

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИНЕЙНЫХ ГИБРИДОВ КОНОПЛИ F_1-F_3 СРЕДНЕРУССКОГО И ЮЖНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ТИПОВ

Мищенко Сергей Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства конопли

Лайко Ирина Михайловна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая отделом селекции и семеноводства конопли

Опытная станция лубяных культур Института сельского хозяйства Северо-Востока НААН

Украина, 41400, Сумская обл., г. Глухов, ул. Терещенко, 45, тел. +38 (05444) 22135, serg_mischenko@mail.ru

Ключевые слова: конопля, селекция, гибрид, потомство, продуктивность, изменчивость.

Гибридизация самоопыленных линий среднерусского и южного эколого-географического типа с последующим селекционным отбором – эффективный метод создания исходного материала ненаркотической конопли. Установлено, что от степени индивидуальной изменчивости количественных признаков (высоты растений, технической длины стебля, диаметра стебля, массы стебля, массы волокна, содержания волокна) конкретной семьи гибрида зависит результативность селекционных отборов.

Введение

Основными методами создания исходного материала в селекции конопли (*Cannabis sativa* L.) являются гибридизация (межсортовая, отдаленная) и отбор (индивидуальный, семейственно-групповой, массовый). Эффективность селекционной работы значительно усиливается, если селекционер обоснованно подбирает необходимые пары компонентов скрещивания и сочетает гибридизацию с последующим улучшающим отбором по прямым хозяйственно-ценным признакам [1].

В последнее время требования к гибриднему материалу конопли на первых этапах селекции усилились, поскольку растения, кроме заданных параметров продуктивности, должны содержать, по законодательству Украины, не выше 0,08% тетрагидроканнабинола (психотропное вещество), а в половой структуре должна отсутствовать посконь однодомной конопли (дестабилизатор признака однодомности). В связи с этим в гибридизацию практически невозможно включать двудомные формы, давние селекционные сорта и местные кряжи, что привело к сужению исходного селекци-

онного материала конопли. Одним из направлений расширения его разнообразия становится использование самоопыленных линий (как способ дифференциации популяции на генотипы с уникальным набором свойств в фенотипическом проявлении) с дальнейшей гибридизацией [2, 3]. При этом от степени индивидуальной изменчивости зависит эффективность отбора в каждом из последующих поколений, как было показано на примере сахарной свеклы и сои [4, 5]. Актуальным является проведение аналогичных исследований на конопле.

Таким образом, цель данной работы – установить особенности индивидуальной изменчивости количественных признаков линейных гибридов конопли F_1-F_3 среднерусского и южного эколого-географических типов при условии целенаправленного улучшающего отбора в гибридных популяциях.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили на базе Опытной станции лубяных культур Института сельского хозяйства Северо-Востока НААН Украины (г. Глухов, Сумская обл.). Самоопыление растений современных сортов

Таблица 1

Некоторые хозяйственно-ценные признаки линейных гибридов конопли F₁–F₃ как исходного материала масличного направления, 2013–2015 гг.

| Вариант | Поколение | Масса семян с растения, г | Содержание масла, % | Количество растений с отсутствием каннабиноидов, % |
|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------|--|
| Гляна, стандарт | – | 6,2 | 32,0 | 97,5 |
| Гибрид Глесия х Золотоношские 15 | F ₁ | 6,2 | 34,4 | 100,0 |
| | F ₂ | 5,6 | – | 98,3 |
| | F ₃ | – | 33,3 | 100,0 |
| Гибрид Золотоношские 15 х Глесия | F ₁ | 12,1 | 37,0 | 100,0 |
| | F ₂ | 6,2 | – | 100,0 |
| | F ₃ | – | 33,4 | 100,0 |

ненаркотической однодомной конопли Глесия (среднерусский) и Золотоношские 15 (южный эколого-географический тип) осуществляли в условиях вегетационного домика с использованием индивидуальных изоляторов из агроволокна. Самоопыленные линии I₃–I₆ с высоким уровнем продуктивности скрещивали под групповыми тканево-пленочными изоляторами по схеме: Глесия х Золотоношские 15 и Золотоношские 15 х Глесия. Анализ потомства по основным селекционным признакам проводили в условиях питомника оценки с площадью питания растений 30 х 5 см по утвержденным в опытной станции методикам. Содержание масла определяли с помощью экстрактора Сокслета по методике С.В. Рушковского [6], каннабиноидов – методом тонкослойной хроматографии [7]. Статистическую обработку данных проводили по методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием пакета прикладных программ “ОСГЭ” (П. Литун, А. Белкин, А. Белянский, 1993). Годы исследований характеризовались различными метеоусловиями (количеством осадков, температурным режимом и колебанием относительной влажности воздуха), что позволило объективно и всесторонне оценить материал.

Результаты исследований

Созданные рецiproкные линейные гибриды конопли на основе самоопыленных линий сортов Глесия и Золотоношские

15 прежде всего характеризуются высокими показателями семенной продуктивности, содержания масла при обязательных условиях – полном отсутствии каннабидиола, тетрагидроканнабинола и каннабинола (табл. 1), превалированием в половой структуре однодомной феминизированной матерки, что обеспечивает стабильную однодомность.

Наряду с пригодностью использования этих гибридов в масличном направлении, при испытании они показали свою универсальность, а именно высокие показатели признаков, которые определяют структуру урожая волокна, что заслуживает детального изучения. Высота растений вместе с массой стеблей – детерминанты формирования урожая стеблей (биомассы) и волокна. От технической длины зависит выход более качественного длинного волокна. Диаметр стебля – селекционный признак, который учитывается при отборе элитных растений при селекции на качество волокна и повышение продуктивности, в т.ч. и биомассы. От массы волокна и его содержания в стеблях напрямую зависит урожай или выход волокна. Индивидуальная изменчивость этих количественных признаков рецiproкных гибридов линейных скрещиваний при целенаправленном индивидуальном отборе среди гибридного потомства может быть разной.

Коэффициент вариации меньше 10% считается низким, между 10 и 20% – средним, больше 20% – высоким [9]. Исходя из

Таблица 2
Изменчивость количественных признаков волокнистости линейных гибридов конопля F₁ (числитель) и F₂ (знаменатель), 2014 г.

| Признак | Статистический показатель | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| | $\bar{x} \pm s \bar{x}$ | Max | Min | Mo | Me | s | V | A | E | |
| Гибрид Глесья x Золотоношские 15 | | | | | | | | | | |
| Высота растения, см | <u>239,2 ± 2,62</u> 246,0 ± 4,79 | <u>260</u> 287 | <u>220</u> 210 | <u>232,28</u> 233,65 | <u>240</u> 246 | <u>11,702</u> 21,437 | <u>4,9</u> 8,7 | <u>0,2</u> 0,2 | <u>-0,8</u> -0,7 | |
| Техническая длина стебля, см | <u>192,3 ± 5,13</u> 208,4 ± 5,24 | <u>225</u> 250 | <u>145</u> 145 | <u>200,28</u> 215,54 | <u>197,5</u> 210 | <u>22,933</u> 23,437 | <u>11,9</u> 11,2 | <u>-0,6</u> -0,9 | <u>-0,5</u> 1,9 | |
| Диаметр стебля, мм | <u>8,24 ± 0,289</u> 8,43 ± 0,373 | <u>11,5</u> 12,2 | <u>6,3</u> 6,5 | <u>7,65</u> 7,81 | <u>7,9</u> 8,3 | <u>1,294</u> 1,666 | <u>15,7</u> 19,8 | <u>1,2</u> 0,6 | <u>1,5</u> -0,4 | |
| Масса стебля, г | <u>12,65 ± 0,998</u> 13,46 ± 1,145 | <u>24,7</u> 25,4 | <u>7,8</u> 6,3 | <u>11,04</u> 10,92 | <u>11,9</u> 12,05 | <u>4,463</u> 5,120 | <u>35,3</u> 38,0 | <u>1,4</u> 1,1 | <u>2,2</u> 0,5 | |
| Масса волокна, г | <u>4,16 ± 0,343</u> 4,92 ± 0,433 | <u>8,3</u> 9,6 | <u>2,6</u> 2,3 | <u>3,48</u> 3,98 | <u>3,7</u> 4,25 | <u>1,534</u> 1,937 | <u>36,9</u> 39,4 | <u>1,5</u> 1,1 | <u>1,9</u> 0,5 | |
| Содержание волокна, % | <u>32,84 ± 0,552</u> 36,43 ± 0,607 | <u>37,2</u> 41,6 | <u>28,3</u> 32,7 | <u>33,08</u> 34,75 | <u>32,95</u> 35,55 | <u>2,470</u> 2,713 | <u>7,5</u> 7,4 | <u>-0,3</u> 0,4 | <u>-0,5</u> -1,1 | |
| Гибрид Золотоношские 15 x Глесья | | | | | | | | | | |
| Высота растения, см | <u>249,6 ± 3,88</u> 253,8 ± 6,75 | <u>285</u> 315 | <u>222</u> 203 | <u>243,77</u> 250,29 | <u>245</u> 257 | <u>17,367</u> 30,203 | <u>7,0</u> 11,9 | <u>0,7</u> 0,3 | <u>-0,1</u> -0,3 | |
| Техническая длина стебля, см | <u>196,6 ± 3,13</u> 202,5 ± 5,83 | <u>220</u> 256 | <u>160</u> 163 | <u>200,69</u> 223,69 | <u>200</u> 197,5 | <u>13,990</u> 26,088 | <u>7,1</u> 12,9 | <u>-0,8</u> 0,3 | <u>1,0</u> -0,8 | |
| Диаметр стебля, мм | <u>10,44 ± 0,404</u> 9,34 ± 0,353 | <u>14,5</u> 12,4 | <u>7,1</u> 7,0 | <u>10,51</u> 8,51 | <u>10,2</u> 9,25 | <u>1,805</u> 1,579 | <u>17,3</u> 16,9 | <u>0,4</u> 0,4 | <u>0,7</u> -0,9 | |
| Масса стебля, г | <u>17,74 ± 1,295</u> 16,32 ± 1,114 | <u>30,7</u> 24,6 | <u>9,8</u> 8,6 | <u>14,45</u> 12,90 | <u>16,35</u> 16,45 | <u>5,793</u> 4,981 | <u>32,6</u> 30,5 | <u>0,8</u> 0,0 | <u>-0,0</u> -1,4 | |
| Масса волокна, г | <u>5,90 ± 0,397</u> 5,47 ± 0,396 | <u>9,6</u> 9,2 | <u>3,6</u> 3,0 | <u>5,15</u> 5,14 | <u>5,4</u> 5,3 | <u>1,775</u> 1,773 | <u>30,1</u> 32,4 | <u>1,0</u> 0,6 | <u>0,2</u> -0,2 | |
| Содержание волокна, % | <u>33,92 ± 1,056</u> 33,54 ± 0,652 | <u>40,4</u> 39,7 | <u>23,2</u> 29,1 | <u>35,24</u> 31,95 | <u>35,0</u> 32,6 | <u>4,722</u> 2,918 | <u>13,9</u> 8,7 | <u>-1,2</u> 0,8 | <u>1,2</u> -0,1 | |

этого, низкой изменчивостью в основном характеризовались признаки высоты растений ($V = 4,9-8,7\%$) и содержания волокна ($V = 7,4-8,7\%$), средней изменчивостью в основном характеризовался признак технической длины стебля ($V = 11,2-12,9$) и исключительно во всех случаях признак диаметра стебля ($V = 15,7-19,8\%$). Высокая изменчивость присуща признакам массы стебля ($V = 30,5-38,0\%$) и массы волокна ($V = 30,1-39,4\%$). Низкие коэффициенты вариации определенных признаков свидетельствуют об их стабильности в F_2 , а высокие – о значительных возможностях отбора и наступлении стабилизации данных признаков в более поздних генерациях (табл. 2).

Высота растений в F_1 Глесия х Золотоношские 15 составляла $239,2 \pm 2,62$ см, а в F_2 при целенаправленном селекционном отборе произошел ее незначительный рост до $246,0 \pm 4,79$ см. Аналогично при обратном скрещивании значение признака возросло с $249,6 \pm 3,88$ до $253,8 \pm 6,75$ см. Во втором поколении наблюдалось увеличение размаха между максимальным и минимальным значением признака, моды, медианы, среднеквадратического стандартного отклонения (следовательно, и дисперсии), коэффициента вариации, что свидетельствует о наличии расщепления по данному признаку в потомстве. По сравнению с теоретическим, эмпирическое распределение значений высоты характеризовалось незначительной правосторонней асимметрией, которая осталась неизменной в F_2 первого варианта скрещивания ($A = 0,2$) и уменьшилась в F_2 второго варианта скрещивания ($A = 0,7$ и $A = 0,3$ соответственно), и отрицательным эксцессом, который был более выражен у гибрида Глесия х Золотоношские 15 ($E = -0,8$ в F_1 и $E = -0,7$ в F_2).

Техническая длина стебля также во втором поколении незначительно увеличилась с $192,3 \pm 5,13$ до $208,4 \pm 5,24$ и с $196,6 \pm 3,13$ до $202,5 \pm 5,83$ см соответственно. Если у гибрида Глесия х Золотоношские 15 кривая эмпирического распределения имела левостороннюю асимметрию с повышением ее до $-0,9$ в F_2 и отрицательный эксцесс с четкой стабилизацией признака в F_2 ($E = 1,9$), то у гибрида Золотоношские 15 х Глесия левосторонняя асимметрия ($A = -0,8$) в F_2 стала правосторон-

ней ($A = 0,3$), эксцесс – отрицательным ($E = 1,0$ и $E = -0,8$ соответственно), а коэффициент вариации вырос и составил $12,9\%$. Таким образом, характер изменчивости одного и того же количественного признака в рецiproкных гибридах разный. Признаки диаметра стебля, массы стебля и массы волокна гибрида F_2 , где материнской формой были самоопыленные линии сорта Глесия, а родительской формой служили самоопыленные линии сорта Золотоношские 15, несколько повышались по сравнению с F_1 . При этом коэффициенты асимметрии и эксцесса в основном уменьшались, а коэффициенты вариации и мода с медианой повышались. Данные признаки у гибрида обратного скрещивания во втором поколении имели меньшие показатели. При этом коэффициент вариации признака диаметра стебля и массы стебля снизился, а массы волокна – повысился. Кривая эмпирического распределения признака массы стебля в первом поколении была правосторонней ($A = 0,8$). Во втором поколении вариационный ряд приближался к кривой теоретического (нормального) распределения ($A = 0,0$), однако наблюдался провал в его центре ($E = -1,4$), что свидетельствует о расщеплении, т.е. разграничении особей на растения с более низкой и более высокой массой стебля. Следует отметить, что гибрид Золотоношские 15 х Глесия более продуктивный по массе стебля и массе волокна, по сравнению с первым описанным. Так, его масса стебля составляла $17,74 \pm 1,295$ и $16,32 \pm 1,114$ г, в сравнении с $12,65 \pm 0,998$ и $13,46 \pm 1,145$ г, а масса волокна – $5,90 \pm 0,397$ и $5,47 \pm 0,396$ г, в сравнении с $4,16 \pm 0,343$ и $4,92 \pm 0,433$ г.

Содержание волокна в F_2 Глесия х Золотоношские 15 выросло на $3,59\%$ и составило $36,43 \pm 0,607\%$ при наивысшем значении показателя $41,6\%$, что является достаточно позитивным для дальнейшей селекции данного исходного материала. Асимметрия изменилась с левосторонней на правостороннюю, а значение эксцесса изменились с $-0,5$ до $-1,1$. В F_2 Золотоношские 15 х Глесия существенного снижения содержания волокна не наблюдалось. Коэффициент вариации изменился с $13,9$ на $8,7\%$, асимметрия с левосторонней стала правосторонней, а эксцесс с

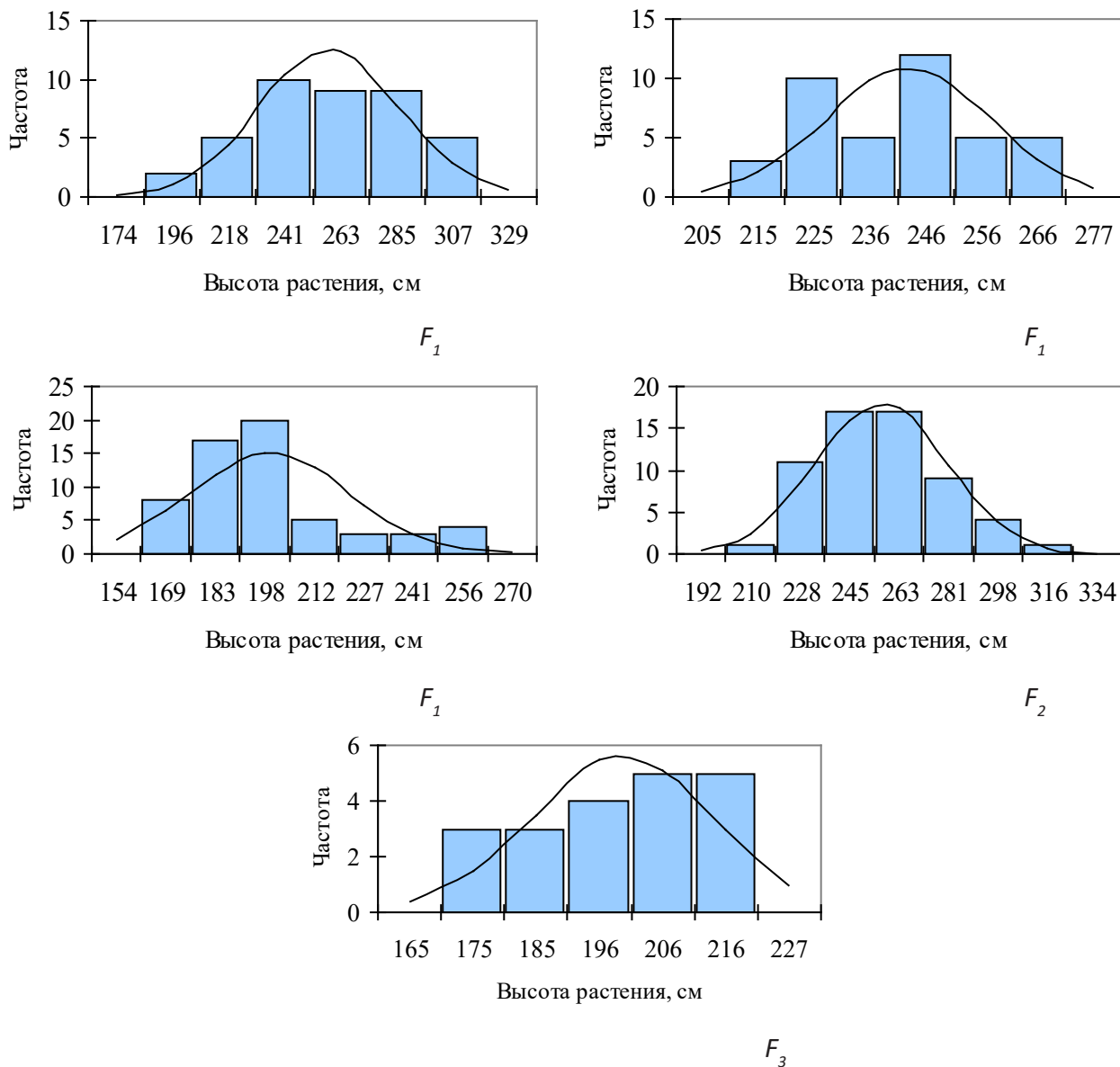


Рис. 1 – Соответствие эмпирического (столбцы) и теоретического (линия) распределения частот значения признака высоты растений линейного гибрида конопля Глесия x Золотоношские 15 (2013–2015 гг.)

положительного стал слабо отрицательным.

В целом следует отметить, что линейный гибрид Глесия x Золотоношские 15 менее продуктивный, но лучше поддается индивидуальному отбору в гибридных поколениях. Гибрид Золотоношские 15 x Глесия более продуктивный, однако менее поддается отбору, незначительно снижая показатели основных селекционных признаков волокнистости, и характеризуется во втором поколении всегда отрицательным эксцессом, что свидетельствует о расщеплении количественных признаков. Селекционную работу с последним целесообразно проводить более длительное время.

Продемонстрируем особенности изменения соответствия эмпирического распределения значений теоретическому от первого до третьего поколения при улучшающем индивидуальном отборе на примере признака высоты растений (рис. 1, 2). Графическая интерпретация вариационных рядов признака гибрида F_1 Глесия x Золотоношские 15 показывает, что характер изменчивости и распределения значений может отличаться в зависимости от семьи (потомства отдельно взятого гибридного растения). В F_1 кривая может быть с правосторонней или левосторонней асимметрией, пиком или провалом в центре (рис. 1).

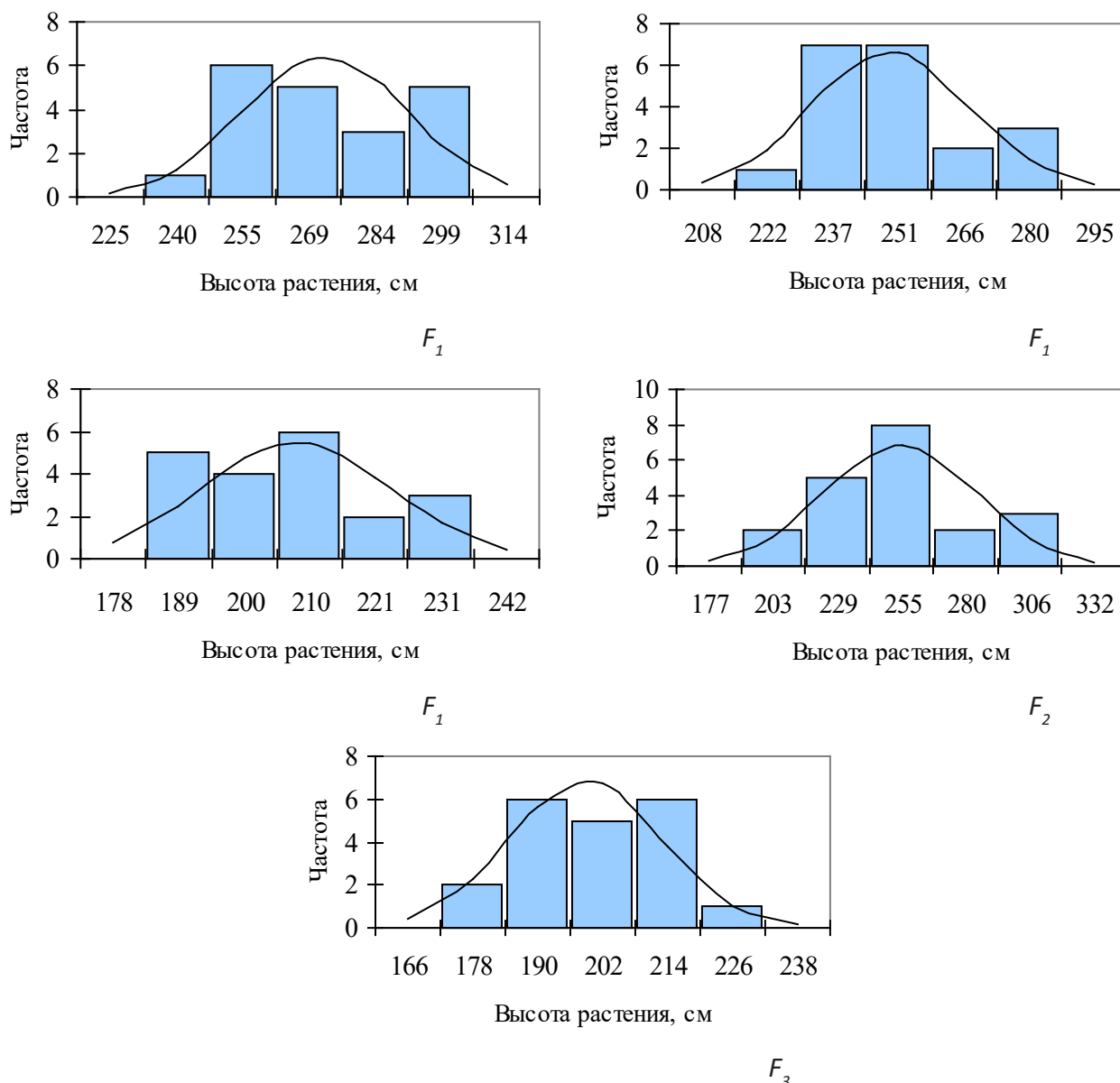


Рис. 2 – Соответствие эмпирического (столбцы) и теоретического (линия) распределения частот значения признака высоты растений линейного гибрида конопли Золотоношские 15 x Глесия (2013–2015 гг.)

В F_2 асимметрия и эксцесс становятся менее выраженными, а в F_3 асимметрия становится левосторонней, т.е. происходит повышение частот в классах с более высокими значениями признака.

Графическая интерпретация вариационных рядов признака высоты гибрида F_1 Золотоношские 15 x Глесия показывает, что характер изменчивости и распределения значений также может отличаться в зависимости от семьи. В F_1 кривая может быть с правосторонней или левосторонней асимметрией, но с отрицательным эксцессом – провалом в центре (рис. 2).

В F_3 асимметрия становится слабо выраженной, но отрицательный эксцесс остается, т.е. происходит последовательное расщепление данного признака со слабо выраженной стабилизацией (гомозиготацией в широком смысле).

Несмотря на отдельные исключения, закономерным является то, что коэффициенты асимметрии признака высоты растений положительные (не больше 1), а эксцесса – отрицательные (до -2). В пределах отдельных семей эти статистические показатели значительно отличаются (рис. 3).

Таким образом, от степени индивиду-

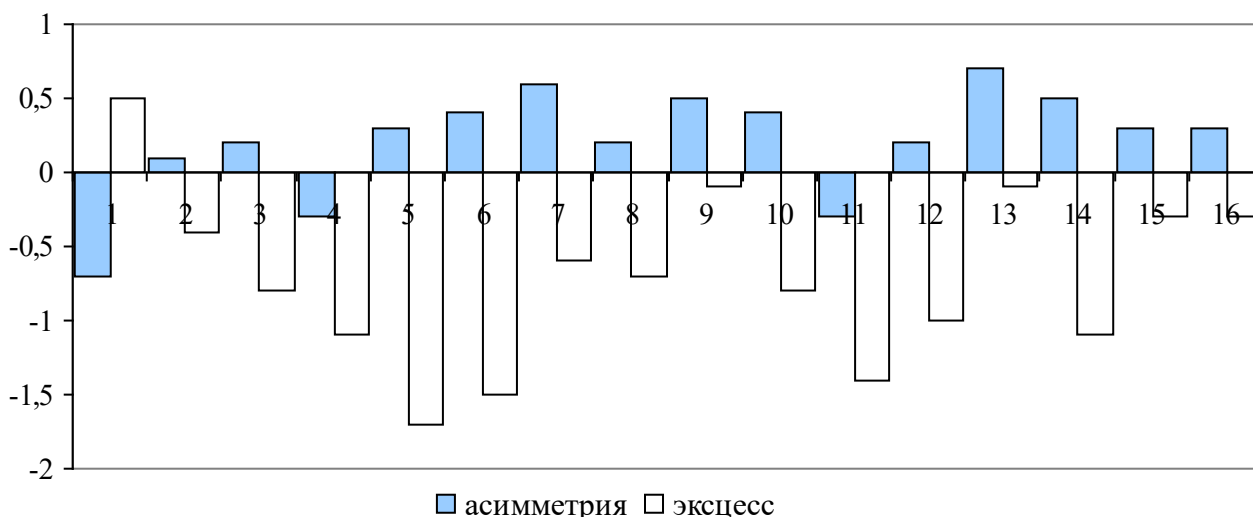


Рис. 3 – Значение коэффициентов асимметрии и эксцесса признака высоты растений в различных семьях линейных гибридов конопли (2013–2015 гг.). 1–7 – F_1 , 8–10 – F_2 , 11 – F_3 Глесия x Золотоношские 15; 12–14 – F_1 , 15 – F_2 , 16 – F_3 Золотоношские 15 x Глесия

альной изменчивости количественных признаков конкретной семьи гибрида и выявления ее особенностей зависит результативность селекционных отборов.

Выводы

Гибридизация самоопыленных линий с последующим селекционным отбором – эффективный метод создания исходного материала ненаркотической конопли масличного, волокнистого и универсального направления использования. От степени индивидуальной изменчивости количественных признаков конкретной семьи гибрида зависит результативность селекционных отборов. Линейный гибрид Глесия x Золотоношские 15 менее продуктивный, но лучше поддается индивидуальному отбору в гибридных поколениях. Гибрид Золотоношские 15 x Глесия более продуктивный, однако менее поддается отбору, незначительно снижая показатели основных селекционных признаков волокнистости, и характеризуется во втором поколении всегда отрицательным эксцессом, что свидетельствует о расщеплении количественных признаков.

Библиографический список

1. Конопля / М.А. Тимонин, Г.И. Сенченко, М.М. Сажко и др.; под ред. Г.И. Сенченко, М.А. Тимонина. – М.: Колос, 1978. – 287 с.
2. Лайко, И.М. Обоснование создания самоопыленных линий ненаркотической конопли для селекции на повышение мас-

личности / И.М. Лайко, В.Г. Вировец, С.В. Мищенко, И.В. Верещагин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Краснодар, 2014. – Вып. 1 (157–158). – С. 27–31.

3. Мищенко, С.В. Особенности наследования масличности семян у гибридов ненаркотической конопли / С.В. Мищенко // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Краснодар, 2014. – Вып. 2 (159–160). – С. 70–75.

4. Корнеева, М.О. Мінливість ознак маса коренеплоду і цукристість у топкросних ЧС гібридів і комбінаційна здатність ліній-запилювачів цукрових буряків уладівської селекції / М.О. Корнеева, Л.В. Фалатюк // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2010. – Т. 8, № 2. – С. 229–237.

5. Білявська, Л.Г. Мінливість кількісних ознак сої в потомствах міжсорткових схрещувань F_2 та F_3 / Л.Г. Білявська, М.О. Корнеева // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2012. – Т. 10, № 1. – С. 3–12.

6. Рушковский, С.В. Методика химических исследований при селекции масличных растений / С.В. Рушковский. – М.: Пищепромиздат, 1947. – 99 с.

7. Методические указания по селекции конопли на снижение содержания каннабиноидов / В.Г. Вировец, Л.М. Горшкова, Г.И. Сенченко и др. – М., 1985. – 14 с.