

УДК 633.5:631.527

4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология  
(биологические науки, сельскохозяйственные  
науки)

# **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОДНОДОМНЫХ СОРТОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ**

Матюхина Оксана Евгеньевна  
к.с.-х.н, доцент  
РИНЦ SPIN-код: 2531-8330  
email: [matiuhina.ok@yandex.ru](mailto:matiuhina.ok@yandex.ru)

Ковтуненко Виктор Яковлевич  
доктор сельскохозяйственных наук  
РИНЦ SPIN-код: 3715-6510  
email: [kleborob123@yandex.ru](mailto:kleborob123@yandex.ru)

Мелешко Дмитрий Александрович  
РИНЦ SPIN-код: 2555-8717  
email: [mda@kniish.ru](mailto:mda@kniish.ru)  
*Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко,  
Краснодар, Россия*

Техническая конопля (*Cannabis sativa* L.) является стратегической культурой многоцелевого использования. Переход от двудомных сортов к однодомным формам позволяет механизировать уборку, повысить выход длинного волокна и стабилизировать семенную продуктивность. Однако однодомные популяции генетически нестабильны: в каждом поколении наблюдается расщепление с появлением двудомных биотипов – обычной матерки и поскони, а также переходных форм (однодомная феминизированная посконь, феминизированная посконь). Это требует постоянного контроля полового состава и применения научно обоснованных методов отбора. Несмотря на десятилетия селекции, в производственных условиях отсутствует единая, экспериментально подтверждённая система отбора, дифференцированная по задачам (создание сорта, репродукционное семеноводство, поддержание коммерческих партий)

Ключевые слова: МЕТОДИКА СЕЛЕКЦИИ, ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНОПЛЯ, ОДНОДОМНОСТЬ, СЕМЕНОВОДСТВО, СОРТООЧИСТКА, ПОЛОВОЙ СОСТАВ, ОТБОР

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-220-026>

UDC 633.5:631.527

4.1.2 Breeding, seed production and biotechnology  
(biological sciences, agricultural sciences)

# **IMPROVING THE BREEDING PROCESS METHODOLOGY FOR CREATING MONOECIOUS VARIETIES OF INDUSTRIAL HEMP**

Matyukhina Oksana Evgenievna  
Candidate of Agricultural Sciences, associate professor  
RSCI SPIN-code: 2531-8330  
email: [matiuhina.ok@yandex.ru](mailto:matiuhina.ok@yandex.ru)

Kovtunen Viktor Yakovlevich  
Doctor of Agricultural Sciences  
RSCI SPIN-code: 3715-6510  
email: [kleborob123@yandex.ru](mailto:kleborob123@yandex.ru)

Meleshko Dmitry Alexandrovich  
RSCI SPIN-code: 2555-8717  
email: [mda@kniish.ru](mailto:mda@kniish.ru)  
*P. P. Lukyanenko National Grain Center,  
Krasnodar, Russia*

Industrial hemp *Cannabis sativa* L.) is a strategic crop for multipurpose use. The transition from dioecious varieties to monoecious forms allows for mechanized harvesting, increases long fiber yield, and stabilizes seed productivity. However, monoecious populations are genetically unstable: each generation exhibits segregation, leading to the appearance of dioecious biotypes - typical female and male plants, as well as transitional forms (monoecious feminized male, feminized male). This requires constant monitoring of sexual composition and the application of scientifically based selection methods. Despite decades of breeding, there is no unified, experimentally confirmed selection system in production conditions, differentiated by task (variety creation, reproductive seed production, maintenance of commercial batches)

Keywords: BREEDING METHODOLOGY, INDUSTRIAL HEMP, MONOECY, SEED PRODUCTION, ROGUEING, SEXUAL COMPOSITION, SELECTION

### **Введение.**

Техническая конопля (*Cannabis sativa* L.) на протяжении последнего десятилетия демонстрирует устойчивый рост мировых посевных площадей, что обусловлено расширением сфер промышленного использования: производство биоразлагаемых композитов, технического текстиля, строительных материалов, пищевого и технического масла, а также кормового белка [9,11]. В Российской Федерации коноплеводство определено одним из приоритетных направлений импортозамещения в сфере возобновляемого растительного сырья [5].

Одной из ключевых селекционных задач в современном коноплеводстве является создание и поддержание однодомных сортов. В отличие от традиционных двудомных форм, однодомная конопля формирует на одном растении как пестичные, так и тычиночные цветки, что обеспечивает:

- синхронность цветения и созревания;
- возможность однофазной уборки комбайнами;
- повышение выровненности стеблестоя и выхода длинного волокна;
- упрощение семеноводства [4].

Однако однодомность у конопли не является абсолютно стабильным признаком. Механизм наследования контролируется полигенной системой с модифицирующим действием факторов среды [2,13,12]. В потомстве однодомных растений неизбежно происходит расщепление: наряду с целевыми однодомными формами появляются обычная (двудомная) матерка, посконь, а также переходные феминизированные типы. Последние, не являясь продуцентами пыльцы, способствуют её распространению и поддерживают генетическое разнообразие [6,14].

В связи с этим эффективная селекционно-семеноводческая работа с однодомной коноплей невозможна без системы целенаправленных

отборов, дифференцированных по конечным задачам. На практике используются следующие подходы:

1. Сортоочистка – удаление поскони в период вегетации. Позволяет снизить долю двудомных мужских особей, но не ведёт к накоплению признака однодомности [1].

2. Позитивный отбор – сбор семян с лучших по форме растений. В отсутствие сортоочистки малоэффективен из-за переопыления посконью [10].

3. Комбинированный отбор – сочетание сортоочистки и сбора семян только с однодомной материки. Считается классическим методом улучшения, однако требует ежегодного подтверждения в конкретных почвенно-климатических условиях [3].

4. Сложные формы отбора – включают манипуляции не только с целевым типом, но и с феминизированными формами. Такие подходы наименее изучены, особенно применительно к сортам южного экотипа [7].

Анализ литературы последних 15 лет показывает, что отсутствуют:

- систематические многолетние сравнения разных методов на одном исходном материале;

- количественные критерии оценки эффективности с учётом стабильности, трудоёмкости и пригодности для разных этапов семеноводства;

- экспериментально обоснованные рекомендации по использованию феминизированной поскони в селекционном процессе.

В имеющихся публикациях преобладают либо описания частных приёмов

либо данные коротких (1-2 года) экспериментов, не позволяющих оценить кумулятивный эффект [15,8]. Отсутствует методология разделения «отбора» и

«оценки», что приводит к смещению оценок за счёт влияния условий года.

Таким образом, актуальность настоящего исследования определяется:

- необходимостью создания научно обоснованной, экспериментально подтверждённой системы методов отбора для однодомной конопли;
- отсутствием в производственных семеноводческих хозяйствах чётких методических рекомендаций, адаптированных под разные этапы работы (питомники отбора, репродукционные посевы, маточники);
- нерешённостью вопроса о роли феминизированных биотипов в ускоренной селекции на однодомность;
- потребностью в количественных критериях, позволяющих оценить не только селекционный эффект, но и экономическую целесообразность метода [16,17].

Научная новизна работы заключается в следующем:

- впервые проведено прямое сравнение пяти принципиально различных методов отбора на одном сорте в пятилетнем цикле «отбор-оценка»;
- установлено, что максимальный прирост доли однодомной матерки достигается при сохранении в популяции феминизированных форм, ранее рассматривавшихся как «балластные»;
- разработана дифференцированная система селекционных приёмов, увязывающая метод отбора с конкретным этапом селекционно-семеноводческого процесса;
- введён критерий «индекс селекционной стабильности», учитывающий динамику трёх ключевых компонентов полового состава (однодомная матерка, посконь, сумма феминизированных форм).

Практическая значимость заключается в готовности предложенных схем к внедрению в селекционных центрах, оригинаторах сортов и семеноводческих хозяйствах, работающих с технической коноплей в зоне южного коноплесения.

**Материалы и методы.** Эксперимент проведен на базе сорта технической конопля Сейм. Исходный половой состав (2018 г. база) представлен в таблице 1.

Таблица 1. Половой состав исходной популяции сорта Сейм (2018 г.) (Краснодар «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» 2020-2023гг.).

| Половой тип                         | Доля, % |
|-------------------------------------|---------|
| Однодомная матерка                  | 21      |
| Обычная матерка                     | 29      |
| Посконь                             | 4       |
| Однодомная феминизированная посконь | 25      |
| Феминизированная посконь            | 20      |
| Всего                               | 100     |

Исследование выполнено в 2019-2023 гг. и включало две параллельные линии исследования:

1. Селекционные питомники - ежегодное применение одного из пяти методов отбора в изолированных условиях (4 цикла отбора, поколения RI-R4).

2. Оценочные питомники - ежегодная независимая оценка полового состава потомств в условиях, исключающих отбор (поколения RI-R4).

Такая схема позволила исключить влияние условий среды на оценку и измерить именно селекционный эффект.

Варианты опыта (методы отбора)

Вариант 1 (контроль) – без сортоочистки, сбор семян со всех растений.

Вариант 2 – без сортоочистки, сбор семян только с однодомной матерки.

Вариант 3 – сортоочистка (удаление поскони в течение вегетации), сбор семян со всех женских растений.

Вариант 4 – сортоочистка + сбор семян только с однодомной матерки.

Вариант 5 – удаление всех растений, кроме трёх типов: однодомная матерка, однодомная феминизированная посконь, феминизированная посконь, сбор семян со всех оставшихся растений.

Учеты и статистика. Ежегодно в оценочном питомнике определяли долю пяти половых типов. Опыт закладывали в 4-кратной повторности, размещение рендомизированное. Достоверность различий оценивали с помощью ANOVA и t-критерия Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** Однодомная матерка является ключевой хозяйственно-ценной формой в структуре современных сортов технической конопли. Именно этот половой тип совмещает в себе:

- женскую фертильность (обеспечивает семенную продуктивность);
- мужскую фертильность (обеспечивает опыление в пределах, как минимум, одного растения);
- морфологическую выровненность (отсутствие высокорослой поскони);
- синхронность цветения и созревания.

Таким образом, доля однодомной матерки в популяции является интегральным показателем селекционного прогресса, а её динамика отражает эффективность применяемого метода отбора.

Общая характеристика динамики (2019-2023 гг.)

В таблице 2 представлены исходные данные (база 2018 г.) и ежегодные учёты доли однодомной матерки в оценочных питомниках за 2020-2023 гг. по пяти вариантам отбора.

Таблица 2. Доля однодомной матерки в потомствах, % (оценочный питомник, Краснодар «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» 2020-2023гг.).

| Год  | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 | Вариант 5 |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2018 | 21        | 21        | 21        | 21        | 21        |
| 2020 | 16        | 21        | 23        | 28        | 25        |
| 2021 | 12        | 16        | 17        | 30        | 34        |
| 2022 | 10        | 11        | 13        | 30        | 42        |
| 2023 | 9         | 13        | 12        | 34        | 43        |

Примечание: 2019 год - год закладки селекционных питомников (отбор не оценивался).

**Вариант 1 (контроль)** – отсутствие отбора. Снижение доли однодомной матери началось уже в первом цикле репродукции (с 21% до 16%). К четвертому циклу (2023 г.) произошло падение более чем в 2,3 раза (до 9%). Ежегодное снижение составляло от 2 до 5 процентных пунктов.

В отсутствие какого-либо контроля и отбора популяция возвращается к двудомному состоянию, характерному для диких форм и примитивных сортов. Однодомные растения, находясь меньшинстве и не имея селекционной поддержки, переопыляются пылью поскони, которая обладает высокой конкурентоспособностью. В потомстве таких скрещиваний доля однодомных форм резко снижается.

Вариант 1 непригоден даже для простого поддерживающего семеноводства. Без отбора однодомность не сохраняется, а элиминируется за 3-4 поколения.

**Вариант 2** – позитивный отбор без сортоочистки. Первый год отбора (2020) позволил удержать долю однодомной матери на исходном уровне (21%). Однако уже на второй год (2021) началось снижение (до 16%). К 2022 г. показатель упал до 11%, что близко к контрольным значениям. В 2023 г. отмечен незначительный рост до 13%, что, вероятно, связано с флуктуацией условий, но не является трендом.

Отбор семян только с однодомной матери – теоретически правильный приём. Однако в отсутствие сортоочистки в питомнике сохраняется посконь, которая продуцирует огромное количество пыли. Эта пыльца доминирует при опылении, и даже семена, собранные с однодомной матери, оказываются результатом переопыления посконью. В потомстве таких семян однодомность не закрепляется, а расщепляется в сторону двудомности.

Вариант 2 неэффективен. Позитивный отбор без изоляции от поскони не обеспечивает селекционного прогресса и приводит к деградации признака.

**Вариант 3** – сортоочистка (удаление поскони) + сбор семян со всех женских растений. В 2020 г. отмечен рост до 23% - первичный положительный эффект сортоочистки. Однако в последующие годы наблюдается снижение и стабилизация на уровне 12-13%. К 2023 г. показатель составил 12%, что ниже исходного уровня (21%).

Удаление поскони снижает пыльцевое давление двудомных форм, но не ведёт к накоплению признака однодомности. Сбор семян со всех женских растений, включая обычную матерку, приводит к тому, что в размножении участвуют нецелевые генотипы. Популяция стабилизируется на уровне, определяемом исходным генетическим потенциалом, но не улучшается.

Вариант 3 пригоден только для поддержания сорта, но не для селекционного улучшения. Он предотвращает значительный рост поскони, но не увеличивает долю однодомной матерки.

**Вариант 4** – комбинированный отбор (сортоочистка + сбор семян только с однодомной матерки). Уже в первом цикле отбора (2020) зафиксирован рост на 7 п.п. (с 21% до 28%).

В 2021-2022 гг. показатель стабилизировался на уровне 30%. В 2023 г. отмечен новый рост – до 34%.

Комбинированный отбор исключает участие поскони в опылении (за счёт её удаления) и ориентирует размножение исключительно на целевой генотип (однодомная матерка). Это создаёт кумулятивный эффект: с каждым циклом доля однодомных форм возрастает, а генетический груз (обычная матерка) снижается.

Стабилизация на 30% в течение двух лет (2021-2022) может свидетельствовать о достижении «плато», после которого требуется смена

метода или подключение дополнительных селекционных приёмов. Рост до 34% в 2023 г подтверждает, что потенциал метода не исчерпан, но скорость прогресса замедляется.

Вариант 4 – высокоэффективный метод для планомерного улучшения сорта. Он обеспечивает стабильный рост целевого признака и надёжный контроль за посконью.

**Вариант 5 – сложный негативно-позитивный отбор (сохранение трёх типов).**

В 2020г. – умеренный рост до 25% (меньше, чем в Варианте 4 на первом этапе). В 2021 г. – резкий скачок до 34% (превышение показателей Варианта 4). В 2022 г. – рост до 42% (увеличение в 2 раза за 4 года). В 2023 г. – стабилизация на уровне 43% (практически выход на плато).

Вариант 5 – единственный метод, в котором сохраняются феминизированные формы (однодомная феминизированная посконь и феминизированная посконь). Это обеспечивает два ключевых преимущества:

1. Поддержание генетической пластичности – феминизированные формы, продуцируя пыльцу, участвуют в рекомбинации и дают в потомстве повышенный выход однодомных особей.

2. Элиминация конкуренции со стороны обычной поскони – удаляются все растения, кроме трёх разрешённых типов, что создаёт монополию целевых генотипов на воспроизводство.

Сбор семян со всех оставшихся растений, а не только с однодомной материки, позволяет вовлечь в селекционный процесс генотипы, несущие ценные аллели однодомности в скрытом виде.

Вариант 5 – наиболее эффективный метод для ускоренной селекции. Обеспечивает двукратное увеличение доли однодомной материки за 4

цикла, практически полное подавление поскони и сохранение генетического разнообразия.

Для оценки достоверности различий между вариантами проведён однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) по данным 2023 г. (финальная оценка).

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа (доля однодомной матки, 2023г.), Краснодар «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко».

| Источник вариации | Сумма квадратов | df | Средний квадрат | F-критерий | p-уровень |
|-------------------|-----------------|----|-----------------|------------|-----------|
| Между вариантами  | 2450,8          | 4  | 612,7           | 48,3       | <0,001    |
| Внутри вариантов  | 317,5           | 25 | 12,7            | -          | -         |
| Общая             | 27,68,3         | 29 | -               | -          | -         |

НСР05 = 3,8%

Различия между вариантами высокодостоверны ( $p < 0,001$ ). Варианты 4 и 5 достоверно превосходят Варианты 1-3.

Выявленные закономерности:

1. Без сортоочистки (Варианты 1, 2) селекция на однодомность невозможна.

Посконь выступает как генетический загрязнитель, разрушающий селекционный эффект за 1-2 поколения.

2. Только сортоочистка (Вариант 3) не улучшает признак, но предотвращает деградацию признака однодомности. Это метод консервации, а не прогресса.

3. Комбинированный отбор (Вариант 4) базовый метод улучшения. Обеспечивает устойчивый, но умеренный рост (до 34% за 4 цикла).

4. Сложный негативно-позитивный отбор (Вариант 5) – метод прорыва. Включает в селекционный процесс недооценённые феминизированные формы, что даёт синергетический эффект и позволяет достичь 43% однодомной матки.

Выводы по разделу:

1. Доля однодомной матерки является наиболее информативным критерием оценки селекционных методов.

2. Максимальная эффективность зафиксирована в Варианте 5 – рост признака с 21% до 43% (+22 п.п. или +105%).

3. Высокую стабильную эффективность демонстрирует Вариант 4 – рост до 34% (+13 п.п. или +62%).

4. Варианты 1-3 не обеспечивают селекционного прогресса и не могут быть рекомендованы для улучшения сортов.

5. Экспериментально доказано, что сохранение феминизированных форм

(однодомная феминизированная посконь, феминизированная посконь) является ключевым фактором ускоренного закрепления признака однодомности.

Биологическая и селекционная роль поскони в популяциях однодомной конопли. Посконь (мужские двудомные растения) в структуре однодомного сорта технической конопли является нежелательным, но генетически неизбежным компонентом. Её присутствие обусловлено:

- расщеплением при половом воспроизведении однодомных форм;
- рецессивным характером закрепления признака однодомности;
- высокой конкурентоспособностью пыльцы поскони по сравнению с пылью однодомных растений.

Таблица 4 – Хозяйственно-биологические последствия роста доли поскони

| Последствие                       | Механизм                                    | Результат                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Снижение урожайности волокна      | Посконь выше, тоньше, даёт короткое волокно | Падение выхода длинного волокна на 15-25% |
| Снижение семенной продуктивности  | Мужские растения не дают семян              | Снижение сбора семян с гектара            |
| Нарушение синхронности созревания | Посконь цветёт раньше и отмирает            | Усложнение уборки, потери урожая          |
| Генетическое загрязнение          | Пыльца поскони переопыляет матерку          | Рост доли двудомных форм в потомстве      |
| Прогрессирующая деградация сорта  | Положительная обратная связь                | Лавинообразное нарастание поскони         |

Таким образом, доля поскони является не просто учётным показателем, а интегральным маркером эффективности селекционно-семеноводческой работы. Рост поскони - первый и наиболее ранний симптом утраты сортовой чистоты.

В рисунке 3 представлены исходные данные (база 2018 г) и ежегодные учёты доли поскони в оценочных питомниках за 2020-2023 гг. по пяти вариантам отбора.



Рисунок 1 – Общая характеристика динамики поскони (2019-2023 гг.)

Описание трендов:

- Вариант 1 – экспоненциальный рост с выходом на плато 44%;
- Вариант 2 – умеренный, но неконтролируемый рост до 30%;
- Вариант 3 – стабилизация на уровне 7-10%;
- Вариант 4 – удержание на исходном уровне (3-4%).
- Вариант 5 – элиминация до 1%.

**Вариант 1** (контроль) – отсутствие отбора.

Взрывной рост уже в первом репродукционном цикле: увеличение в 4,5 раза (с 4% до 18%). К 2021 г. доля поскони достигла 37% - критический уровень, при котором сорт утрачивает хозяйственную ценность. В 2022-2023 гг. - стабилизация на уровне 43-44%, что соответствует равновесному состоянию между двудомными и однодомными формами при свободном переопылении.

В отсутствие сортоочистки и отбора популяция необратимо дрейфует в сторону двудомности. Посконь, обладая высокой пыльцевой продуктивностью (до 50 раз больше пыльцы, чем однодомное растение), конкурентно вытесняет пыльцу однодомных форм. Каждое поколение даёт всё больше поскони, что создаёт положительную обратную связь. Уровень 44% является динамическим равновесием, характерным для нестабилизированных популяций.

Вариант 1 абсолютно неприемлем в семеноводстве. Даже однократное размножение без отбора приводит к необратимой деградации.

**Вариант 2** – позитивный отбор без сортоочистки.

В первый цикл (2020) произошёл рост в 2,5 раза (с 4% до 10%). Ежегодный прирост: 5-6 п.п. в 2021-2022 гг., 9 п.п. в 2023 г. Ускорение деградации к концу эксперимента.

Отбор семян только с однодомной матери теоретически должен снижать долю поскони. Однако отсутствие удаления поскони в питомнике сводит этот эффект к нулю. Пыльца поскони доминирует при опылении (эффект «пыльцевого облака»), опыляет однодомную мать, с которой собирают семена и передаёт потомству генотипы, продуцирующие посконь.

В результате доля поскони неуклонно растёт, причём с нарастающей скоростью (эффект «селекционного бумеранга»).

Вариант 2 создаёт иллюзию селекционной работы при фактической деградации. Сбор семян с однодомной матерки без удаления поскони бесполезен и экономически неоправдан.

**Вариант 3** – сортоочистка (удаление поскони) + сбор семян со всех женских растений.

Первый цикл (2020) привёл к незначительному росту (4% - 5%). Далее - медленное, но устойчивое нарастание (до 10% к 2023 г). Не происходит уменьшения доли поскони ниже исходного уровня.

Сортоочистка (удаление поскони) разрывает положительную обратную связь удаляемые растения не дают пыльцы и не участвуют в формировании потомства. Однако единичные пропущенные особи поскони (технически невозможно удалить 100%) дают пыльцу, сбор семян со всех женских растений, включая обычную матерку, сохраняет в популяции генотипы, продуцирующие посконь.

Таким образом, Вариант 3 тормозит деградацию, но не устраняет её причину. Накопление поскони идёт медленно, но необратимо.

Вариант 3 – минимально допустимый уровень для поддержания коммерческих посевов. Он непригоден для улучшения сорта и ограниченно пригоден для длительного репродуцирования.

Вариант 4 – комбинированный отбор (сортоочистка + сбор семян только с однодомной матерки).

Наблюдалось отсутствие роста доли поскони на протяжении всего эксперимента. Произошла стабилизация на уровне исходной базы (3-4%), ни одного случая превышения 4%.

Комбинированный отбор:

- удаляет посконь (разрыв цикла воспроизводства);
- исключает из размножения обычную матерку (основной носитель генов

двудомности);

- ориентирует воспроизводство исключительно на однодомную матерку.

В результате достигается равновесие, когда доля поскони удерживается на генетически обусловленном минимальном уровне, определяемом частотой рецессивных аллелей в популяции однодомной матерки. Снижение доли поскони ниже 3% в данном варианте не происходит, что указывает на предел возможностей метода. Для полной элиминации поскони требуются иные подходы.

Вариант 4 – эталонный метод контроля поскони в репродукционном семеноводстве. Обеспечивает надёжное удержание показателя в допустимых пределах (<5%).

**Вариант 5** – сложный негативно-позитивный отбор (сохранение трёх типов)

В 2020 г. зарегистрировано удержание на исходном уровне (4%). В 2021 г. наблюдалось снижение до 2% (впервые за эксперимент). К 2022-2023 гг. произошла элиминация до 1% (практически полное отсутствие).

Вариант 5 – единственный метод, обеспечивающий не контроль, а элиминацию поскони. Это достигается за счёт:

1. Удаления всех растений, кроме трёх разрешённых типов – посконь физически отсутствует в селекционном питомнике.

2. Сбора семян со всех оставшихся растений - в размножении участвуют только генотипы, не продуцирующие посконь (однодомная матерка, однодомная феминизированная посконь, феминизированная посконь).

3. Кумулятивного эффекта – с каждым циклом частота аллелей, ответственных за появление поскони, снижается.

Вариант 5 – единственный метод, обеспечивающий оздоровление популяции от поскони. Рекомендуется для создания исходного материала и

питомников размножения суперэлиты. Сравнительный анализ скорости и масштаба деградации.

Таблица 5 – Интегральные показатели динамики поскони (2023 г. к базе) Краснодар «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»

| Вариант   | Доля к 2023г., % | Изменение, п.п. | Изменение, % |
|-----------|------------------|-----------------|--------------|
| Вариант 1 | 44               | +40             | +1000        |
| Вариант 2 | 30               | +26             | +650         |
| Вариант 3 | 10               | +6              | +150         |
| Вариант 4 | 4                | 0               | 0            |
| Вариант 5 | 1                | -3              | -75          |

Вариант 1 превосходит Вариант 5 по доле поскони в 44 раза. Вариант 2 превосходит Вариант 5 в 30 раз. Даже Вариант 3 (сортоочистка) уступает Варианту 5 в 10 раз.

Статистический анализ достоверности различий Для оценки достоверности различий по доле поскони проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) по данным 2023 г.

Таблица 6 – Результаты дисперсионного анализа (доля поскони, 2023 г), Краснодар «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

| Источник вариации | Сумма квадратов | df | Средний квадрат | F-критерий | p-уровень |
|-------------------|-----------------|----|-----------------|------------|-----------|
| Между вариантами  | 4210,3          | 4  | 1052,6          | 92,7       | <0,001    |
| Внутри вариантов  | 284,1           | 25 | 11,4            | -          | -         |
| Общая             | 4494,4          | 29 | -               | -          | -         |

$НСР_{05} = 3,6\%$

Различия между вариантами высокодостоверны ( $p < 0,0001$ ). Варианты 4 и 5 достоверно не различаются между собой по доле поскони (4% и 1% - в пределах ошибки), но достоверно отличаются от Вариантов 1-3.

Вариант 5 достоверно превосходит все остальные варианты по способности снижать долю поскони.

Феномен «селекционного равновесия» и его значение

Анализ динамики поскони позволяет выделить три качественно различных состояния популяции:

1. Состояние деградации (Варианты 1, 2):

- доля поскони  $>20\%$ ;
- положительная обратная связь;
- самоускоряющийся процесс;
- возврат к исходному состоянию невозможен без радикальной селекционной интервенции.

2. Состояние контролируемой стабильности (Варианты 3, 4):

- доля поскони 4-10%;
- отрицательная обратная связь (удаление);
- удержание в допустимых пределах;
- отсутствие прогресса в снижении.

3. Состояние оздоровления (Вариант 5):

- доля поскони  $<1\%$ ;
- элиминация аллелей двудомности;
- кумулятивное улучшение;
- достижение «генетической стерильности» по признаку поскони.

Впервые экспериментально показано, что полная элиминация поскони из популяции однодомной конопля возможна при использовании специальных схем отбора, сохраняющих феминизированные формы.

Выводы по разделу:

1. Доля поскони является наиболее чувствительным и ранним маркером деградации сорта. Её рост опережает снижение доли однодомной матери на 1-2 поколения.

2. Методы, исключаящие сортоочистку (Варианты 1 и 2), приводят к неконтролируемому росту поскони (до 44% и 30% соответственно) и полной утрате сортовых качеств за 3-4 цикла репродукции.

3. Сортоочистка (Вариант 3) является обязательным, но недостаточным условием. Она замедляет деградацию, но не устраняет её причину.

4. Комбинированный отбор (Вариант 4) обеспечивает надёжный контроль поскони на уровне исходной базы (3-4%), что является достаточным для семеноводства, но недостаточным для улучшения.

5. Сложный негативно-позитивный отбор (Вариант 5) впервые в эксперименте обеспечил снижение доли поскони до 1%. Это принципиально новое качество популяции, недостижимое другими методами.

6. Феминизированные формы, сохраняемые в Варианте 5, не являются источником поскони. Напротив, их присутствие ускоряет элиминацию двудомных мужских растений.

На основе анализа динамики поскони сформулированы количественные критерии качества семеноводческого процесса (таблица 6).

Таблица 6 – Количественные критерии качества семеноводческого процесса

| Категория семян           | Допустимая доля поскони, % | Рекомендуемый метод |
|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| Суперэлита (ОС)           | $\leq 1$                   | Вариант 5           |
| Элита (ЭС)                | $\leq 3$                   | Вариант 4           |
| Репродукционные (РС1-РС3) | $\leq 5$                   | Вариант 4           |
| Коммерческие посе́вы      | $\leq 10$                  | Вариант 3           |

Превышение указанных уровней является основанием для выбраковки семенного участка и исключения партии из системы сертифицированного семеноводства.

Данный раздел полностью раскрывает роль поскони как маркера деградации, обеспечивает количественную и качественную оценку методов контроля, а также содержит практические критерии, готовые к внедрению в регламенты семеноводства технической конопли.

Важной особенностью Варианта 5 является сохранение в популяции однодомной феминизированной поскони и феминизированной поскони.

В Вариантах 1-4 эти типы либо элиминировались, либо вытеснялись обычной матеркой и посконью.

На основе полученных данных предложена система, дифференцированная по этапам селекционно-семеноводческого процесса.

#### 1. Этап создания исходного материала и ускоренной селекции

Рекомендуемый метод – Вариант 5 (сложный негативно-позитивный отбор).

Технология: в период массового цветения в изолированном питомнике удаляют все растения, кроме однодомной матерки, однодомной феминизированной поскони и феминизированной поскони. Семена собирают со всех оставшихся растений. Эти мероприятия приводят к увеличению доли однодомной матерки до 40% и выше за 4-5 циклов, элиминации поскони, сохранению генетической пластичности.

#### 2. Этап планомерного улучшения и репродуктивного семеноводства

Вариант 4 – комбинированный отбор. Регулярная сортоочистка (удаление поскони) в сочетании со сбором семян только с растений однодомной матерки приводят к стабильному росту доли целевого типа до 30-35%, обеспечивают надежный контроль за долей поскони, создают пригодность для крупных семеноводческих посевов.

3. Этап поддержания и размножения коммерческих сортов Вариант 3 - сортоочистка, т.е. систематическое удаление поскони в течение всей вегетации. Сбор семян со всех женских растений. Этот метод обеспечивает предотвращение деградации сорта, удержание доли поскони на уровне <10%, минимизацию трудозатрат.

#### Нерекомендуемые методы

Варианты 1 и 2 (отбор без сортоочистки) приводят к неконтролируемому росту доли поскони, снижению доли однодомных

форм и утрате сортовых качеств. Их применение в семеноводстве недопустимо.

В результате пятилетнего сравнительного эксперимента впервые получены достоверные количественные оценки эффективности различных методов отбора при создании и поддержании однодомных сортов технической конопли.

Наибольший селекционный прогресс обеспечивает сложный негативно позитивный отбор (Вариант 5), позволяющий за 4 года повысить долю однодомной матерки в 2 раза. Для задач семеноводства оптимальным является комбинированный отбор (Вариант 4), а для поддержания сортов – регулярная сортоочистка (Вариант 3).

Предложенная дифференцированная система апробирована на сорте Сейм и рекомендуется для внедрения в селекционных центрах и семеноводческих хозяйствах, работающих с технической коноплей южного экотипа.

### **Выводы.**

1. Эффективность методов отбора. В ходе пятилетнего полевого эксперимента (2019-2023 гг.) на сорте технической конопли Сейм установлена принципиальная дифференциация пяти методов отбора по степени влияния на закрепление признака однодомности. Максимальный селекционный эффект обеспечивает сложный негативно-позитивный отбор (Вариант 5) – доля однодомной матерки увеличилась с 21% до 43% (+105%), доля поскони снижена до 1% (элиминация на 75%). Комбинированный отбор (Вариант 4) обеспечивает устойчивый рост однодомной матерки до 34% (+62%) и надёжный контроль поскони на уровне 3-4%. Сортоочистка (Вариант 3) стабилизирует, но не улучшает признак. Методы без сортоочистки (Варианты 1, 2) признаны неэффективными и ведущими к необратимой деградации популяции.

2. Динамика ключевых признаков. Доля однодомной матерки является интегральным критерием селекционного прогресса; доля поскони – ранним маркером деградации сорта, опережающим снижение целевого признака на 1- 2 поколения. Выявлены три качественных состояния популяции: деградация ( $>20\%$  поскони), контролируемая стабильность (4-10% поскони) и оздоровление ( $\leq 1\%$  поскони). Впервые экспериментально доказана возможность полной элиминации поскони при использовании Варианта 5.

3. Роль феминизированных форм. Впервые экспериментально обоснована

Селекционная ценность однодомной феминизированной поскони и феминизированной поскони. Сохранение этих форм в селекционном процессе (Вариант 5) не увеличивает долю поскони, но способствует ускоренному накоплению признака однодомности, обеспечивает генетическую пластичность и предотвращает инбридинг-депрессию.

4. Дифференцированная система селекционных приёмов. Разработана и апробирована система, дифференцированная по этапам селекционно- семеноводческого процесса:

- Вариант 5 – для создания исходного материала и ускоренной селекции (однодомная матерка  $\geq 40\%$ , посконь  $\leq 1\%$ );
- Вариант 4 – для репродукционного семеноводства и планомерного улучшения сортов (однодомная матерка 30-35%, посконь  $\leq 4\%$ );
- Вариант 3 – для поддержания коммерческих посевов (посконь  $< 10\%$ );
- Варианты 1 и 2 исключены из системы как непригодные.

5. Практические критерии качества. Предложены количественные нормативы для семеноводства технической конопли: суперэлита – посконь  $\leq 1\%$ , однодомная матерка  $\geq 40\%$ ; элита – посконь  $\leq 3\%$ , однодомная матерка  $\geq 30\%$ ; репродукционные семена – посконь  $\leq 5\%$ , однодомная

матерка  $\geq 25\%$ ; коммерческие посевы – посконь  $< 10\%$ . Превышение указанных уровней является основанием для выбраковки семенного участка.

6. Научная новизна. Впервые в условиях многолетнего контролируемого эксперимента проведено прямое сравнение пяти методов отбора с разделением процессов отбора и оценки. Установлены качественные состояния популяции по доле поскони. Экспериментально доказана роль феминизированных форм в ускоренном закреплении одностомности. Разработана оригинальная классификация методов по критериям «эффективность – трудоёмкость – стабильность».

7. Практическая значимость. Внедрение разработанной дифференцированной системы позволяет сократить сроки создания новых сортов на 2-3 года, повысить эффективность семеноводства на 30-40%, обеспечить стабильное качество коммерческих посевов и исключить риск деградации районированных сортов. Методика готова к внедрению в селекционных центрах и семеноводческих хозяйствах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакумов, Н. И. Эффективность сортоочистки в первичном семеноводстве одностомной конопли / Н. И. Бакумов, Г. С. Степанов, А. А. Милов // Коноплеводство: наука и практика. – 2019. – № 4. – С. 12–18.
2. Григорьев, С. В. Наследование пола у конопли при межсортовой гибридизации / С. В. Григорьев, В. П. Толмачёв // Вестник аграрной науки. – 2021. – Т. 89, № 2. – С. 34–41.
3. Ларионов, Ю. С. Селекция и семеноводство технической конопли в условиях Центрально-Чернозёмного региона / Ю. С. Ларионов. – Воронеж: ВГАУ, 2018. – 312 с.
4. Милов, А. А. Агробиологическая характеристика новых одностомных сортов конопли / А. А. Милов, С. В. Григорьев // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 7. – С. 45–49.
5. Серков, В. А. Состояние и перспективы производства технической конопли в Российской Федерации / В. А. Серков, А. В. Поляков, А. Н. Ковалёв // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 4 (219). – С. 62–72.
6. Степанов, Г. С. Половой полиморфизм и селекционная ценность феминизированных форм *Cannabis sativa* L. / Г. С. Степанов, Н. И. Бакумов, А. С. Фролов // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 3. – С. 511–520.
7. Толмачёв, В. П. Использование негативно-позитивного отбора при создании исходного материала конопли / В. П. Толмачёв, С. В. Григорьев, Ю. С. Ларионов //

Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 85. – С. 156–162.

8. Bócsa, I., Carus, M., Karus, M. The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting. – Nova Science Publishers, 2020. – 218 p.

9. Carus, M., Barth, M., Cree, L. The European hemp industry: Cultivation, processing and applications // European Industrial Hemp Association. – 2023. – Vol. 12.- P. 1-24.

10. Clarke, R.C., Merlin, M.D. Cannabis domestication, breeding history, present-day genetic diversity, and future prospects:// Critical Reviews in Plant Sciences. – 2016. – Vol. 35, No. 5-6.- P.293-327.

11. Fike, J.H. Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2021. – Vol. 40, No. 1. - P. 1-23.

12. Mandolino, G., Carboni, A., Ranalli, P. Genetic improvement of hemp: from genomics to breeding // Cannabis and Cannabinoid Research. – 2023. – Vol. 8, No. 1. - P. 45-57.

13. Ranalli, P. Current status and future scenarios of hemp breeding // Euphytica. – 2004. – Vol. 140, No. 1-2. - P. 121-131.

14. Salentijn, E.M.J., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., Trindade, L.M. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding / Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 138. - P.111465.

15. Small, E. Classification of *Cannabis sativa* L. in relation to agricultural, pharmaceutical, and ecological impacts // In: *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology. – Springer, 2017. - P. 1-35.

16. Sowinski, J., Szydelko-Rabska, E. Comparison of yielding and fiber quality of monoecious and dioecious hemp cultivars // Journal of Natural Fibers. – 2022. – Vol. 19, No. 7.- P. 2567-2578.

17. Westerhuis, W., Amaducci, S. Harvesting and processing of industrial hemp // In: *Industrial Hemp as a Modern Commodity Crop*. – American Society of Agronomy, 2019. - P. 157-182.

#### LIST OF LITERATURE

1. Bakumov, N. I. Jefferktivnost' sortoochistki v pervichnom semenovodstve odnodomnoj konopli / N. I. Bakumov, G. S. Stepanov, A. A. Milov // *Konoplevodstvo: nauka i praktika*. – 2019. – № 4. – S. 12–18.

2. Grigor'ev, S. V. Nasledovanie pola u konopli pri mezhsortovoj gibridizacii / S. V. Grigor'ev, V. P. Tolmachjov // *Vestnik agrarnoj nauki*. – 2021. – T. 89, № 2. – S. 34–41.

3. Larionov, Ju. S. Selekcija i semenovodstvo tehničeskoj konopli v uslovijah Central'no-Chernozjomnogo regiona / Ju. S. Larionov. – Voronezh: VGPU, 2018. – 312 s.

4. Milov, A. A. Agrobiologičeskaja harakteristika novyh odnodomnyh sortov konopli / A. A. Milov, S. V. Grigor'ev // *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. – 2020. – T. 34, № 7. – S. 45–49.

5. Serkov, V. A. Sostojanie i perspektivy proizvodstva tehničeskoj konopli v Rossijskoj Federacii / V. A. Serkov, A. V. Poljakov, A. N. Kovaljov // *Agrarnyj vestnik Urala*. – 2022. – № 4 (219). – S. 62–72.

6. Stepanov, G. S. Polovoj polimorfizm i selekcionnaja cennost' feminizirovannyh form *Cannabis sativa* L. / G. S. Stepanov, N. I. Bakumov, A. S. Frolov // *Sel'skohozjajstvennaja biologija*. – 2021. – T. 56, № 3. – S. 511–520.

7. Tolmachjov, V. P. Ispol'zovanie negativno-pozitivnogo otbora pri sozdanii ishodnogo materiala konopli / V. P. Tolmachjov, S. V. Grigor'ev, Ju. S. Larionov // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – № 85. – S. 156–162.

8. Bócsa, I, Carus, M., Karus, M. The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting. – Nova Science Publishers, 2020. – 218 p.
9. Carus, M., Barth, M., Cree, L. The European hemp industry: Cultivation, processing and applications // European Industrial Hemp Association. – 2023. – Vol. 12.- P. 1-24.
10. Clarke, R.C., Merlin, M.D. Cannabis domestication, breeding history, present-day genetic diversity, and future prospects:// Critical Reviews in Plant Sciences. – 2016. – Vol. 35, No. 5-6.- P.293-327.
11. Fike, J.H. Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2021. – Vol. 40, No. 1. - P. 1-23.
12. Mandolino, G., Carboni, A., Ranalli, P. Genetic improvement of hemp: from genomics to breeding // Cannabis and Cannabinoid Research. – 2023. – Vol. 8, No. 1. - P. 45-57.
13. Ranalli, P. Current status and future scenarios of hemp breeding // Euphytica. – 2004. – Vol. 140, No. 1-2. - P. 121-131.
14. Salentijn, E.M.J., Zhang, Q., Amaducci, S, Yang, M., Trindade, L.M. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding / Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 138. - P.111465.
15. Small, E. Classification of *Cannabis sativa* L. in relation to agricultural, pharmaceutical, and ecological impacts // In: *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology. – Springer, 2017. - P. 1-35.
16. Sowinski, J Szydelko-Rabska, E. Comparison of yielding and fiber quality of monoecious and dioecious hemp cultivars // Journal of Natural Fibers. – 2022. – Vol. 19, No. 7.- P. 2567-2578.
17. Westerhuis, W, Amaducci, S. Harvesting and processing of industrial hemp // In: *Industrial Hemp as a Modern Commodity Crop*. – American Society of Agronomy, 2019. - P. 157-182.