more than in vegetative parts. The difference in THC content is significant as well, but not so noteworthy. By the start of budding of different sexual types CBD content in generative parts is twice as high as that of THC. CBD accumulation reaches its maximum in generative plant parts by the time when seed ripening starts initially. The effect of shading on plants of any sexual type has shown that CBD content significantly responds to the exposure and intensity of natural lighting. Any breach in daylight illumination will reduce the CBD content. The factor of excessive/deficient natural moistening has no significant effect on CBD and THC accumulation in plants, regardless of the development phase of an adult plant of any sexual type. Unlike to dioecious cultivars specialized for seed/oil production, both female and male plants may be used for CBD production. Female plants must have extended time of budding—full flowering in conditions of reduced amounts of pollen in air and deferred seed ripening. Flowering and maximum pollen production from male plants must be deferred, because the lack of pollen in field promotes CBD formation in female inflorescences. CBD cultivar plants should have a maximum inflorescence size, a maximum budding and flowering period, and a minimum foliage.

Keywords: *Cannabis sativa* L., *C. ruderalis* L., hemp, plant sexual types, phytocannabinoids, cannabidiol, Δ^9 -tetrahydrocannabinol, CBD-cultivar ideotype, breeding.

СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ТГК И КБД

Фризюк К. С.

Научный руководитель: к. б. н. доцент Кабанов А.В.
Кафедра общей и медицинской химии
Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет

Контактная информация: Фризюк Ксения Сергеевна — студентка 1 курса, педиатрический факультет. E-mail: ksyu.fri@mail.ru

Ключевые слова: тетрагидроканнабинол, каннабидиол.

Актуальность: Исследования показывают, что лекарственные средства, содержащие определенные каннабиноиды, эффективны против ряда серьезных заболеваний, в том числе, нервной системы. Однако, в настоящее время такие препараты являются запрещенными на территории РФ в связи с тем, что они обладают психоактивными свойствами и требуется больше достоверных исследований для доказательства возможности их применения.

Цель исследования: Определить различия в свойствах компонентов конопли: тетрагидроканнабинола (ТГК) и каннабидиола (КБД) и их влияние на организм.

Материалы и методы: В работе использовались данные из научной литературы, СМИ, интернет-ресурсов. Анализ, сравнение.

Результаты: В ходе работы было проведено сравнительное исследование с последующими выводами. Изучено химические строения ТГК и КБД и их свойства.

Природный ТГК является частичным агонистом и слабо связывается с КБ1 рецепторами, синтетические каннабиноиды являются их полными агонистами и преимущественно облада-

ют более высоким родством к КБ1 рецепторам. Отвечает за возникновение эйфории и повышение общительности, а также повышенную сенсорную чувствительность. Данные экспериментальных исследований также показали, что высокая доза ТГК внутривенно способна вызывать преходящие психотические состояния, включая паранойю и галлюцинации. ТГК в высоких дозах также повышает возникновение параноидных мыслей в ситуациях моделирования виртуальной реальности. КБД не обнаруживает заметной аффинности к рецепторам КБ1, однако, даже в наномолярной концентрации обладает способностью вытеснять ТГК. КБД также может проявлять антагонистическую активность в отношении агонистов КБ1 путем присоединения к неосновному участку рецептора. Он также способен блокировать или смягчать действие ТГК. Например, совместное применение КБД уменьшает тахикардию, вызванную действием ТГК, устраняет анксиогенный эффект ТГК, а также уменьшает негативное действие ТГК на восприятие и память [1]. Выявлены следующие побочные эффекты: для ТГК характерны сонливость, головокружение, сухость во рту, беспокойство, эйфория, паранойя, токсический психоз, тахикардия, ортостатическая гипотензия, замедленное время реакции, головная боль, нарушение зрения, когнитивные нарушения и депрессия. Для КБД при стандартной дозировке характерна сухость во рту, сонливость, головокружение, гипотензия, усталость. При высоких дозах: диарея, рвота, усталость, гипертермия, сонливость и изменение печеночных проб. Также общий риск развития осложнений при медицинском потреблении каннабиноидов в сравнении с плацебо составляет 80% и 60% соответственно. С формированием синдрома зависимости связан риск развития различных побочных явлений [2].

Литература

1. Игумнов, С. А. Каннабиноиды и их применение в паллиативной медицине / С. А. Игумнов, Ф. Л. Кутарев, П. С. Лапанов // Медицинский журнал. — 2019. — № 3. — С. 14–29.
2. Robin M. Murray, Harriet Quigley, Diego Quattrone Традиционная марихуана, высокопотентная конопля и синтетические каннабиноиды: рост риска психоза. — Всемирная психиатрия. — 2016. — № 3. — С. 195–204.

КОНОПЛЯ. ПРОШЛОЕ. НАСТОЯЩЕЕ. БУДУЩЕЕ?

А.А. РОМАНЕНКО¹, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, директор (e-mail: kniish@kniish.ru)

С.Г. СКРИПНИКОВ², вице-президент

Т.И. СУХОРАДА¹, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией

¹Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко, центральная усадьба КНИИСХ, Краснодар, 350012, Российская Федерация

²НО «Агропромышленный Союз Кубани», ул. Рашилевская, 36, Краснодар, 350000, Российская Федерация.

Резюме. Коноплеводство было традиционным направлением сельского хозяйства России, и Краснодарский край поставлял семена для ее выращивания во все регионы страны. В 20-е гг. XX в. в Советском Союзе были сосредоточены наибольшие площади посевов конопли в мире – 81,8%. На сегодняшний день в России площадь посевов промышленной конопли составляет около 2,5 тыс. га, что в 300 раз меньше, чем в 1960-х гг. в то же время ее производство в мире резко увеличивается, и лидируют в этом Китай, Канада, Франция, Германия, Италия и США. Сейчас конопля – популярнейшее сырье для медицинской, пищевой, косметической, текстильной, легкой, бумажной, строительной, авиационной, военной, топливной и других отраслей промышленности. Количество наименований продукции на основе сырья из этой культуры (сегодня порядка 30 тыс.) с каждым годом продолжает увеличиваться. С развитием науки стало возможным производство из конопли высокомолекулярной целлюлозы такого же качества, как из редких пород древесины, которую применяют для изготовления бумаги высокого качества и широкой номенклатуры взрывчатых веществ. Конопля – возобновляемый ресурс, который может стать одним из основных элементов отечественной промышленности. В Российской Федерации есть все условия для этого: созданы сорта, не обладающие наркотической активностью, имеются земельные угодья, пригодные для ее выращивания, разработаны технологии возделывания.

Ключевые слова: конопля, сорта, тетрагидроканнабинол, безнаркотические, урожайность, площади посева, каннабидиол, алкалоиды, медицинские препараты, возобновляемый ресурс.

Для цитирования: Романенко А.А., Скрипников С.Г., Сухорада Т.И. Конопля. Прошлое. Настоящее. Будущее? // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №3. С. 39-41.

Конопля (*Cannabis sativa* L.) – одна из древнейших сельскохозяйственных культур, которая способна приспосабливаться к различным природным условиям. Благодаря этому она может расти почти повсеместно и с незапамятных времен широко используется человеком.

В России очень давно сформировались зоны, в которых сложились специфические производственные и социальные условия для выращивания различных прядильных культур. Много веков существовали исключительно «конопляные» регионы, в которых население производило пенку и конопляное масло.

Коноплеводство было традиционным направлением сельского хозяйства России, а Краснодарский край поставлял семена для ее выращивания на зеленец во все регионы страны. По данным Н.Н. Гришко [1], в 1928 г. на долю СССР приходилось 81,8% площади посевов конопли в мире (рис. 1).

Однако кампания по уничтожению конопли в связи с ратификацией в 1961 г. Конвенции ООН «О наркотиче-

ских средствах», широкое распространение синтетических материалов и ряд других причин вызвали глубокий кризис в этой отрасли сельского хозяйства страны. Отсутствие новых технико-технологических решений, рынка сырья, устаревшее оборудование, рост цен на энергоносители привели перерабатывающие заводы к несостоятельности (банкротству). Энергозатратные технологии уборки и, как следствие, отказ переработчиков закупать сырье по высоким ценам стали причиной резкого сокращения посевов культуры. В результате на сегодняшний день в Российской Федерации площади промышленных посевов конопли составляют около 2,5 тыс. га, что в 300 раз меньше, чем в 1960-х гг. В то же время в мире ее производство резко увеличивается, и лидируют в этом Китай, Канада, Франция, Германия и США. Сегодня в Китае эту культуру возделывают на 60,0 тыс. га, а на 2020 г. запланировано посеять 600 тыс. га. Исследованием, производством и переработкой конопли сегодня занимаются более 200 компаний во всем мире.

Цель нашей работы – обоснование целесообразности возрождения коноплеводства на основе созданных сортов, не обладающих наркотической активностью

По мнению некоторых авторов, против национальной сельскохозяйственной культуры России конопли, был объявлен всемирный заговор – уж слишком настойчиво ее демонизировали при всей безобидности культуры [2]. На самом деле конопля – это одно из самых удивительных растений. Она может дать всё, что необходимо для выживания на нашей планете.

На сегодняшний день в мире сформировалась устойчивая тенденция замены синтетических материалов натуральными. Кроме традиционного канатно-веревочного направления, продукция коноплеводства получает все более широкое применение в производстве текстильных, строительных и теплоизоляционных материалов, биокomпозитов, топливных брикетов и пеллет, предметов косметики и бытовой химии, продуктов питания, лекарственных препаратов, кормовых добавок и подстилки для животных. Количество наименований продукции из конопли (сейчас порядка 30 тыс.) с каждым годом продолжает увеличиваться [3].

Будучи практически безотходной, конопля отличается рядом преимуществ перед другими культурами. Почти любой продукт, который производят из дерева, хлопка или нефти (включая пластик) можно изготовить

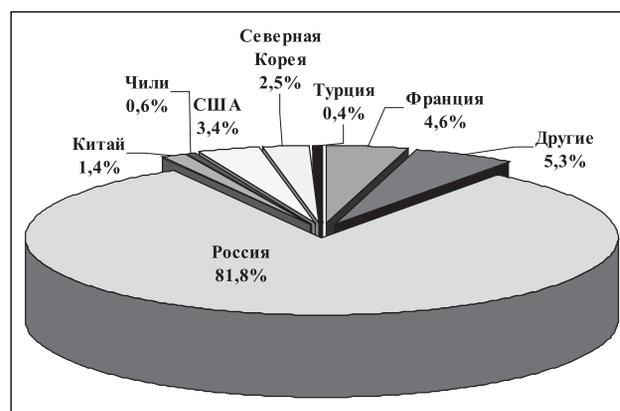


Рис. 1. Посевные площади конопли в мире (1928 г.).

из конопли. Южная конопля способна за вегетационный период (115-150 дн.) формировать 10-15 т/га биомассы. С 1 га конопли можно произвести столько бумаги, сколько с 4-х га леса. Продукция на основе сырья из этой культуры может заменить все другие виды тканей, причем без избыточных химических веществ, что даёт положительный экологический эффект [3, 4].

До 1990 г. конопля была одной из самых высокодоходных культур в коллективных хозяйствах: занимая около 10% площадей, она давала до 50% доходов от всей отрасли растениеводства [5]. Конопля, по определению экспертов некоторых международных фирм, становится одной из главных культур XXI века в мире [3].

Конопля, будучи важной технической культурой, имеет один недостаток – содержит наркотическое вещество тетрагидроканнабинол (ТГК). Издавна во многих странах ее использовали как наркотик. Эта проблема возникла и в Советском Союзе в конце 60-х гг. XX века. Но ни в одном из десятков исторических источников дореволюционной России нет никаких упоминаний об использовании крепостьями местной конопли в наркотических целях. Объяснение этому самое простое: в России более прохладный климат, при

котором происходит незначительное накопление каннабиноидов, да и сорта выращивали не наркотические, а волокнистые, для производства пеньки. По сравнению с наркотической коноплей, содержащей 15% тетрагидроканнабинола и более, в южных сортах величина этого показателя до 1970 г. варьировала от 4,5 до 1,5%, а в среднерусских – не превышала 1,0% [4, 5, 6].

Увеличение случаев использования культурной посевной конопли в качестве источника для получения наркотиков заставило обратить внимание на эту проблему. Был принят ряд постановлений Правительства о проведении исследований по созданию сортов с минимальным содержанием ТГК (не более 0,1%), при котором, по данным ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), наркотическое воздействие на живой организм отсутствует. Эта работа была начата в 1973 г. в КНИИСХ, ВНИИ лубяных культур (г. Глухов, Украина) и ВИР. Сегодня в Российской Федерации селекцией южной конопли занимаются в Краснодарском НИИСХ, селекцией среднерусской – в Пензенском НИИСХ [7, 8]. Продолжаются работы по этой тематике и в г. Глухове (Украина) [9, 10].

По Госзаданию в Краснодарском НИИСХ созданы безнаркотические высокоурожайные сорта южной конопли. В Государственный реестр селекционных достижений за период с 1973 по 2015 гг. внесено 10 сортов и гибридов южной конопли, не обладающих наркотической активностью, в том числе 5 сортов двухдомного типа (Зеница, Кубанская ранняя, Славянка, Пава, Виктория), 3 сорта однодомного типа (Кубанка, Омегадар-1, Мария) и 2 гибрида (Омегадар-2 и Южанка) со сроками созревания от 120 до 155 дн. На сегодняшний день в Государственном реестре нахо-

дятся 5 сортов южной конопли различного направления использования.

Результаты испытания сортов конопли волокнистого (Зеница, Кубанка, Виктория) и масличного (Омегадар-1 и Мария) направлений использования показали, что продолжительность их вегетационного периода составляет 122-147 дн. Урожайность семян варьирует от 7,3 до 10,3 ц/га, стеблей – от 120,5 до 165,0 ц/га, сбор волокна – от 33,6 до 50,7 ц/га. Все сорта характеризуются прочным волокном – от 27,0 до 31,4 кгс. Содержание основного наркотического вещества 0,03-0,05%.

Волокнистые сорта созревают позднее и отличаются высокой урожайностью стеблей и волокна. Сорта масличного направления использования характеризуются повышенной урожайностью семян и скороспелостью. Однако это деление пока условно, поэтому их можно использовать по двойному назначению (см. табл.).

Таблица. Результаты испытания сортов конопли, КСИ, КНИИСХ, 2013-2015 гг.

Признак	Зеница, стандарт	Кубанка	Виктория	Омегадар-1	Мария
Вегетационный период, дн.	142	137	147	133	122
Урожайность, ц/га:					
семян (НСР _{0,05} – 0,2)	7,3	7,9	7,7	8,6	10,3
стеблей (НСР _{0,05} – 1,6)	151,8	141,1	165,0	128,4	120,5
волокна (НСР _{0,05} – 0,3)	45,2	41,2	50,7	38,8	33,6
Содержание волокна, %	29,8	29,2	30,7	30,2	27,8
Прочность, кгс	30,4	30,0	31,4	28,0	27,0
Высота растений, см	294,0	278,0	313,0	271	242
Техническая длина, см	231,0	215,0	245,0	205	175
Содержание масла %	31,0	30,7	30,7	31,0	32,4
Сбор масла с гектара, кг/га	226	243	236	205	334
Содержание ТГК, %	0,05	0,03	0,05	0,04	0,05

В целом в результате селекционной работы удалось не только снизить концентрацию ТГК с 1,6 до 0,03%, но и увеличить содержание волокна до 32%, а его прочность стабилизировать на уровне 30-32 кгс (рис. 2).

В последние годы открыты необыкновенные лечебные свойства масла конопли и всего растения в целом. Многие эксперты в области здравоохранения [11, 12, 13] утверждают, что оно способствует профилактике сердечных заболеваний. Кроме того, масло конопли способствует улучшению мозгового кровообращения, нормальному развитию и функционированию мозга и самое главное, что соотношение ω-6: ω-3 жирных кислот равное 4:1 способствует раскрытию мембран клеток и доставке питательных веществ. Хочется особенно акцентировать внимание на том, что семена конопли не содержат наркотических веществ [14].

Переработка любой сельскохозяйственной продукции требует комплексного подхода. Это относится и к конопле, как наиболее сложной и многогранной технической культуре, которая дает не только волокно, но и семена, не просто богатые маслом и белком, а маслом с высоким содержанием наиболее ценных для человека жирных кислот: линолевой и линоленовой, или омега-3 и омега-6, которые сегодня закупают за рубежом за огромные деньги.

В Европе и США сегодня стараются по максимуму использовать природный потенциал конопли. В ее состав входят около 80 алкалоидов, часть из которых действует на человека возбуждающе, а часть, наоборот, успокаивающе. Примерно половина «успокаивающих» алкалоидов имеет медицинское назначение. Основной из них – КБД (каннабидиол), который экстрагируют из технической конопли в форме красного

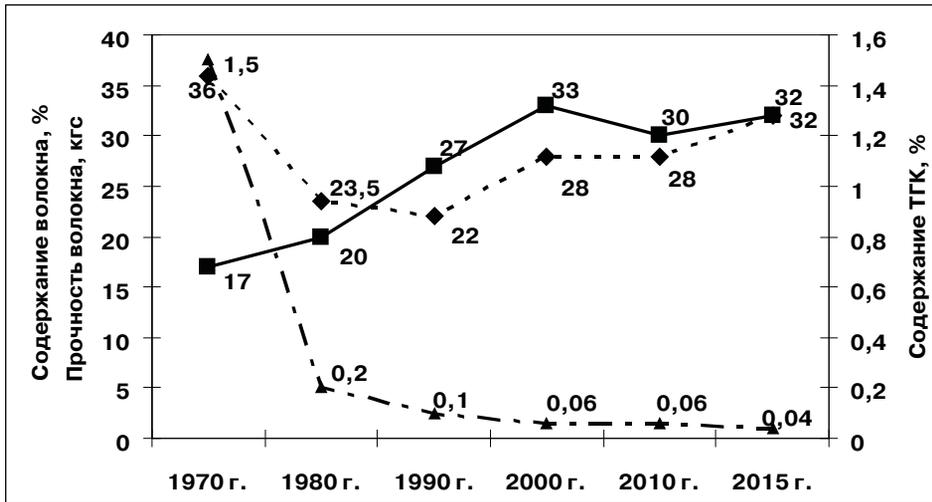


Рис. 2. Результаты селекции на содержание, прочность волокна и снижение основного наркотического вещества (средние значения по питомникам КСИ (1970-2015 гг.): ■ – содержание волокна, %; —▲— содержание ТГК, %; -◆- прочность волокна, кгс.

масла и затем перерабатывают в десятки различных медицинских препаратов, используемых при лечении разных заболеваний: рак мозга, болезни Альцгеймера и Паркинсона, шизофрения и эпилепсия, фобии и нервные расстройства. При этом 10 мг «красно-

дальнейшее продвижение культуры приостановилось из-за отсутствия современных технологий переработки и уборочной техники. Если не принять меры Российская Федерация и в этой отрасли потеряет все, что так долго создавали.

го» масла с содержанием 1,8 мг КБД стоит 339 \$. Во многих странах работы по медицинскому использованию алкалоидов конопли находятся в ведении специальных лабораторий [15]. В нашей же стране медицинское использование конопли пока ограничено только ватой и бинтами.

Выводы. Конопля – возобновляемый ресурс, который можно производить в нашей стране. В России есть для этого все условия: созданы сорта, не обладающие наркотической активностью и разработаны технологии их возделывания. Однако

Литература.

1. Гришко Н. Н. Биология конопли: монография. Харьков, 1935. 227 с.
2. Фурашова А. Всемирный заговор против конопли. URL: <http://h.ua/story/17799/> (дата обращения: 15.03.2016)
3. Selektion of Hemp (*Cannabis Sativa* L.) as a Prospektiv Crop of the XXI – st Century / P. Goloborod'ko, V. Virovets, V.Sitnik, N. Orlov // *Bast Fibrous plants today and tomorrow*. S.Petersburg, 1998. Pp. 97–98.
4. Сухорада Т.И. Селекция южной конопли. Краснодар, 2005. 190 с.
5. Кондратенко А. Золотой век конопли. Орел, 1998. 200 с.
6. Давидян Г.Г., Захарова Н.С., Семкин Е.П. Влияние некоторых факторов среды на накопление основных каннабиноидов в конопле // Тез.докл. Всес.конф. «Проблемы экспертного исследования наркотических веществ». Алма-Ата, 1974. С. 48–49.
7. Серков В.А., Смирнов А.А., Сальников С.В. Корреляция хозяйственно ценных признаков в селекции однодомной конопли // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. №5. С. 36–38.
8. Лён и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства: монография / В.П. Понажёв, Т.А. Рожмина, Л.Н. Павлова, В.Я. Тихомирова, Б.Я. Поздняков, О.Ю. Сорокина, Л.М. Захарова, А.И. Рыжов, В.А. Серков, А.А. Смирнов, Е.М. Ушеревич // Тверь: гос. ун-тет, 2014. 324 с.
9. Вировец В.Г., Верещагин И.В. Перспективный исходный материал на масличность в селекции ненаркотической посевной конопли // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. №1 (111). С. 19–23.
10. Мигаль Н.Д., Кмец И.Л., Ступак Т.И. Изучение изменчивости морфологических признаков конопли в связи с идентификацией сортов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. №3 (113). С. 39–43.
11. Тихомиров В.Т., Барашкин В.А., Зеленина О.Н. Перспективы и основные направления использования продуктов переработки конопли // Сельскохозяйственная биология. 2002. №5. С.32–38.
12. Тихомиров В.Т., Барашкин В.А. Способы получения, состав и физиологическое действие конопляного масла // Сельскохозяйственная биология. 2001. №1. С.24–30.
13. Clarke R.C. The future of Cannabis as a source of nutraceuticals and pharmaceuticals // *Zbornik Radova Naucnod nstitute za Ratarstvo*. 1996. 26. Pp. 121–130.
14. Hoppner F. Influence of seed density and row distance on yield of seeds and oil of fibre hemp (*Cannabis Sativa* L.). In. *Proceed Symp "Biorohstoff Hanf" Germany*, 1997. Pp.220–224.
15. Michael Carus European Industrial Hemp Association (www.eiha.org), October 2015

HEMP. PAST. PRESENT. FUTURE?

A.A. Romanenko¹, S.G. Skripnikov², T.I. Sukhorada¹

¹Krasnodar Lukyanenko Research Institute of Agriculture, central estate of KNIISH, Krasnodar, 350012, Russian Federation

²Non-profit organization «Agropromishlenny Soyuz Kubani», ul. Rashpilevskaya, 36, Krasnodar, 350000, Russian Federation

Summary. Hemp growing used to be a core aspect of agriculture in Russia. In the past Krasnodar region provided all the areas of Russia with the seeds for hemp growing. In the 1920s, Soviet Union had the largest planting acreage of hemp – 81.8%. Currently, planting acreage of commercial hemp in Russia is about 2 500 ha, which is 300 times less than in the 1960s. In contrast, there is a rapid increase in hemp production in the world. The leaders are China, Canada, France, Germany, Italy and USA. Currently, hemp is the popular crop used as a raw material for medical, food, cosmetic, textile, light, paper, building, aviation, defense, fuel and other sectors of industry. The number of products based on this crop (now about 30 thousand) increases every year. For example, the progress in science allowed producing high molecular cellulose from hemp, similar to rare wood species, which serves as a basis for production of high quality paper and wide range of explosives. Hemp is a renewable resource, which can be a foundation of domestic industry. Russia has all the facilities for that: commercial lands, suitable weather conditions. There were also developed narcotic activity inefficient varieties of hemp as well as technologies for its cultivation, harvesting and processing.

Key words: hemp, varieties, tetrahydrocannabinol, narcotic activity inefficient, yield, acreage, cannabidiol, alkaloids, medical products, renewable resource.

Author Details: A.A. Romanenko, member of the RAS, D.Sc. (Agr.), director (e-mail: kniish@kniish.ru); S.G. Skripnikov, vice president; T.I. Sukhorada, D.Sc. (Agr.), head of laboratory

For citation: Romanenko A.A., Skripnikov S.G., Sukhorada T.I. Hemp. Past. Present. Future? *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016. V.30. No 3. Pp. 39-41.