



Анализ зависимости качества волокна хлопчатника от погодных условий восточной зоны Ставропольского края

Н. А. Ходжаева¹, Л. П. Подольная²

¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Прикумская опытно-селекционная станция, Буденновск, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Лариса Петровна Подольная, l.podolnaya@vir.nw.ru

Актуальность. Изменение климата на планете приводит к ухудшению условий возделывания хлопчатника в традиционных хлопководящих странах, что в свою очередь может положительно сказаться на хлопководстве в России в связи с продвижением культуры на север. Оценка изменчивости параметров качества волокна (одного из главных хозяйственно ценных показателей) у селекционных линий хлопчатника и влияния на них погодных условий востока Ставропольского края позволит определить направления селекции и агротехнику для данной зоны.

Материал и методы. Волокно 30 селекционных линий, выращенных на базе Прикумской опытно-селекционной станции (г. Буденновск Ставропольского края), собранное в 2009, 2012, 2014, 2018 и 2019 г., оценивали по системе HVI в Москве и Камышине. Сравнили изменчивость параметров качества волокна по выборке за годы исследований, сделали двухфакторный дисперсионный и корреляционный анализы признаков качества и показателей температуры и осадков. Использовали программы Excel 2016 и Statistica 7.

Результаты и обсуждение. Анализ изменчивости отдельных параметров качества волокна показал, что они по-разному реагируют на погодные условия; особенно чувствительными оказались прочность и микронейр (тонина и зрелость), между которыми нами выявлена сильная отрицательная связь ($r = -0,82$). Именно на эти параметры наиболее значительно влияют августовские температуры и осадки. Жаркая и сухая погода августа способствует формированию волокна 1–3 типа, соответствующего волокну тонковолокнистого хлопчатника (*Gossypium barbadense* L.), у растений с габитусом и скороспелостью *G. hirsutum* L. При относительно прохладных и влажных условиях 2009 и 2012 г. волокно большинства линий было типично для средневолокнистого хлопчатника. Установленная связь между параметрами качества волокна и погодными условиями в период формирования волокна позволит заранее прогнозировать качество урожая и планировать его применение.

Ключевые слова: хлопчатник, сорта и линии, погодные условия, изменчивость, качество волокна, HVI

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0005 «Растительные ресурсы масличных и прядильных культур ВИР как основа теоретических исследований и их практического использования».

Полевые работы выполнены в рамках плана научно-исследовательской работы отдела селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур в засушливой зоне Северо-Кавказского ФНАЦ на 2019–2021 гг. по теме: «Создать, изучить и выделить для селекции новые генотипы зерновых колосовых, сорговых культур, кормовых и лекарственных трав, хлопчатника по комплексу хозяйственно ценных признаков для различных почвенно-климатических условий Северо-Кавказского региона» (№ 0725-2019-0016).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Ходжаева Н.А., Подольная Л.П. Анализ зависимости качества волокна хлопчатника от погодных условий восточной зоны Ставропольского края. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(3):48-58. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-48-58

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-48-58

Analysis of the relationship between cotton fiber quality and weather conditions in the southeast of Stavropol Territory

Nina A. Khodzhaeva¹, Larisa P. Podolnaya²¹North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Prikumskaya Experimental Breeding Station, Budennovsk, Russia²N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia**Corresponding author:** Larisa P. Podolnaya, l.podolnaya@vir.nw.ru

Background. Climate change leads to the worsening of cotton cultivation conditions in traditional cotton-producing countries, which, in its turn, can produce a positive impact on cotton cultivation in Russia. Assessment of the variability of fiber quality parameters in breeding lines and the effect of weather conditions in the east of Stavropol Territory will help to identify breeding trends and agricultural practices for this area.

Materials and methods. The fiber produced in 2009, 2012, 2014, 2018 and 2019 by 30 breeding lines grown at Prikumskaya Experimental Breeding Station (Budennovsk, Stavropol Territory) was analyzed under the HVI system in Moscow and Kamyshyn. We compared the variability of fiber quality parameters by sampling over the years of research and conducted ANOVA and correlation analyses of the quality traits and temperature and rainfall indicators. Excel 2016 and Statistica 7 were used.

Results and discussion. An analysis of the variability in individual fiber quality parameters showed that they reacted differently to changing weather; particularly sensitive were fiber strength and micronaire. A strong negative correlation was observed between these characters ($r = -0.82$), and they were most significantly affected by the temperature and precipitation in August. A hot and dry August contributed to the formation of fiber type 1–3, corresponding to the fiber of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.), in plants with habitus and earliness of *G. hirsutum* L. Under relatively cool and humid conditions of 2009 and 2012, the fiber of most lines was typical for the upland type. Knowledge of the relationship between fiber quality and weather conditions during the fiber development period will help to predict the quality of cotton fiber in advance and prognosticate its utilization.

Keywords: cotton, cultivars and lines, weather conditions, variability, fiber quality, HVI

Acknowledgements: the research was performed within the framework of the state task according to the theme plan of VIR, Project No. 0481-2022-0005 “Plant resources of oil and fiber crops at VIR as the basis for theoretical research and their practical utilization”.

Field works were performed within the framework of the state task according to the theme plan of the North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center for 2019–2021, Project No. 0725-2019-0016 “To develop, study and identify for breeding new genotypes of cereal and sorghum crops, fodder and medicinal grasses, and cotton according to a set of useful agronomic traits for various soil and climate conditions of the North Caucasus region”.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Khodzhaeva N.A., Podolnaya L.P. Analysis of the relationship between cotton fiber quality and weather conditions in the southeast of Stavropol Territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(3):48-58. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-48-58

Введение

Влияние изменяющихся климатических условий на рост и развитие различных сельскохозяйственных культур в последние годы привлекает все большее внимание исследователей (Pavlov, 2007; Novikova, Loskutov, 2009; Podolnaya et al., 2011; Kucek et al., 2019; Besedina et al., 2021). Стремительно ухудшаются условия выращивания тропических и субтропических культур в традиционных зонах их возделывания, в том числе и хлопчатника (Williams et al., 2017). Это приводит к снижению урожайности и ухудшению качества волокна. Но с другой стороны, глобальное потепление может положительно сказаться на возможности расширения зоны возделывания к северу в России.

Анализ изменения климата за продолжительный период показал, что в степной зоне Ставропольского края наблюдается его устойчивая аридизация (Abaldov, 2001, 2002), однако различия погодных условий по годам значительны, в том числе и распределение осадков по сезону в течение конкретного года. Изучение образцов и линий хлопчатника в условиях юго-восточного Ставрополья в течение почти 30 лет показало сильную зависимость хозяйственно ценных признаков, в том числе и параметров качества волокна, не только от осадков, но и от температуры.

В нашей работе оценка качества волокна была произведена по международной методике на приборе HVI. Мы впервые изучили блок линий хлопчатника, характеризующихся волокном очень высокого качества, почти соответствующего волокну тонковолокнистого хлопчатника, практически не вызревающего в условиях России. Гибридные линии были отобраны по комплексу признаков, в первую очередь по длине волокна, измеренной вручную. Оценка изменчивости параметров качества в конкретных условиях поможет определить направление селекции хлопчатника и разработать агротехнологии его возделывания, особенно режим полива.

Материал и методы

Изучено волокно 29 линий, выделенных из форм, созданных путем внутривидовой и межвидовой гибридизации, а также стандартного скороспелого сорта 'ПОСС 2'. Линии выращивали без орошения на базе Прикумской опытно-селекционной станции – филиала Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, (г. Буденновск Ставропольского края) в течение ряда лет.

Территория станции характеризуется каштановыми почвами. Посев проводили в первой декаде мая по схеме 70 × 15 × 1. Подробно условия выращивания и агротехника изложены в статье Н. А. Морозова и Н. А. Ходжаевой (Morozov, Khodzhaeva, 2020).

Волокно, полученное в 2009, 2012, 2014, 2018 и 2019 г., оценивали по системе HVI (Platonova, Maslova, 2001) в Московском институте текстильной и легкой промышленности ООО «ИНПЦ ТЛП» и ООО «Камышинский текстиль» Волгоградской области. Анализировали пять основных параметров:

- 1 – UHML – верхняя средняя длина (средняя длина наиболее длинных волокон);
- 2 – Unf – индекс равномерности по длине;
- 3 – Str – удельная разрывная нагрузка;
- 4 – Elg – удлинение при разрыве;
- 5 – Mic – микронейр (тонины и зрелость).

Кроме данных, представленных в системе HVI, в статье приведен и такой показатель, как тип волокна, использовавшийся в СССР. Сейчас в Узбекистане он адаптирован под международные стандарты. Тип волокна определяют по его длине. Всего существует 9 градаций – 1–3 типы получают от тонковолокнистого хлопчатника (*Gossypium barbadense* L.). Остальные характерны для средневолокнистого (*G. hirsutum* L.). Самое востребованное волокно 4 и 5 типов, из которого вырабатывают шифон, зефир, поплин, трикотаж. Однако данные по типу волокна статистической обработке не подвергались. Сорт волокна оценивают по его удельной разрывной нагрузке (прочности) (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика типов волокна (по: Platonova, Maslova, 2001)

Table 1. Characteristics of fiber types (from Platonova, Maslova, 2001)

Тип	Верхняя средняя длина волокна (UHML), мм	Удельная разрывная нагрузка (Str), г/текс, для I и II сортов волокна
1a	33,7–34,3	29,4–34,3 (30,0–35,0)
1б	32,9–33,6	
1	32,2–32,8	
2	31,4–32,1	
3	30,7–31,3; 29,9–30,6	23,0–27,8 (23,5–28,4)
4	28,9–29,8 28,1–28,8	
5	27,4–28,0 26,6–27,3	
6	25,8–26,5	
7	25,1–25,7	

Базовый показатель тонины и зрелости- микро-нейр – для средневолокнистого хлопчатника составляет 3,5–4,9, наилучшие характеристики – 4,0–4,5. Показатель ниже 3,5 свидетельствует о том, что волокно незрелое, свыше 5,0 – грубое.

Elongation (Elg) – удлинение волокна к моменту его разрыва на динамометре системы HVI, выраженное в процентах. Удлинение показывает меру растяжимости волокон, определяющую прядильную способность (табл. 2).

Таблица 2. Градации показателя «удлинение» (по: Platonova, Maslova, 2001)

Table 2. Grades of the “Elongation” indicator (from Platonova, Maslova, 2001)

Удлинение при разрыве Elg	Характеристика
Ниже 5,0	Очень малое
5,0–5,8	Малое
5,9–6,7	Среднее
6,8–7,6	Высокое
Выше 7,6	Очень высокое

Для статистической обработки данных использовали программы Excel 2016 и Statistica 7.

Среднемесячная температура и осадки за период вегетации хлопчатника показаны на рисунке.

Годы исследований значительно различались как по температурному режиму, так и по сумме осадков, особенно в те месяцы, когда обычно происходит формирование коробочек. Наиболее влажным и относительно прохладным был 2009 г., а 2014 г. отличался недостатком осадков в июле и августе, а также высокими температурами в августе – в период формирования коробочек. Своеобразные погодные условия были отмечены в 2019 г. – как среднемесячная температура, так и количество осадков в июле и августе имели одинаковые показатели.

Результаты и обсуждение

В таблице 3 представлены средние данные за пять лет изучения для скороспелого стандарта ‘ПОСС 2’ и 29 линий с высоким качеством волокна.

Технологический анализ показал, что хлопчатник в России может давать волокно очень высокого качества даже без орошения, что очень важно для его рентабельного возделывания. Данные микронейра свидетельствуют, что волокно у большинства образцов хорошо вызрев-

шее, имеет нормальную извитость, что важно для прядения. Изученные селекционные линии дали волокно первых типов, получаемых только от тонковолокнистого хлопчатника, образцы которого в России вызревают крайне редко.

Двухфакторный дисперсионный анализ не показал достоверного влияния генотипа ни на один из изученных признаков, что объясняется близостью характеристик линий, несмотря на их различное происхождение. Зато условия среды оказали значительное влияние на все параметры качества волокна с высокой степенью достоверности (табл. 4). Большой процент случайных факторов объясняется разнонаправленностью вектора изменчивости у отдельных образцов в разные годы.

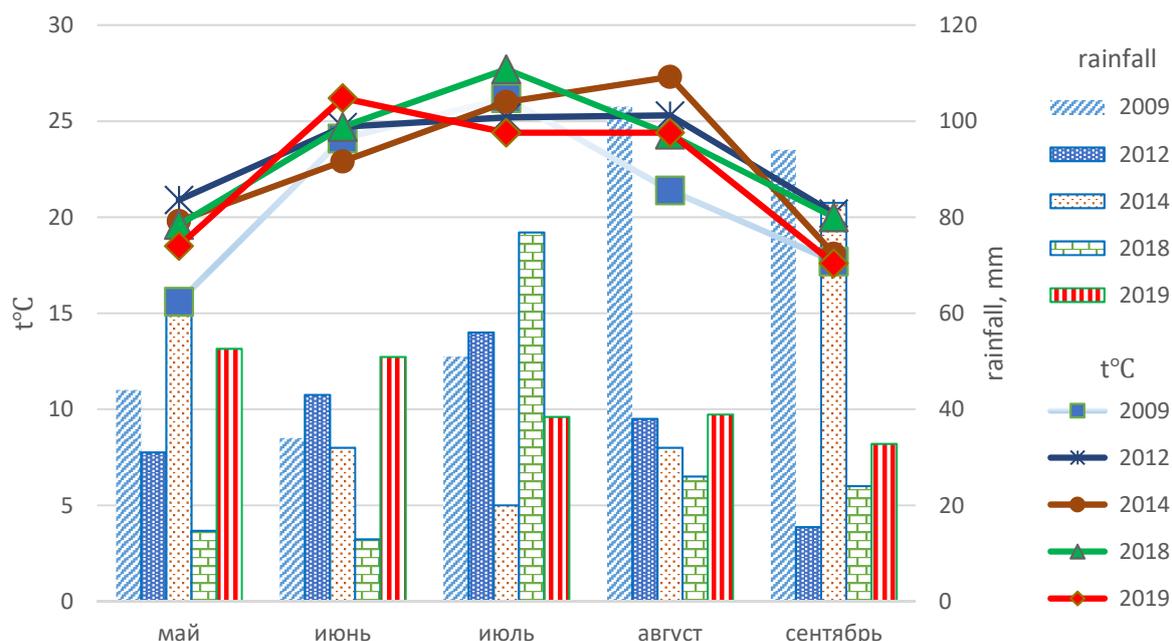


Рисунок. Погодные особенности вегетационного периода (метеостанция г. Буденновск)

Figure. Weather conditions of the growing season (Budennovsk weather station)

Таблица 3. Характеристика волокон линий гибридного происхождения (Буденновск, 2009, 2012, 2014, 2018, 2019 г.)
 Table 3. Fiber quality parameters of the best hybrid lines (Budenovsk, 2009, 2012, 2014, 2018, and 2019)

Название / номер линии	Происхождение линии	UHL ¹ мм	Unf ² %	Str ³ гс/текс	Elg ⁴	Mic ⁵	Тип
233/6	ПОСС-1 (Отбор из болгарского образца к-7282) × Вилкано (Греция)	31,9 ± 0,4	87,9 ± 0,4	30,6 ± 2,7	6,8 ± 0,1	3,8 ± 0,04	2
244/1	ПОСС-2 × 41 (j-5) (и-530361, Австралия)	31,0 ± 0,5	86,6 ± 0,2	29,9 ± 2,9	6,0 ± 0,1	4,6 ± 0,05	3
239/4	ПОСС-2 × Пандора (Греция)	30,6 ± 0,4	82,9 ± 0,05	31,0 ± 2,0	7,0 ± 0,5	4,5 ± 0,09	3
197/2	Tamcot 2055 (и-556320, США) × Бухара-6 (Узбекистан)	31,7 ± 1,4	87,1 ± 0,6	32,0 ± 2,1	6,3 ± 0,1	4,4 ± 0,04	2
Феникс	Россия (к-7738) б/н × и-518518 Samos-4 (Греция)	30,3 ± 0,2	87,7 ± 0,6	34,0 ± 2,1	6,3 ± 0,1	4,7 ± 0,05	3
257/7	Наманган 77 (к-7946, Узбекистан) × 5/5 (к-7878, Форма 0, Узбекистан × к-4389, 597-Г, Россия).	31,5 ± 0,2	87,4 ± 0,5	32,5 ± 2,3	5,9 ± 0,1	4,4 ± 0,03	2
259/2	ПОСС-1 (Отбор из болгарского образца к-7282) × 5/5 (к-7878, Форма 0, Узбекистан × к-4389, 597-Г, Россия).	33,1 ± 0,3	87,8 ± 0,3	31,2 ± 2,1	6,1 ± 0,1	3,9 ± 0,06	16
255/1	Бели Извор-432 (к-7714, Болгария) × Вилкано (Греция)	30,5 ± 0,2	86,9 ± 0,4	30,7 ± 2,7	5,9 ± 0,2	4,7 ± 0,19	3
271/2	ПОСС-2 × 43 (j-5) (и-530363, Австралия)	30,7 ± 0,1	87,5 ± 0,1	29,4 ± 2,4	6,1 ± 0,0	4,4 ± 0,06	3
Л-2а	Спонтанный межвидовой гибрид <i>G. barbadense</i> × <i>G. hirsutum</i> . Отбор из сорта Abbassi (<i>G. barbadense</i>) (к-2064, Туркменистан)	33,0 ± 0,4	86,7 ± 0,2	33,9 ± 2,3	6,3 ± 0,1	3,6 ± 0,07	16
Голиот	Неизвестно	30,6 ± 0,1	88,05 ± 0,7	33,7 ± 2,4	6,2 ± 0,05	4,6 ± 0,05	3
35 (0)	Отбор из линии 645 Узбекистан	31,0 ± 0,9	85,9 ± 1,1	33,0 ± 1,8	6,3 ± 0,2	4,0 ± 0,0	2
39 (0)	Отбор из Л-5000 (Узбекистан)	32,3 ± 0,3	85,5 ± 0,3	33,1 ± 2,5	5,8 ± 0,2	3,9 ± 0,05	1
39 2/2	Отбор из Л-5000 (Узбекистан)	30,7 ± 0,1	87,3 ± 0,1	29,7 ± 2,5	6,4 ± 0,3	4,3 ± 0,1	3
8/1	Отбор из линии UZNISSH-2 (Узбекистан)	30,2 ± 0,2	87,1 ± 0,4	36,2 ± 2,4	5,9 ± 0,3	3,7 ± 0,05	3

Таблица 3. Окончание
Table 3. The end

Название / номер линии	Происхождение линии	УНМЛ ¹ мм	Unf ² %	Str ³ гс/текс	Elg ⁴	Mic ⁵	Тип
228/4	к-7738 Греция × Samos 4 И-518518 (Греция)	30,1 ± 0,1	86,4 ± 0,3	32,6 ± 1,8	6,3 ± 0,2	4,3 ± 0,05	3
31-у	Линия Л-315 (Узбекистан)	31,5 ± 0,3	88,6 ± 0,2	37,9 ± 1,6	6,5 ± 0,1	4,4 ± 0,03	3
5/9	Отбор из гибрида 5/5 (к-7878, Форма 0, Узбекистан × к-4389 597-Т, Россия).	29,5 ± 0,1	86,9 ± 0,4	29,5 ± 2,6	6,8 ± 0,2	4,1 ± 0,04	4
6/5	Отбор Тамсот sp 37 × <i>G. harknessii</i> Brandg	30,0 ± 0,3	87,6 ± 0,3	35,5 ± 2,3	6,5 ± 0,1	3,9 ± 0,02	3
197/2	Сорт Тамсот 2055 и-556320 (США) × сорт Бухара-6 (Узбекистан)	29,6 ± 0,3	82,3 ± 0,2	30,5 ± 1,8	6,5 ± 0,1	4,1 ± 0,05	4
264/6	ПОСС-2 × 23 (j-5) и-530343 (Австралия)	30,1 ± 0,1	82,6 ± 0,3	31,5 ± 2,0	7,4 ± 0,1	4,4 ± 0,3	3
310/1	ПОСС-2 × МВГ-14 Тамсот sp37 × <i>G. thurberi</i> Tod.	31,3 ± 0,3	86,0 ± 0,4	33,3 ± 2,1	7,0 ± 0,2	4,4 ± 0,02	3
233/7	ПОСС-1 × Вилкано (Греция)	32,3 ± 0,5	85,3 ± 0,4	32,4 ± 1,9	6,0 ± 0,3	4,1 ± 0,05	1
318/6	ПОСС-2 × ВН-177 и-587260 (Индия)	29,6 ± 0,4	83,2 ± 0,2	29,7 ± 2,9	7,3 ± 0,2	4,3 ± 0,02	4
314/3	ПОСС-2 × МВГ 29 Отбор из Намангана 77 (к-7946, Узбекистан)	30,6 ± 0,1	85,4 ± 0,3	32,0 ± 1,5	6,1 ± 0,1	4,4 ± 0,03	3
4а	Отбор из сорта Abbassi (<i>G. barbádense</i>) (к-2064, Туркменистан)	31,6 ± 0,1	83,0 ± 0,2	33,8 ± 3,9	6,9 ± 0,1	4,0 ± 0,02	2
2а	Отбор из сорта Abbassi (<i>G. barbádense</i>) (к-2064, Туркменистан)	31,6 ± 0,3	83,9 ± 0,2	31,0 ± 2,0	6,7 ± 0,1	3,8 ± 0,01	2
35	Отбор из линии 645 (Узбекистан)	29,6 ± 0,3	87,7 ± 0,1	31,5 ± 2,9	6,2 ± 0,2	4,2 ± 0,3	4
315/7	ПОСС-2 × Л-319 (Узбекистан)	31,1 ± 0,2	85,0 ± 0,3	33,9 ± 2,3	6,9 ± 0,3	3,9 ± 0,04	2
ПОСС-2	Отбор из болгарского образца № 581 (к-7281)	27,3 ± 0,6*	85,1 ± 0,8	29,5 ± 2,1	5,6 ± 0,1*	4,9 ± 0,11	5

Примечание: ¹ – верхняя средняя длина (средняя длина наиболее длинных волокон); ² – индекс равномерности по длине; ³ – удельная разрывная нагрузка; ⁴ – удлинение при разрыве; ⁵ – микронейр (тонина и зрелость)

Note: ¹ – Upper Half Mean Length; ² – Uniformity Index; ³ – Strength; ⁴ – Elongation; ⁵ – Micronaire (Maturity-Fineness)

Таблица 4. Доля влияния генотипа и погодных условий на общую изменчивость признаков хлопчатника
(г. Буденновск, 2009, 2012, 2014, 2018, 2019 г.)

Table 4. Effect size of the influence of the genotype and weather conditions on the overall variability of cotton traits
(Budennovsk, 2009, 2012, 2014, 2018, and 2019)

Признак	Доля влияния генотипа и условий среды на изменчивость признака (%)		
	Генотип	Условия среды	Случайные факторы
UHML	8	51*	41
Unf	5	51*	44
Str	8	55*	37
Elg	7	38*	55
Mic	8	31*	61

Примечание: * – влияние фактора достоверно при $p \leq 0,01$

Note: * – the effect size of the factor is statistically significant at $p \leq 0.01$

Показатели по выборке (табл. 5) свидетельствуют о том, что значения признака в каждом году практически не выбиваются из границ, установленных для волокна первых трех типов 1–2-го сортов (Platonova, Maslova, 2001), только несколько линий узбекского происхождения в 2009 и 2012 г. соответствовали 5 типу.

Длина волокна (UHML) – главный параметр, по которому определяется назначение сырья для производства. Поскольку оценивали продвинутые селекционные линии, размах изменчивости по выборке был невелик, минимальные значения признака характеризовали стандарт. Наибольший размах изменчивости наблюдали в 2009 г., что может объясняться как более мягкими погодными условиями, так и еще недостаточной проработкой линий. Наименьший размах изменчивости проявился в 2014 г., наиболее жарком и засушливом, что подтверждает мнение о сокращении изменчивости в жестких условиях (Rostova, 2002). Причем и минимальное значение, и среднее были выше, чем в 2009 и 2012 г., хотя осадков в те годы (2009 и 2012) было больше. Такой результат не соответствует общепринятому мнению о влиянии влаги на длину волокна (Simongulyan, 1991). Наиболее длинное волокно сформировалось в 2018 г., и минимальный и максимальный размер были самыми высокими, но размах изменчивости оказался средним. Даже стандарт показал волокно 3-го типа.

Равномерность (Unf) характеризует однородность образца. Чем выше равномерность волокна, тем лучше качество. Интересно, что ее среднее значение и размах изменчивости по выборке были практически идентичны за четыре года, лишь в 2014 г., как и по длине волокна, размах изменчивости снижается (см. табл. 5). Резко снизилось сразу на несколько процентов среднее значение равномерности волокна по выборке в 2019 г., при этом размах изменчивости остался таким же, как и в другие годы. Что привело к таким результатам – сказать трудно. Необходимы дополнительные исследования всех факторов, влияющих на качество волокна.

Прочность волокна (Str) – один из главных параметров, определяющих сорт волокна. Этот признак оказался наиболее зависимым от погодных условий. Менялись и размах изменчивости, и средние показатели по выборке, а также минимальное и максимальное значения (см. табл. 5). Самое крепкое волокно было выявлено в 2014 г. Все образцы, даже стандарт 'ПОСС 2', имели показатели 35–40 гс/текс, что встречается крайне редко (Kelly et al,

2015; Podolnaya et al., 2015; Podolnaya, Khodzhaeva, 2019). Значения от 29,4 до 34,3 гс/текс характеризуют первый сорт волокна первых типов, которые дает тонковолокнистый хлопчатник; для средневолокнистого 30 гс/текс считается очень хорошим показателем (см. табл. 1). И в отличие от других признаков, именно в этом году наблюдали наибольший размах его изменчивости по выборке (см. табл. 5).

Удлинение (Elg) в первые четыре года исследований показывало сходный размах изменчивости по выборке и средние значения, но в 2019 г. увеличились и размах изменчивости и значения параметра. И если минимальное значение изменилось незначительно, то максимальное резко выросло (табл. 5).

Микронейр – показатель тонины и зрелости. Микронейр также демонстрирует зависимость от погодных условий, но не такую сильную, как прочность. Размах изменчивости по выборке относительно выше, чем у большинства других показателей, причем разница между максимальным и минимальным значениями не меняется при изменении самих значений. Наиболее тонкое волокно сформировалось в 2014 г., но при этом показатели укладывались в рамки, установленные для волокна 1-го сорта.

Наши предыдущие исследования связи между погодными условиями и особенностями образцов в Буденновске (Podolnaya, et al., 2011), показали, что существуют критические периоды роста и развития хлопчатника – это последние декады июля и первые – августа. Но в предыдущей работе мы рассматривали только признаки структуры растения и урожая, качество волокна не обсуждалось. В настоящей работе мы сделали корреляционный анализ средних показателей по выборке и данных по температуре и осадкам за июль и август по годам изучения линий. Матрица корреляций приведена в таблице 6.

Проанализированная выборка небольшая – пять лет, поэтому достоверными являются только сильные корреляции $r \geq 0,8$, но мы рассмотрели и все средние корреляции от 0,5 как вероятные тенденции. В опыте выявлены только две сильные отрицательные корреляции – между однородностью волокна и его удлинением ($r = -0,94$), а также между микронейром и прочностью ($r = -0,82$). Если первая связь, несмотря на ее достоверность, представляется случайной либо особенностью данной выборки, поскольку никогда ранее не упоминалась в лите-

Таблица 5. Характеристика параметров качества волокна по годам для выборки в целом
(г. Буденновск, 2009, 2012, 2014, 2018, 2019 г.)

Table 5. Fiber quality parameters across the years of sampling
(Budenновsk, 2009, 2012, 2014, 2018, and 2019)

Статистические параметры	Годы				
	2009	2012	2014	2018	2019
UHML, мм					
X	29,1	29,2	30,1	31,5	30,2
Min	26,5	27,0	29,1	30,3	28,8
Max	32,3	31,5	31,1	33,1	32,3
Std. Dev.	1,7	1,2	0,6	1,1	1,1
Unf, %					
X	86,1	86,3	86,8	86,8	83,4
Min	84,5	84,0	85,3	82,9	81,3
Max	88,7	88,6	87,6	87,9	86,0
Std. Dev.	1,2	1,3	0,8	1,5	1,3
Str, гс/текс					
X	30,8	34,0	37,2	31,3	31,0
Min	29,0	30,8	30,9	27,9	28,1
Max	33,1	37,9	41,8	34,0	33,9
Std. Dev.	1,5	1,9	2,9	1,9	1,9
Elg					
X	6,1	6,2	6,2	6,2	7,0
Min	5,5	5,9	5,7	5,9	6,0
Max	6,9	6,5	6,9	6,9	7,9
Std. Dev.	0,4	0,2	0,3	0,3	0,6
Mic					
X	4,5	4,2	4,0	4,3	4,2
Min	3,9	3,7	3,7	3,6	3,6
Max	5,1	4,6	4,6	4,7	5,0
Std. Dev.	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3

Примечание: **UHML** – верхняя средняя длина (средняя длина наиболее длинных волокон); **Unf** – индекс равномерности по длине; **Str** – удельная разрывная нагрузка; **Elg** – удлинение при разрыве; **Mic** – микронейр (тонина и зрелость); X – среднее значение, Min – минимальное значение признака, Max – максимальное значение признака, Std. Dev. – стандартное отклонение
Note: **UHML** – Upper Half Mean Length; **Unf** – Uniformity Index; **Str** – Strength; **Elg** – Elongation; **Mic** – Micronaire (Maturity@Fineness); X – Mean; Min – Minimum; Max – Maximum; Std. Dev – Standard Deviation

Таблица 6. Матрица корреляций между признаками качества волокна и характеристиками погодных условий
(г. Буденновск, 2009, 2012, 2014, 2018, 2019 г.)**Table 6. Matrix of correlations between fiber quality indicators and weather parameters**
(Budennovsk. 2009, 2012, 2014, 2018, and 2019)

Признаки	UHML	Unf	Str	Elg	Mic	jl t°	jlrf	ag t°	agrif
UHML	1,00								
Unf	0,07	1,00							
Str	-0,15	0,47	1,00						
Elg	0,17	-0,94	-0,26	1,00					
Mic	-0,19	-0,05	-0,82	-0,24	1,00				
jl t°	0,55	0,75	-0,06	0,70	0,27	1,00			
jlrf	0,36	0,25	-0,62	0,33	0,59	0,57	1,00		
ag t°	-0,24	0,20	0,85	0,11	-0,99	-0,14	0,48	1,00	
agrif	-0,63	-0,04	-0,41	0,28	0,78	-0,03	-0,00	-0,81	1,00

Примечания: **UHML** – верхняя средняя длина (средняя длина наиболее длинных волокон); **Unf** – индекс равномерности по длине; **Str** – удельная разрывная нагрузка; **Elg** – удлинение при разрыве; **Mic** – микронейр (тонина и зрелость); **jl t°** – средняя температура июля; **jlrf** – осадки июля; **ag t°** – средняя температура августа; **agrif** – осадки августа

Note: **UHML** – Upper Half Mean Length; **Unf** – Uniformity Index; **Str** – Strength; **Elg** – Elongation; **Mic** – Micronaire (Maturity@Fineness); **jl t°** – mean July temperature; **jlrf** – July rainfall; **ag t°** – mean August temperature; **agrif** – August rainfall

ратуре, то отрицательная связь между микронейром и прочностью является естественной и уже отмечалась ранее, в том числе и нами (Podolnaya et al., 2006). Тонкое и крепкое волокно характерно для тонковолокнистого хлопчатника. Волокно средневолокнистого хлопчатника толще и менее прочное.

Погодные условия наиболее сильное влияние оказывали на прочность волокна и на микронейр, особенно августовские температуры ($r = 0,85$, $r = -0,99$ соответственно). При увеличении температуры в период созревания волокно становится тоньше и крепче, как у тонковолокнистого хлопчатника. Августовские осадки и похолодание, наоборот, приводят к увеличению показателя «микронейр» ($r = 0,78$), волокно становится грубее, и прочность его при этом снижается, то есть оно приближается по качеству к типичному волокну средневолокнистого хлопчатника, хотя корреляция между прочностью и уровнем августовских осадков меньше 0,5, что недостаточно в нашем исследовании.

Анализ выявленных корреляций показал, что погода в августе сильнее влияет на формирование волокна, чем в июле, так как именно в этот период происходит окончательное созревание волокна. Августовские дожди и невысокая температура приводят к тому, что формируется короткое, грубое и не слишком крепкое волокно. Некоторые корреляции не могут рассматриваться как результат непосредственного влияния погодных условий на конкретные признаки и являются отражением скрытых закономерностей физиологических процессов либо генетических особенностей созданных линий.

Заключение

Жаркая и сухая погода августа 2014 г. способствовала формированию волокна 1–3 типа, соответствующего волокну тонковолокнистого хлопчатника (*Gossypium barbadense*) с сохранением габитуса и скороспелости *G. hirsu-*

tum. При относительно прохладных и влажных условиях 2009 и 2012 г. волокно большинства линий было типично для средневолокнистого хлопчатника. Наиболее длинное волокно сформировалось в 2018 г., даже стандарт показал 3 тип, однако минимальное значение прочности (27,9) и микронейра (3,6) свидетельствует о незрелости длинного волокна сорта-стандарта, что может быть следствием невысоких температур августа. Тщательное изучение влияния отдельных погодных факторов на растения поможет прогнозировать качество волокна в зависимости от изменений погодных условий и возможности его использования.

Наше исследование также показывает, что методами традиционной селекции можно получить линии, дающие в России волокно очень высокого качества даже без орошения, что очень важно для рентабельного возделывания хлопчатника. Изученные селекционные линии дали волокно первых типов, получаемых только от тонковолокнистого хлопчатника, образцы которого в России вызревают крайне редко.

Что интересно, нами не выявлено сильной зависимости длины волокна от обилия осадков. Скорее наоборот, в годы с более жарким и сухим августом получено волокно лучшего качества.

References / Литература

Abaldov A.N. Agroclimatic justification for cotton culture in Stavropol Territory (Agroklimaticheskoye obosnovaniye kultury khlopchatnika na Stavropol'ye). In: *The problems of reviving the modern Russian cotton industry (Problemy vozrozhdeniya sovremennogo rossiyskogo khlopkovodstva)*. Budennovsk; 2000. p.51-57. [in Russian] (Абалдов А.Н. Агроклиматическое обоснование культуры хлопчатника на Ставрополье. В кн.: *Проблемы возрождения современного российского хлопководства*. Буденновск; 2000. С.51-57).

- Abaldov A.N. The revival of the cost-effective cotton industry of Stavropol Territory is on the way of scientific justification (Vozrozhdeniye ekonomicheskii effektivnogo khlopkovodstva Stavropol'ya – na puti nauchnogo obosnovaniya). In: *Improving the efficiency of crop production in the arid conditions of the Eastern Ante-Caucasus (Povysheniye effektivnosti rasteniyevodstva v aridnykh usloviyakh Vostochnogo Predkavkazyia)*. Budennovsk; 2002. p.121-126. [in Russian] (Абалдов А.Н. Возрождение экономически эффективного хлопководства Ставрополя – на пути научного обоснования. В кн.: *Повышение эффективности растениеводства в аридных условиях Восточного Предкавказья*. Буденновск; 2000. С.121-126).
- Besedina T.D., Boyko A.P., Tutberidze Ts.V., Kiseleva N.S. Specific nature of the integrative (complex) effect of environmental factors on hazelnut cultivars in the Russian humid subtropics. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(1):22-32. [in Russian] (Беседина Т.Д., Бойко А.П., Тутберидзе Ц.В., Киселева Н.С. Специфика интегративного (комплексного) действия факторов внешней среды влажных субтропиков России на сорта культуры фундука. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021;182(1):22-32). DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-22-32
- Kelly B., Abidi N., Ethridge D., Hequet E.F. Fiber to fabric. In: D.D. Fang, R.G. Percy. *Agronomy Monographs. Vol. 57. Cotton*. 2nd ed. Madison, WI; 2015. p.665-744. DOI: 10.2134/agronmonogr57.2013.0031
- Kucek L.K., Riday H., Reberg-Horton C., Maul J., Mirsky S.B. et al. Environmental influences on the relationship between fall and spring vigor in hairy vetch. *Crop Science*. 2019;59(6):2443-2454. DOI: 10.2135/cropsci2018.09.0569
- Morozov N.A., Khodzhaeva N.A. Preconditions for the revival of efficient cotton production in Stavropol Territory (Predposylki vozrozhdeniya effektivnogo khlopkovodstva na Stavropol'ye). *Effektivnyy APK = Effective Agro-Industrial Complex*. 2020;(2):70-71. [in Russian] (Морозов Н.А., Ходжаева Н.А. Предпосылки возрождения эффективного хлопководства на Ставрополье. *Эффективный АПК*. 2020;(2):70-71).
- Novikova L.Yu., Loskutov I.G., Dyubin V.N. The analysis of economically valuable characters of Borrus oat variety under condition of North-West of Russia from 1980 to 2008 in connection with climate changes. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2009;166:551-558. [in Russian] (Новикова Л.Ю., Лоскутов И.Г., Дюбин В.Н. Анализ динамики хозяйственно ценных признаков овса сорта Боррус в условиях Северо-Запада РФ с 1980 по 2008 г. в связи с изменениями климата. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009;166:551-558).
- Pavlov A.V. The sources of high-quality fiber in the VIR fiber flax collection and their breeding value (Istochniki vysokogo kachestva volokna v kolleksii lina-dolguntsa VIR i ikh selektsionnaya tsennost) [dissertation]. St. Petersburg: VIR; 2007. [in Russian] (Павлов А.В. Источники высокого качества волокна в коллекции льна-долгунца ВИР и их селекционная ценность: Дис. ... канд. сельскохоз. наук. Санкт-Петербург: ВИР; 2007).
- Platonova O.P., Maslova N.A. The use of HVI in the textile industry (Primeneniye "HVI" v tekstilnoy promyshlennosti). Moscow; 2001. [in Russian] (Платонова О.П., Маслова Н.А. Применение «HVI» в текстильной промышленности. Москва; 2001).
- Podolnaya L.P., Grigorev S.V., Illarionova K.V., Asfandiayrova M. Sh., Tuz R.K., Khodzhaeva N.A., Miroshnichenko E.V. Cotton in Russia. Actuality and prospect. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2015;29(7):56-58. [in Russian] (Подольная Л.П., Григорьев С.В., Илларионова К.В., Асфандиярова М.Ш., Туз Р.К., Ходжаева Н.А., Мирошниченко Е.В. Хлопчатник в России. Актуальность и перспективы. *Достижения науки и техники АПК*. 2015; 29(7):56-58).
- Podolnaya L.P., Khodzhaeva N.A. Catalogue of the VIR global collection. Issue 889. Cotton: evaluation of fiber in cotton accessions using the HVI testing method. St. Petersburg: VIR; 2019. [in Russian] (Подольная Л.П., Ходжаева Н.А. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 889. Хлопчатник: Оценка коллекционных образцов хлопчатника по методике HVI. Санкт-Петербург: ВИР; 2019).
- Podolnaya L.P., Kushnareva T.A., Khodzhaeva N.A. Analysis of the effect of weather conditions on the development of cotton accessions at Budennovsk experimental site of the Vavilov Institute (Southeast of Stavropol Territory). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2011;167:112-124. [in Russian] (Подольная Л.П., Кушнарева Т.А. Ходжаева Н.А. Анализ зависимости развития образцов хлопчатника от погодных условий Буденновского опорного пункта ВИР (юго-восток Ставропольского края). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2011;167:112-124).
- Podolnaya L.P., Platonova O.P., Asfandiayrova M.Sh., Maslova N.A. Evaluation of cotton fiber quality under the international HVI system (Otsenka kachestva volokna khlopchatnika po mezhdunarodnoy sisteme HVI). In: *Proceedings of the Near-Caspian Research Institute of Arid Farming. Vol. 4 (Sbornik trudov Prikaspiyskogo NII aridnogo zemledeliya. T. 4)*. Solenoye Zaymishche; 2006. p.28-34. [in Russian] (Подольная Л.П., Платонова О.П., Асфандиярова М.Ш., Туз Р.К., Маслова Н.А. Оценка качества волокна хлопчатника по международной системе HVI. В кн.: *Сборник трудов Прикаспийского НИИ аридного земледелия. Т. 4*. Солёное Займище; 2006. С.28-34).
- Podolnaya L.P., Tuz R.K., Asfandiayrova M.Sh. Correlations between the traits of the cotton samples depending on weather conditions (Korrel'yatsii mezhdu priznakami u obraztsov khlopchatnika v zavisimosti ot pogodnykh usloviy). In: N.A. Sherbakova, A.P. Seliverstova (eds). *Scientific and practical ways to enhance environmental stability and socioeconomic support of agricultural production: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Nauchno-prakticheskiye puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsialno-ekonomicheskoye obespecheniye selskokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii)*. Solenoye Zaymishche; 2017. p.890-894. [in Russian] (Подольная Л.П., Туз Р.К., Асфандиярова М.Ш. Корреляции между признаками у образцов хлопчатника в зависимости от погодных условий. В кн.: *Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции / под ред. Н.А. Щербаковой, А.П. Селиверстовой. Солёное Займище; 2017. С.890-894).*
- Rostova N.S. Correlations: structure and variability. In: *Proceedings of the St. Petersburg Society of Naturalists. Ser. 1. Vol. 94*. St. Petersburg: St. Petersburg University; 2002. [in Russian] (Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость. В кн.: *Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Сер. 1. Т. 94*. Санкт-Петербург: СПбГУ; 2002).
- Simongulyan N.G. Genetics of cotton quantitative traits (Genetika kolichestvennykh priznakov khlopchatnika). Tash-

kent: FAN; 1991. [in Russian] (Симонгулян Н.Г. Генетика количественных признаков хлопчатника. Ташкент: ФАН; 1991).

Smith C.W, Hague S., Hequet E., Thaxton P.S., Brown I.N. Development of extra-long staple upland cotton. *Crop Science*. 2008;48(5):1823-1831. DOI: 10.2135/cropsci2008.01.0052

Williams A.A.J., McRae D., Kouadio L., Mushtaq Sh., Davis P. Cotton and climate change. In: J.L. Hatfield, M.V.K. Sivakumar, J.H. Prueger (eds). *Agronomy Monographs. Vol. 60. Agroclimatology: Linking Agriculture to Climate*. Madison, WI; 2018. p.343-368. DOI: 10.2134/agronomogr60.2016.0009

Информация об авторах

Нина Артемовна Ходжаева, старший научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Прикумская опытно-селекционная станция – филиал СКФНЦ, 356803 Россия, Ставропольский край, Буденновск, ул. Вавилова, 4, khodzhaeva_prikumsk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2353-1862>

Лариса Петровна Подольная, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, l.podolnaya@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4962-1989>

Information about the authors

Nina A. Khodzhaeva, Senior Researcher, North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Prikumskaya Experimental Breeding Station, branch of the NCFSSAC, 2 Vavilova St., Budennovsk, Stavropol Province 356803, Russia, khodzhaeva_prikumsk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2353-1862>

Larisa P. Podolnaya, Cand. Sci (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, l.podolnaya@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4962-1989>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 06.05.2021; одобрена после рецензирования 22.03.2022; принята к публикации 06.09.2022. The article was submitted on 06.05.2021; approved after reviewing on 22.03.2022; accepted for publication on 06.09.2022.