

# AGRICULTURAL SCIENCES

## ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА РИЛ ПОПУЛЯЦИИ ХЛОПЧАТНИКА

**Азимов А.А.**

*М.н.с., Центр Геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент*

**Макамов А.**

*Phd, Центр Геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент*

**Холмурадова М.М.**

*М.н.с., Центр Геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент*

**Усманов Д.М.**

*М.н.с., Центр Геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент*

**Буриев З.Т.**

*Д.б.н., Центр Геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент*

## EVALUATION OF DROUGHT RESISTANCE OF INDICATORS OF THE VEGETATION PERIOD OF RIL COTTON POPULATION

**Azimov A.**

*Junior scientist, Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Makamov A.**

*Phd, Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Holmuradova M.**

*Junior scientist, Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Usmanov D.**

*Junior scientist, Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Buriev Z.**

*DS, Center of Genomics and bioinformatics Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent*

### АННОТАЦИЯ

В этой статье представлены результаты исследований по анализу устойчивости морфо-биологических и физиологических показателей фенотипов при водном стрессе в периоде вегетации популяции рекомбинантных инбредных линий (РИЛ), полученной в результате скрещивания гибридов сортов хлопчатника Наманган-77, который относится к средне волокнистым типам хлопка (*Gossypium hirsutum* L.) и Занги-Ота, который тоже относится к типу *G. hirsutum* L. но устойчивый в достаточной степени к водному дефициту по сравнению с сортом Наманган-77. Для определения устойчивости созданы искусственные режимы орошения двух видов – условно называемый оптимальный и сухой фон и в этих двух разных фоновых режимах выращены хлопчатники популяции РИЛ. Сравнительный анализ данных двух фоновых групп осуществлен посредством сопоставлений значений показателей фенотипов вегетационного периода этих групп с использованием программных процедур параметрической и непараметрической математической статистики таких, как разведочный анализ, *t*-критерий Стьюдента для независимых двух групп и *U* критерий Манна-Уитни пакета статистики SPSS 21. Полученные результаты показали на наличие статистически достоверного различия между основными показателями фенотипов исследованных групп, принадлежащих разным фоновым режимам орошения.

### ABSTRACT

This article presents the results of studies on the analysis of the stability of morpho-biological and physiological indicators of phenotypes under water stress during the growing season of a population of recombinant inbred lines (RIL), obtained by crossing hybrids of cotton varieties Namangan-77, which belongs to the medium fiber types of the cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and the Zangi-Ota, which also belongs to the *G. hirsutum* L. type but is sufficiently resistant to water deficiency compared to the Namangan-77 variety. To determine the stability, artificial irrigation regimes of two types were created - conditionally called optimal and dry background, and in these two different background regimes cotton plants of the RIL population were grown. A comparative analysis of the data of two background groups was carried out by comparing the values of the indicators of the phenotypes of the growing season of these groups using the software procedures of parametric and non-parametric mathematical statistics, such as exploratory analysis, Student's *t*-test for independent two groups and the Mann-Whitney *U*

test of the SPSS 21 statistics package. The results obtained showed the presence of a statistically significant difference between the main indicators of the phenotypes of the studied groups belonging to different background irrigation regimes.

**Ключевые слова:** водный стресс, хлопчатник, вегетационный период, популяция РИЛ, критерий Манна-Уитни.

**Keywords:** water stress, cotton, growing season, RIL population, Mann-Whitney test.

#### Введение

В последние годы Узбекистан стал одним из лидеров по поставке хлопкового волокна в мировом масштабе, но устойчиво держится на достигнутом зависит кроме прочих, в основном и от обеспеченности хлопковых полей достаточном количестве водными ресурсами. Поскольку данная проблема имеет места и в других странах поставщиках хлопка-сырца, особенно если географическое расположение которых в южных и маловодных регионах, то для выхода из ситуации и сохранения неминуемой гибели урожая от засухи во всех странах ведутся исследования по созданию засухоустойчивых линий и сортов, основанные на методах от традиционной селекции до современной молекулярной биологии и генетики.

Узбекистан занял 25-е место из 164 в рейтинге стран, страдающих от водного стресса, опубликованном Институтом мировых ресурсов [1]. Гидроэнергетические ресурсы Узбекистана составляют всего 4,92% всей территории страны, общие водные ресурсы – 50–60 км<sup>3</sup> в год, из которых только 12,2 км<sup>3</sup> формируются на территории республики, а остальной объем воды поступает извне – с гор Тянь-Шаня и Памиро-Алтая, от тающих летом снегов и ледников [2]. Основная часть водных ресурсов идет на орошение хлопковых полей. Население республики к 2030 г. по прогнозам возрастет почти до 40 млн. человек, что вызовет сокращение располагаемых водных ресурсов на 7–8 км<sup>3</sup>. В этих условиях дефицит водных ресурсов возрастет к 2030 г. с нынешних 13–14% до 44–46%, что может отрицательно влиять на развитие не только сельского хозяйства, но и других отраслей [3].

В статье [4] на примере Судана приводятся результаты исследований относительно водных проблем в сельском хозяйстве с учетом зарубежных изысканий в данном направлении и отмечается что, глобальное потепление и изменение климата также снижают урожайность. Ожидается, что засухи будут продолжать оказывать огромное давление на продовольственную безопасность в хрупких экосистемах. Чтобы выдержать эти стрессы, в различных исследованиях изучалась роль симбиотических микроорганизмов в фенотипической адаптации растений к стрессам окружающей среды [5, 6, 7, 8, 9]. По мнению авторов [10], грибковые эндифиты, которые являются важной составляющей растительного микробиома, могут играть ключевую роль в способности растений адаптироваться к климатическим стрессорам.

В работе [11] приводятся факты, связанные с водными проблемами растений, на которых отмечают, что у многих растений способность снижать потери воды в условиях дефицита влажности

является одним из основных критериев засухоустойчивости. Ряд ученых [12, 13, 14, 15] в своих исследованиях к таким критериям относили и тех признаков растений, какими являются увядание листьев, скорость потери воды срезанными листьями, относительное содержание воды для оценки засухоустойчивости. В своих работах Базел и его соавторы [14] указывали на то, что низкая потеря воды из иссеченного листа является простой, но относительно надежный индикатор засухи устойчивости для пшеницы, хлопка и сорго. Также могут быть использованы в качестве физиологических критериев отбора для оценки засухоустойчивости относительное содержание воды в листьях (БСУХ), которое связано с уровнем водного статуса растения в конкретный момент времени.

На основе полученных результатов более поздних исследований по изучению влияния распределения осадков в течение сезона в своем коллективном труде [16] авторы выдвигают, среди прочих рядов предложений, и концепцию, заключающейся в том, что модель потребности сельскохозяйственных культур в воде, в том числе в течение сезона, должна заменить простую сезонную концепцию использования сельскохозяйственной воды.

Для решения вышеизложенных проблем относительно возделывания засухоустойчивых культур, в том числе и хлопчатника при водном стрессе, требуется разработки новых оригинальных инновационных агротехнических и селекционных методов с применением новейших достижений молекулярной биологии и генетики и других современных высокотехнологичных инженерных наук, внедрение которых в сельском хозяйстве уже во многих с развитой агрокультурой странах способствовало получению колоссальные экономические выгоды [17, 18].

Одной из последних открытий геномной инженерии – РНК-интерференция обеспечивала большие возможности для регуляции множество физиологических процессов в растениях посредством так называемые малые не кодирующие miРНК. Список воздействий, запускающих регуляторный ответ организма через miРНК, включает в себя реакцию на патогены, освещение, водный стресс, минеральное питание, солевой стресс, гипоксию, механический стресс и изменения температуры [19].

Закрепленные селекционерами в течении нескольких поколений полезные морфологические и физиологические признаки, в том числе и устойчивость к водным стрессам сортов могут изменяться под влиянием разных внешних климатических и других генетических факторов. Как отмечены в работах [20, 21], для предотвращения или минимизации таких явлений постоянно испытываются и внедряются различные методики генетики и селекции растений. К таким методикам можно отнести

принудительное самоопыление растений, отбор нежелательных особей, межсортовую гибридизацию и т.д., чтобы сорт состоялся, в основном из растений, однотипных по морфологическим признакам и хозяйственно-биологическим свойствам.

Однотипность растений и гомеостаз в популяционном уровне определяется постоянством способа опыления растений и уровнем модификационной изменчивости. В результате перекрестного опыления другими сортами и культурами в равной мере уменьшается однотипность сортов как перекрестноопыляющихся, так и самоопыляющихся культур [22, с. 298; 23, с. 63–65].

Опубликованном в исследовании [24] для изучения генетической основы засухоустойчивости сои (*Glycine max* L. Merr.) была создана рекомбинантная инбредная популяция из 184 линий F(2:7:11) от скрещивания двух засухоустойчивых сортов Kefeng1 и Nannong1138-2 и затем были протестированы в условиях водного стресса и при хорошем поливе в полевых условиях и в теплицах. Измеряемые признаки включали коэффициент увядания листьев, потерю воды срезанными листьями и относительное содержание воды в качестве индикаторов водного статуса растений и урожайности семян. По предположению авторов полученные результаты помогут выяснить генетическую основу засухоустойчивости сои и могут быть включены в программу селекции с использованием маркеров для создания высокоурожайных сортов сои с улучшенной устойчивостью к засухе.

Как известно, при инбридинге с каждым поколением возрастает количество гомозигот с частотой (согласно формулы Райта)  $F = 1 - (1/2)^n$ , где « $n$ » - число инбредных поколений. Частота гетерозигот убывает с каждым поколением на  $1/2$  и соответствует  $(1/2)^n$ . За счет возрастания гомозиготности по рецессивным генам в инбредном потомстве наблюдается снижение жизнеспособности, продуктивности, т.е. наблюдается явление депрессии. Снижение продуктивности продолжается до 5-8 поколений в зависимости от вида растений, затем происходит стабильность [25].

В свете проведённого выше частичного анализа нынешнего состояния проблем водного стресса некоторых растений, нами было предпринято попытка провести сравнительный анализ РИЛ популяций хлопчатника, возделанной в Центре геномики и биоинформатики АН РУз в двух режимах орошения: искусственно созданном водном стрессе и при оптимальном поливе для оценки тех показателей фенотипов популяции, которые достоверно различаются и могут проявить себя как индикаторами засухоустойчивости в количественной мере.

**Цель исследования** Сравнительный анализ морфо-биологических, физиологических и агрономических признаков рекомбинантных инбридных линий хлопчатника (РИЛ), в оптимальном и засушливом режимах орошения посредством компьютерных программ статистического анализа параметрическим и непараметрическим методами.

#### **Методика исследования**

Объектом исследования являлись сорта хлопчатника Наманган-77, Занги-Ота и популяция рекомбинантных инбредных линий (РИЛ), полученная в результате скрещивания гибридов данных двух сортов. Сорт хлопчатника Наманган-77 относится к средне волокнистым типам хлопка (*Gossypium hirsutum* L.) и многие фермеры и хлопкоробы предпочитают этого сорта как элитный, отличающегося высокоурожайностью и с высоким выходом волокна. И поэтому в течении 30 лет возделывается данный сорт хлопчатника в обширных полях многих фермерских хозяйств Республики.

Из-за относительной неустойчивости данного сорта к водному дефициту, он выбран в качестве реципиента при создании популяции. Сорт Занги-Ота, который относится тоже к типу *G.hirsutum* L. и будучи среднеурожайным сортом, является как сортовым образцом гермоплазмы хлопчатника, в достаточной степени устойчивым к водному дефициту по сравнению с сортом Наманган-77.

Популяция РИЛ создана путем самоопыления методом “происхождения от общего предка” (SSD – single seed decent method) до поколения F7 каждого растения гибридного поколения F<sub>2</sub>, полученного в результате скрещивания сортов Наманган-77 и Занги-Ота, отличающихся различной устойчивостью к водному стрессу.

Данная популяция в условии водного дефицита состоит из 97 линий, обладающих широкими генетическими разнообразиями. Такие популяции являются важными генетическими материалами при определении локусов количественных признаков (QTL – quantitative traits loci), устойчивых к водному стрессу или генетической картировании.

Исследования проводилась в опытном поле Специального семеноводческого хозяйства при Центре геномики и биоинформатики АН РУз в оптимальном и искусственно созданном маловодном режимах орошении, так условно называемых в “оптимальном и сухом фонах”, согласно схемам (1 x 2 x 0) и (0 x 1 x 0). Все агротехнические процедуры относительно этим двум фонам проводились идентично. Общее количество воды в листах растения определены по методу Н. Н. Третьякова [26], свойства удержания воды листьями - по методу М.Д. Кушниренко [27] и скорость транспирации – по методу А.А. Иванова [28].

Для достижения поставленной цели нами был использован комплекс программных систем SPSS 21, который состоит из программных процедур, реализующих многих методов анализа данных в современных компьютерах. Программный комплекс SPSS 21 имеет в научной практике широко распространенную программных процедур, которые по параметрическому методу математической статистики рассчитывает значения  $t$ -критерия Стьюдента, определяющего степень различия между двумя переменными  $x$  и  $y$ , предложенным Гассетом (Стьюдентом) и по непараметрическому методу с использованием  $U$  критерия Манн-Уитни и  $W$  теста

Уилкоксона решает ту же задачу на основе ранговых методов [29 30, 31, 32].

Ниже перечислены исследованные показатели, значения которых измерены с каждого отдельного куста хлопчатника РИЛ популяций по оптимальному и сухому фону.

- *Trnspir1h* - транспирация через один час
- *Trnspir2h* - транспирация через два часа
- *Trnspir4h* - транспирация через четыре часа
- *Water* - вода удерживаемость листьев
- *TwaterPlant* - общей процент воды, содержащихся в листьях
- *BCYX2h* - свойства удержания воды листьями за два часа
- *BCYX4h* - свойства удержания воды листьями за четыре часа
- *Hlorophil* - содержание хлорофилла
- *Height* - высота растения
- *hs* - высоты закладки первой плодовой ветви
- *Monop* - моноподиальные ветви хлопчатника
- *Simp* - симподиальные ветви хлопчатника
- *TBools* - общие количество коробочек
- *Bools* - количество раскрытых коробочек хлопчатника.

#### Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены средние и стандартные отклонения по каждому показателю линии сортов, соответствующих оптимальному и сухому режиму орошения. Кроме того, в конечных двух строках таблицы содержатся результаты тестирования исследуемых двух фоновых групп по *t*-критерию Стьюдента.

Сравнительный анализ средних показателей фенотипов линий хлопчатника оптимального и сухого режимов орошения показал, что только несколько одноимённые показатели заметно отличались количественно друг от друга, а у многих показателей различие средних значений между фонами оказалось незначительным. Среди сравниваемых показателей фонов, показатель *Water* имел наибольшую разность средних, равную 392,66. Следующие за ней показатели транспирации через четырёх *Trnspir4h* и двух *Trnspir2h* часов, длина растения *Height*, содержание хлорофилла *Hlorophil* и показатель транспирации через одного часа *Trnspir1h* имели разности средних, равные соответственно 92,72; 57,28; 37,34; -9,33 и -7,14, а разности средних между остальными показателями сравниваемых фонов были небольшими. Стандартные отклонения вышеперечисленных показателей по сравнению с фоном распределены попарно как 223,55 и 211,77; 74,31 и 94,35; 64,74 и 82,42; 13,06 и 7,82; 3,60 и 1,98; 28,68 и 43,62.

При сравнительной оценке средних значений показателей фенотипов сортов РИЛ хлопчатника средние значения стандартизованы посредством деления каждого среднего на его стандартное отклонения, и тем самым произведена нормировка для наглядного сопоставления данных двух режимов орошения в безразмерной величине. Результаты выполненных процедур отражены на сравнительных гистограммах нормированных средних показателей фенотипов оптимального и сухого фонов и показаны на рисунке 1.

Таблица 1

Описательная статистика и сравнение по *t*-Критерию средних сухого и оптимального фона

Признаки	Оптималь. фон		Сухой фон		<i>t</i> -Крит.	Знч.
	Средн.	Стд.от	Средн.	Стд.от		
<b>Trnspir1h</b>	117,38	28,68	124,52	43,62	1,82	0,179
<b>Trnspir2h</b>	242,42	64,75	185,14	82,42	28,97	0,0001
<b>Trnspir4h</b>	341,54	74,31	248,82	94,35	57,81	0,0001
<b>Water</b>	1215,18	223,55	822,52	211,77	157,72	0,0001
<b>TwaterPlant</b>	74,7	1,16	71,22	1,93	230,71	0,0001
<b>BCYX2h</b>	19,78	3,31	21,87	5,88	9,35	0,003
<b>BCYX4h</b>	28,12	3,51	29,76	6,11	5,3	0,022
<b>Hlorophil</b>	41,97	3,6	51,3	1,98	500,81	0,0001
<b>Height</b>	107,21	13,06	69,87	7,82	583,35	0,0001
<b>hs</b>	5,85	0,58	6,54	0,71	54,98	0,0001
<b>Monop</b>	1,33	0,61	1,32	0,62	0,01	0,907
<b>Simp</b>	17,39	1,72	12,74	1,41	423,2	0,0001
<b>TBools</b>	20,98	4,71	14,18	3,97	118,37	0,0001
<b>Bools</b>	7,25	4,32	7,81	3,42	1,03	0,312

Для установления различия оптимального и сухого фона по *t*-критерию Стьюдента, согласно категории, сравнение средних двух независимых групп, рассчитаны программой SPSS значения статистики и уровни значимости *t*-критерия, которые расположены на самых нижних двух строках таблицы 1. Самых высоких значений статистики *t*-критерия с очень высокими уровнями значимостей имели показатели фенотипов вегетационного периода: высота растения *Height*, ( $t = 583,35$ ;  $P <$

$0,0001$ ), степень содержания хлорофилла *Hlorophil* ( $t = 500,81$ ;  $P < 0,0001$ ), симподиальные ветви хлопчатника *Simp* ( $t = 423,20$ ;  $P < 0,0001$ ), общей процент воды, содержащиеся в листьях хлопчатника *TwaterPlant* ( $t = 230,71$ ;  $P < 0,0001$ ), количество общих коробочек хлопчатника *TBools* ( $t = 118,37$ ;  $P < 0,0001$ ) и показатель вода удерживаемости листьев хлопчатника *Water* ( $t = 157,72$ ;  $P < 0,0001$ ). Среди остальных, имевших самого низкого значения ста-

тики критерия и одновременно оказавшихся недостоверными, считались показатели фенотипов: моноподиальные ветви *Monop* ( $t = 0,01$ ;  $P < 0,907$ ), количество раскрытых коробочек *Bools* ( $t = 1,03$ ;  $P < 0,312$ ), и показатель транспирации через одного часа *Trnspir1h* ( $t = 1,82$ ;  $P < 0,179$ ). Кроме этих трёх статистически недостоверных показателей, все остальные одиннадцать показателей способствовали установлению статистически достоверного разли-

чия между двумя исследуемыми группами, представляющими оптимального и сухого фонового режима орошения и тем самым из-за значительно высокого значения уровней значимостей у многих показателей (в двух случаях  $P < 0,022$ ;  $P < 0,003$  и  $P < 0,0001$  – в остальных) отвергается нулевая гипотеза о равенстве средних и принимается альтернативная гипотеза о том, что между сравниваемыми группами существует статистически достоверное различие.

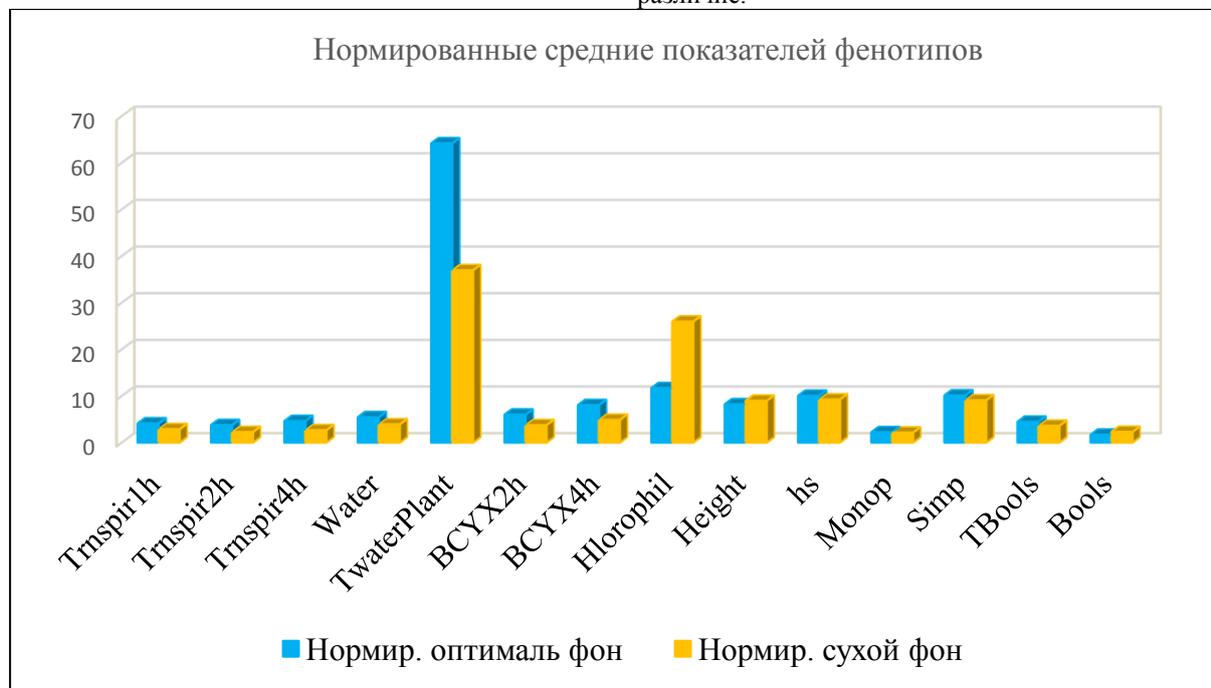


Рис. 1. Гистограммы нормированных средних показателей фенотипов оптимального и сухого фонов

Поскольку некоторые показатели (*Trnspir1h*, *Monop* и *Bools*) в результате тестирования наших данных посредством разведочного анализа по критерию Колмогорова-Смирнова, который проведен с целью проверки соответствия закона распределения показателей нормальному закону, не соответствовали необходимым условиям применения критерия Стьюдента для сравнения двух несвязанных выборок, было решено использовать и методы непараметрической статистики, для которых не играют роли законы распределения значения показателей и их параметры, а осуществляют ранжирование абсолютных значений признака, что позволяет сглаживать эффекты выбросов и асимметрии распределения.

Среди непараметрических критериев больше всего подходит  $U$  критерий Манна-Уитни при необходимости сравнения двух независимых групп, когда объём и распределения данных не соответствуют требованиям применения параметрического  $t$ -критерия.

При использовании  $U$  критерия Манна-Уитни для наших данных, учтены особенности его применения, заключающиеся в том, что тип анализируемых данных должен быть количественный или порядковый, выборки должны быть независимыми и закон распределения данных не обязательно нормальный.

В основу расчета  $U$  критерия Манна-Уитни заложен следующий алгоритм [32]:

1. Значения переменных обеих групп объединяются в единый вариационный ряд и ранжируются в порядке возрастания или убывания.

2. Абсолютные значения переменных заменяются рангами. В случае, если несколько значений равны

между собой, им присваивается средний ранг из тех, которые они получили бы, если бы не были равны.

3. Сумма рангов подсчитывается отдельно для каждой группы.

4. Значение критерия  $U$  Манна-Уитни рассчитывается по формуле:  $U = n1 \times n2 + (nx \times (nx + 1)) / 2 - Tx$

где  $n1$  и  $n2$  – количество наблюдений в сравниваемых группах,  $nx$  – количество наблюдений в группе, имеющее большую из двух ранговых сумм,  $Tx$  – большая из двух ранговых сумм.

5. По специальным таблицам, представленным в руководствах по статистике [33, 34], определяется критическое значение  $U$  для заданных значений  $n1$  и  $n2$  и критического уровня  $p$ . Если рассчитанное значение  $U$  меньше или равно критическому, то нулевая статистическая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза, свидетельствующая о существовании различий между группами.

На начальном этапе программа  $U$  критерия Манна-Уитни реализует 1-3 пункты данного алгоритма выдаёт результаты предварительных расчётов, представленных в таблице 2. В этой таблице

расположены вычисленные программой средние и суммы рангов значений всех показателей фенотипов РИЛ популяций оптимального и сухого фонов.

Таблица 2

Ранг Фон	Средний ранг		Сумма рангов	
	Оптималь.	Сухой.	Оптималь	Сухой
<i>Trnspir1h</i>	91,4	103,6	8867	10048
<i>Trnspir2h</i>	120,4	74,6	11675,5	7239,5
<i>Trnspir4h</i>	126	69	12219,5	6695,5
<i>Water</i>	135,6	59,4	13156	5759
<i>TwaterPlant</i>	141,7	53,3	13742,5	5172,5
<i>BCYX2h</i>	85,3	109,7	8273,5	10641,5
<i>BCYX4h</i>	89,6	105,4	8693,5	10221,5
<i>Hlorophil</i>	51,1	143,9	4953	13962
<i>Height</i>	145,7	49,3	14136	4779
<i>hs</i>	73,6	121,4	7136	11779
<i>Monop</i>	97,8	97,2	9488,5	9426,5
<i>Simp</i>	143,8	51,2	13947	4968
<i>TBools</i>	133,2	61,8	12924	5991
<i>Bools</i>	90,8	104,2	8810	10105

В результате работы программы анализа по  $U$  критерию Манна-Уитни на следующем этапе получены значения статистик для данного критерия, наименьшее значение из обоих ранговых сумм критерия  $W$  Уилкоксона и тестовую величину  $Z$ , определенную по критерию Колмогорова-Смирнова, а также относящуюся к ней вероятность ошибки  $p$ , которую следует использовать при количестве наблюдений более 30 для всех показателей РИЛ популяций, и которые представлены в таблице 3.

Также, как и в случае применения параметрического метода, здесь тоже недостоверными оказались только три показателя фенотипов: моноидальные ветви *Monop* ( $U = 4057,000$ ;  $P < 0,928$ ), количество раскрытых коробочек *Bools* ( $U =$

$4057,000$ ;  $P < 0,097$ ) и показатель транспирации через один час *Trnspir1h* ( $U = 4114,000$ ;  $P < 0,131$ ). А по всем остальным показателям различие между группами, соответствующими оптимальному и сухому фону, по тесту  $U$  критерия Манна-Уитни получилось статистически достоверным, что количественно подтверждено значительно высокими уровнями значимостей показателей, равных в двух случаях  $P < 0,020$ ;  $P < 0,051$  и  $P < 0,0001$  – в остальных. И на данном обстоятельстве, как в случае  $t$ -критерия, отвергается нулевая гипотеза о равенстве средних и принимается альтернативная гипотеза о том, что сравниваемые группы существенно различаются с достаточно высокой статистической достоверностью.

Таблица 3

Признаки	Статистики критерия			
	$U$ Манна-Уитни	$W$ Уилкоксона	$Z$	Знч.
<i>Trnspir1h</i>	4114	8867	-1,51	0,131
<i>Trnspir2h</i>	2486,5	7239,5	-5,672	0,0001
<i>Trnspir4h</i>	1942,5	6695,5	-7,064	0,0001
<i>Water</i>	1006	5759	-9,459	0,0001
<i>TwaterPlant</i>	419,5	5172,5	-10,959	0,0001
<i>BCYX2h</i>	3520,5	8273,5	-3,028	0,002
<i>BCYX4h</i>	3940,5	8693,5	-1,954	0,051
<i>Hlorophil</i>	200	4953	-11,52	0,0001
<i>Height</i>	26	4779	-11,968	0,0001
<i>hs</i>	2383	7136	-6,59	0,0001
<i>Monop</i>	4673,5	9426,5	-0,091	0,928
<i>Simp</i>	215	4968	-11,553	0,0001
<i>TBools</i>	1238	5991	-8,881	0,0001
<i>Bools</i>	4057	8810	-1,662	0,097

Проделанные все расчеты при анализе показателей РИЛ популяций, в соответствующих оптимальном и сухом фоновых режимах орошения по тесту  $U$  критерия Манна-Уитни дали такие же ре-

зультаты как  $t$ -критерий Стьюдента и это показывало того, что в наших исследованиях нами применённые параметрические и непараметрические методы каждый по отдельности подтверждали статистический достоверности полученных результатов.

**Выводы**

На основе использованных показателей фенотипов РИЛ сортов линии хлопчатника и полученных результатов расчётов можно сделать следующие заключение.

1. В сравниваемых группах только несколько одноимённые показатели заметно отличались количественно друг от друга, а у многих показателей различие средних значений между фонами оказалось незначительным.

2. Среди сравненных показателей фонов, вода удерживаемости листьев *Water* и транспирации через четырёх часов *Trnspir4h* имели наибольшие разности средних и тем самым они проявили себя как индикаторы засухоустойчивости.

3. Самых высоких значений статистики *t*-критерия с высокими уровнями значимостей ( $P < 0,0001$ ) имели показатели фенотипов вегетационного периода: *Height*, *Hlorophil*, *Simp*, *TwaterPlant*, *TBools* и *Water*.

4. Показатели фенотипов: *Monop*, *Bools*, и *Trnspir1h* имели самого низкого значения статистики *t*-критерия и одновременно оказались статистически недостоверными из-за чего было предпринята попытка применения и непараметрического метода статистики – *U* критерия Манна-Уитни.

5. Программа непараметрического анализа по *U* критерию Манна-Уитни дала такие же результаты как *t*-критерий Стьюдента и указывала на то, что кроме указанных в 4- пункте трёх недостоверных показателей, по всем другим показателям между оптимальным и сухим фонами имеется существенное достоверное различие.

**Список литературы**

1. <https://www.gazeta.uz/ru/2019/08/08/water-stress/>
2. Гусев Л.Ю. Водно-энергетические проблемы Центральной Азии и возможные пути их разрешения // Вестник МГИМО университета. 2013. 6(33). С. 36.
3. Алимджанов Б. // <https://cabar.asia/ru/vodnye-problemy-uzbekistana-voprosy-ekologii-i-menedzhmenta>
4. Zafar A. Khan, Muhammad Imran, Jamal Umer, Saeed Ahmed, Ogheneruona E. Diemuodeke, Amged Osman Abdelatif Assessing Crop Water Requirements and a Case for Renewable-Energy-Powered Pumping System for Wheat, Cotton, and Sorghum Crops in Sudan. / *Energies* 2021, 14(23), 8133; <https://doi.org/10.3390/en14238133>
5. Ahmed, S.M. Impacts of drought, food security policy and climate change on performance of irrigation schemes in Sub-saharan Africa: The case of Sudan. *Agric. Water Manag.* 2020, 232, 106064. [Google Scholar] [CrossRef]
6. Shankar Naik, B. Functional roles of fungal endophytes in host fitness during stress conditions. *Symbiosis* 2019, 79, 99–115. [Google Scholar] [CrossRef]
7. Redman, R.S.; Kim, Y.O.; Woodward, C.J.D.A.; Greer, C.; Espino, L.; Doty, S.L.; Rodriguez, R.J. Increased fitness of rice plants to abiotic stress via habitat adapted symbiosis: A strategy for mitigating

impacts of climate change. *PLoS ONE* 2011, 6, e14823. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]

8. Acuña-Rodríguez, I.S.; Newsham, K.K.; Gundel, P.E.; Torres-Díaz, C.; Molina-Montenegro, M.A. Functional roles of microbial symbionts in plant cold tolerance. *Ecol. Lett.* 2020, 23, 1034–1048. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]

9. Decunta, F.A.; Pérez, L.I.; Malinowski, D.P.; Molina-Montenegro, M.A.; Gundel, P.E. A Systematic Review on the Effects of Epichloë Fungal Endophytes on Drought Tolerance in Cool-Season Grasses. *Front. Plant Sci.* 2021, 12, 380. [Google Scholar] [CrossRef]

10. Suryanarayanan, T.S.; Shaanker, R.U. Can fungal endophytes fast-track plant adaptations to climate change? *Fungal Ecol.* 2021, 50, 101039. [Google Scholar] [CrossRef]

11. Weijun Du, Deyue Yu, Sanxiong Fu Detection of Quantitative Trait Loci for Yield and Drought Tolerance Traits in Soybean Using a Recombinant Inbred Line Population // *Journal of Integrative Plant Biology* 2009, 51 (9): 868–878.

12. Lafitte HR, Courtois B (2002). Interpreting cultivar x environment interactions for yield in upland rice. Assigning value to droughtadaptive traits. *Crop Sci.* 42, 1409–1420.

13. Babu RC, Nguyen BD, Chamarek V, Shanmugasundaram P, Chezian P, Jeyaprakash P et al. (2003). Genetic analysis of drought resistance in rice by molecular markers association between secondary traits and field performance. *Crop Sci.* 43, 1457–1469.

14. Basal H, Smith CW, Thaxton PS, Hemphill JK (2005). Seedling drought tolerance in upland cotton. *Crop Sci.* 45, 766–771.

15. Monneveux P, Sanchez C, Beck D, Edmeades GO (2006). Drought tolerance improvement in tropical maize source populations. *Crop Sci.* 46, 180–191.

16. Joseph Hutchinson, H. L. Manning, H. G. Farbrother Crop water requirements of cotton. / Published online by Cambridge University Press: 27 March 2009.

17. <https://uzbekistan.de/ru/nachrichten/aktuelle-nachrichten/> мировое признание новой технологии узбекских ученых.

18. И.Ю. Абдурахмонов, Ш.Э. Шерматов, З.Т. Буриев, А. Абдукаримов Концепция развития геномики и биоинформатики в Узбекистане до 2025 года. / *Узбекский биологический журнал. Спецвыпуск*, 2016г. Ташкент, Фан. АН РУз, с. 102-106.

19. Guleria P., Mahajan M., Bhardwaj J., Yadav S.K. Plant small RNAs: biogenesis, mode of action and their roles in abiotic stresses // *Genomics, Proteomics and Bioinformatics.* 2011. V. 9. I. 6. P. 183–199.

20. Lora J., Hormaza J.I., Herrero M. The Diversity of the Pollen Tube Pathway in Plants: Toward an Increasing Control by the Sporophyte. *Frontiers in Plant Science.* 2016. no. 7. P. 107. DOI: 10.3389/fpls.2016.00107.

21. Шодиева О.М., Мамаракхимов Б.И., Халикова М.Б. Влияние инбридинга на генетическую однородность популяцию хлопчатника. *Научное обозрение* № 2, 2020.

22. Mamarakhimov B.I. Genetic Heterogeneity of Elite Materials of Commercial Varieties of Cotton in

Nurseries // Proceedings of the Tashkent International Innovation Forum (TIIF). Ташкент, 2015. P. 298–300.

23. Shodiyeva O. Intrapopulation variability of cotton cultivars. European science review. 2019. no. 2. P. 63–65. DOI: 10.29013/ESR-19-1.2.2-63-65.

24. Weijun Du, Deyue Yu, Sanxiong Fu Detection of Quantitative Trait Loci for Yield and Drought Tolerance Traits in Soybean Using a Recombinant Inbred Line Population. Journal of Integrative Plant Biology. 2009. no. 8. P. 855 - doi.org/10.1111/j.1744-7909.2009.00855.x

25. Самигуллина Н.С. Практикум по генетике: Учебное пособие. /Н.С. Самигуллина, И.Б. Кирина – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2007. – с.211.

26. Третьяков Н.Н., Карнаукова Т.В., Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений/ Под ред. Третьякова Н.Н. - Москва: Агропромиздат, 1990. - 271 с.

27. Кушниренко М.Д., Гончарова Э.А., Бондарь Е.М. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости плодовых растений // – Кишинев, 1970. – С.79.

28. Иванов Л.А. О методе быстрого

взвешивания для определения транспирации в естественных условиях / Иванов Л. А., Силина А. А., Ю. Л. Цельникер // Ботанический журнал. - 1950. - Т. 35. - № 2. - С. 171-185.

29. Мелник М. Основы прикладной статистики. М. Энергоатомиздат. 1983. Глава 13. Регрессионный и корреляционный анализ. – 416 с.

30. Бююль А., Цеффель П. SPSS: искусство обработки информации. – М., 2005. Глава 14. Корреляционный анализ.

31. Наследов, А.Д. SPSS 19. Профессиональный статистический анализ данных [Текст] // А. Д. Наследов. – СПб. Питер, 2011. – 400 с.

32. Гржибовский А. М., Иванов С. В., Горбатова М. А. Сравнение количественных данных двух независимых выборок с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS: параметрические и непараметрические критерии / / Наука и Здравоохранение. 2016. №2. С. 5-28.

33. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998. 459 с.

34. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 351 с