

ГЕНЕТИК МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН ПАХТА НАВЛАРИНИНГ СТРУКТУРАВИЙ ХОССАЛАРИНИ ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА БЎЯШ

доцент, Мамаджанова С.А.,

талаба Раҳимова Ш.С.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

АННОТАЦИЯ

Бу тадқиқотлар генетик модификацияланган Порлок-1 (П-1), Порлок-2 (П-2), Порлок-4 (П-4) пахта навларини структура хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда бўяшни ўрганишга бағишланган. С-6524 навли раёнлаштирилган толали янги генетик жиҳатдан такомиллаштирилган ғўза навларининг қиёсий таҳлили ўтказилди. Генетик модификацияланган пахта тола навларининг сифат кўрсаткичлари аниқланиб, структура-ҳажмий хусусиятлари, рентген нурлари дифракцион таҳлил ва сканерли электрон микроскопия тадқиқотлари асосида РНАи технологияси қўлланилган ва турли реципиент генотиплари билан чатиштириш йўлида яратилган навларнинг кимёвий таркибида фарқлар аниқланмади. Фарқлар асосан α -целлюлоза миқдори, полимерланиш даражаси, толанинг пишиқлиги, штапел узунлиги ва структура-ҳажм хусусиятлари каби кўрсаткичлар генетик модификацияланган толаларда фарқ қилади. Шунингдек, кристаллик даражаси, кристаллит ўлчамлари ва толанинг текисликлараро масофалари ҳам сезиларли даражада ўзгариш кўрсатади. Булар толанинг физик ва кимёвий хусусиятларига таъсир қилади. Сорбланган ва фиксацияланган бўёвчи модда миқдорининг турли селекция навларига тегишли тола хом ашёсининг микро ва макро тузилмалари билан боғлиқлиги ўрганилган. Тадқиқот натижаларига кўра, фиксацияланган бўёвчи модда миқдори толаларнинг умумий ғоваклар ҳажми, калава ипдаги толалар сони ва калава ипнинг кесим бўйича бўшлиқ майдонига боғлиқ экани аниқланган. Бу ўзига хос структуравий хусусиятлар бўяш жараёнининг самарадорлиги ва сифатини яхшилашга ёрдам беради.

КИРИШ

Пахта толаси тўқимачилик саноатидаги энг муҳим хомашё турларидан биридир. Бу, шунингдек, қайта тикланадиган табиий ресурс бўлиб, шу сабабли пахта дунёнинг кўплаб ҳудудларида кенг равишда етиштирилади. Бу ерда умумий ва аниқ агротехник тадбирларга мувофиқ толанинг таснифи, ўсиши ва ривожланиши, шунингдек, ҳосили ва сифати муҳокама қилинади [1].

STI, GMP va MP indeksлари сув танқислигига чидамли пахта навларини аниқлашда самарали қўлланилади, чунки улар навларни суғориш ва/ёки сув танқислиги шароитида юқори ҳосилдорликни сақлай олиш қобилиятига кўра танлаб олиш имконини беради. STI ва MP индекслари сув танқислиги шароитида ва ундан ташқарида ҳосилдорлик салоҳиятига қараб навларни ажратиш имконини беради [2]. Муаллифлар сувсиз ҳолатда пахтанинг ўсиш услубининг толали хомашёнинг асосий сифат кўрсаткичларига таъсирини ўрганмаганлар [2].

Муаллифлар GhMAX2 нокаут-экспрессияси пахта ўсимликларида бўйнинг сезиларли пасайишига, ўсишнинг секинлашишига, бўғим ораларининг қисқаришига ва толаларнинг узунлиги камайишига олиб келганини тахмин қилишган. Ушбу натижалар GhMAX2, эҳтимол, пахта ўсимликларининг ўсишига, уларнинг архитектурасига ва толаларнинг узайишига ҳисса қўшишини кўрсатади. Тадқиқот GhMAX2 орқали SL/KAR сигналлари узатилишининг пахтадаги роли ҳақидаги тушунчани очиб беради ва келажакда пахта ўсимликларини етиштириш учун қимматли асос яратади [3].

Муаллифлар қайта ишлаш жараёнида тола ишлаб чиқаришдаги генотиплар ва ишлаб чиқариш услублари орасидаги фарқлар туфайли юзага келадиган толаларнинг ўзгаришларини компенсация қилиш мумкинлигини таъкидлайдилар. Бироқ, толанинг пишганлиги билан боғлиқ бўлган, яъни соялаш, полосалар ва оқ доғлар каби камчиликлар ранг бериш ёки босиш жараёнида олдини олиш ёки камайтириш толанинг пишганлик хусусиятлари ҳақида маълумотсиз амалга ошириб бўлмайди. Манбаларда келтирилган толанинг сифатини баҳолаш бўйича маълумотлар шундан далолат берадики, саноат эҳтиёжларини мустаҳкамроқ ва ингичкароқ пахта толасига бўлган талабни қондиришга ҳаракат қилиш, шунингдек, пахта толасидан тайёрланган тўқимачилик материалларининг кимёвий ишлов билан ўзаро боғлиқдир [4].

Пахта целлюлозасининг кристалллик даражаси ўртача 70% ни ташкил қилади. Кристалл ҳудудидаги функционал ОН гуруҳлар водород боғлари ва молекулалараро Ван-дер-Вальс кучлари таъсирида бўлгани сабабли фаол эмас. Бу кимёвий ишлов жараёнидаги реакцияларнинг юз беришига салбий таъсир қилади. Базавий бўғинлар бир-бири билан глюкозанинг қўшни гуруҳларидаги С-1 ва С-4 атомлари ўртасида ҳосил бўлган гликозид боғлари орқали боғланган. Ҳар бир базавий бўғин С-2, С-3 ва С-6 позицияларида учта гидроксил гуруҳга эга. Целлюлоза молекуласининг целлобиоз фрагментининг охирида жойлашган гидроксил гуруҳлари бир-биридан сезиларли фарқ қилади. Фрагментнинг битта учида С-1 – гидроксил боғи камроқ фаол альдегид гуруҳини ташкил қилади [5].

Табиий полимер – целлюлозанинг макроструктураси икки фазали аморф-кристалл тизимлардан ташкил топган материал сифатида кўрилади. Целлюлозанинг аморф қисмини кристаллитлар орасидаги маълум бир қисмда

функционал гуруҳларнинг йўналиши, макромолекуланинг бурилиши ва структура элементининг тармоқланиши билан характерланади. Кўрсатилган нуқсонлар биологик синтез жараёни ва пахтанинг ўсиш шароитига боғлиқ бўлган статистик хусусиятга эга.

Сўнгги йилларда целлюлозанинг тартибли, кристалл фазаларининг тузилма хусусиятларини ўрганиш бўйича кўплаб экспериментал ва назарий тадқиқотлар амалга оширилди. Аморф ҳолатини ўрганиш учун майдаланган целлюлозадан тайёрланган порошок намуналарда тадқиқ қилинган [6].

Турли манбалардан олинган целлюлоза молекуляр массаси, кристалл ва аморф қисмлари нисбати каби физик хусусиятлари билан ажралиб туради. Глюкан занжирларининг элементар ячейкада бир-бирига нисбатан жойлашиши целлюлозанинг кристалл ҳолатини белгилайди. Ушбу мақолада калава ип хусусиятларига таъсир этувчи ўзгарувчи параметрлар кўриб чиқилади. Пишганлик даражаси толаларнинг нотеккислигига таъсир қилади. Тадқиқотда толаларни пишганлик даражаси бўйича ажратиш учун диэлектрик сепаратордан фойдаланган ҳолда амалга оширилган эксперимент натижалари келтирилган. Толаларнинг механик ва физик хусусиятлари уларнинг пишганлик даражасига кўра таснифланган [7-8].

Бўёвчи модданинг толали материал билан кимёвий ўзаро таъсири рангнинг мустаҳкамлигини, сувда эрийдиганлигини, ранглар спектрининг кенглигини ва технологиянинг нисбатан соддалигини таъминлайди. Бу целлюлоза толаларидан тайёрланган тўқимачилик материалларини бўяш учун фаол бўёвчи моддаларга талаб юқори эканлиги асосий устунликларидан биридир [9].

Бўёвчи модда мустаҳкамлашни таъминлайдиган асосий жараёнлар бўёвчи модданинг тола юзасига диффузияси ва сорбциясидир. Бўяшнинг якуний мақсади ва сорбция орқали амалдаги фазалараро массалар алмашинувининг натижаси – бўёвчи модданинг тола томонидан мустаҳкамланишидир. Бу ўзаро таъсир бўяшган бўёвчи модда ионининг толанинг қаттиқ фазасига ўтиши ва бўёвчи модданинг толанинг ички тузилишига кириб, турли табиатли боғлар билан мустаҳкамланиши натижасида амалга ошади [10, 11-13].

Сорбция қилинган, аммо мустаҳкамланмаган бўёвчи модда шакли бўялган тўқимачилик материалларини интенсив ювишни талаб қилади, бу технология жараёнининг давомийлигини оширади, сув ва энергетик ресурсларнинг сарфини кўпайтиради ва чиқиндиларнинг бўёвчи модда билан ифлосланишини оширади. Эксплуатация жараёнида рангнинг мустаҳкамлигининг пасайиши кузатилади, бу тайёр тўқимачилик маҳсулотларининг истеъмолчилик хусусиятларига салбий таъсир қилади. Чиқиндиларни ифлосланишини камайтириш ва сув сарфини қисқартириш мақсадида фаол бўёвчи моддалар билан бўялган тўқимачилик

материалларини ювиш ва чиқиндиларни тозалашнинг бир қатор усуллари таклиф қилинган [14-16].

Ушбу мақола генетик модификацияланган пахта толасининг бўйаш жараёнида унинг тузилиши ўртасидаги боғлиқликни ўрганишга ҳамда мазкур навларни тўқимачилик саноатига жорий этишга бағишланган.

Услубий қисм. Изланиш объекти сифатида генетик модификацияланган Порлок-1 (П-1), Порлок-2 (П-2), Порлок-4 (П-4) пахта навлари танлаб олинди, таққослаш учун раёнлаштирилган С-6524 пахта нави олинди.

Толанинг узунлиги, ингичкалиги, етуклиги, мустаҳкамлиги, ранг ва ифлосланиши бўйича параметрларни аниқлаш USTER HVI-1000 замонавий тизимида Америка стандартларига мувофиқ амалга оширилди.

Толадаги ёғ моддалар миқдори экстракция усули билан аниқланди. Толалардаги боғланган ёғли моддалар SOKSLET SOX406 қурилмасида органик эритувчилар билан экстракция қилинди.

Сув бўғининг сорбцияси юқори вакуумли Мак-Бен тарозисида амалга оширилди. Ғовак радиуслари методологияга мувофиқ [17] баҳоланди.

Микроскоп фотосуратлари сканерловчи электрон микроскоп (SEM) SEM ZEISS SIGMA жиҳози ёрдамида олинган.

Намуналарнинг рентгенографик-структуравий таҳлил усуллари DRON-3М рентген дифрактометрида ўтказилди.

Намуналарнинг ранг сифат кўрсаткичлари “Kor Uz Textile Technopark” илмий лабораториясида X-Rite Ci7800 спектроколориметрида аниқланган.

Тадиққот натижалари муҳокамаси.

Тажириба учун пахта толасининг Порлок навлари танлаб олинди:

Порлок-1 ғўза нави РНК- интерференция усули ёрдамида олинган Кокер-312 линияси билан АН-Боёвут-2 навини ўзаро чапиштириш; Порлок-2 ғўза нави РНК- интерференция усули ёрдамида олинган Кокер-312 линияси билан «С-6524» ғўза навини ўзаро чапиштириш; Порлок-4 ғўза нави РНК- интерференция усули ёрдамида олинган Кокер-312 линияси билан Наманган-77 ғўза навини ўзаро чапиштириш натижасида олинган линиялар орасидан кўп марталик танлаш йўли билан яратилган.

1- жадвал

Турли селекцион навли пахта толаларининг хусусиятлари

Пахта толаси кўрсаткичлари	П-1	П-2	П-4	С-6524
Етуклиги, %	76,7	86,4	80,7	80,7
Юқори ўртача узунлик (UHML), мм	31,5	30,9	31,0	28,2

Узунлик бўйича бир хиллик индекси, %	83,5	83,1	82,9	82,3
Солиштирма узилиш кучи, гс/текс	29,5	28,9	29,4	28,4
Узилишдаги узайиши, %	7,4	6,3	6,5	6,8
Калта толалар индекси, %	6,4	6,7	7,6	8,0
Ёғ миқдори, %	0,65	0,67	0,59	0,69
Оқлиги, %	64,4	69,1	71,6	69,0
Куллиги, %	0,35	0,30	0,06	0,49
α -целлюлоза	98,7	98,6	98,8	98,3
Сарғишлик даражаси	4,5	4,2	4,2	4,6
Полимерланиш даражаси, ПД	3300	3300	3800	2900

Танланган толали хомашёнинг сорбцион хусусиятлари ўрганилиб, тузилма хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда рентгенографик-структуравий таҳлили ўтказилди.

Хомашёнинг юза ва ҳажмий хусусиятлари сув буғининг сорбция изотермаси маълумотлари асосида ҳисоблаб чиқилди. Хомашёнинг юза ва ҳажмий хусусиятларини ўрганиш шуни кўрсатадики, янги пахта толаси навлари кенг етиштириладиган навларга нисбатан юза ва ҳажмий хусусиятлари юқори (2-жадвал).

2-жадвал

Турли селекцион нав пахта толаларининг сирт ва ҳажм хоссалари

Сифат кўрсаткичлари	Пахта толаси нави			
	С-6524	П-1	П-2	П-4
Бир қатламли сиғим X_m , г / г	0,0105	0,0219	0,0118	0,0109
Сирт майдони S_{cm} , м ² /г	36,75	76,98	41,52	70,97
Умумий ғоваклар ҳажми W_0 , см ³ /г	0,048	0,072	0,058	0,077
Капиллярлар радиуси R_k , Å	26,12	28,18	18,71	21,91
Кристалланиш даражаси, %	84	84	86	85

Генно-модификация қилинган пахта толасининг «Порлок» навлари тузилма хусусиятларини чуқурроқ ўрганиш учун тадқиқ қилинган намуналарнинг рентгеноструктур таҳлили ўтказилди.

Пахта целлюлозасининг кристалллик даражаси 70% ни ташкил этади. Кристалл ҳудудидаги функционал – ОН гуруҳлар мавжуд эмас ёки кам фаолликка эга. Бу омил кўп жиҳатдан тўқимачилик материалларига кимёвий

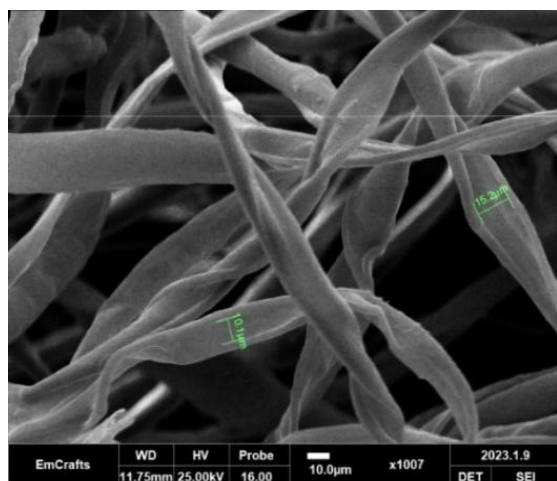
ишлов бериш жараёнидаги диффузия жараёнларининг юз бериш хусусиятларини аниқлаб беради.

3-жадвал

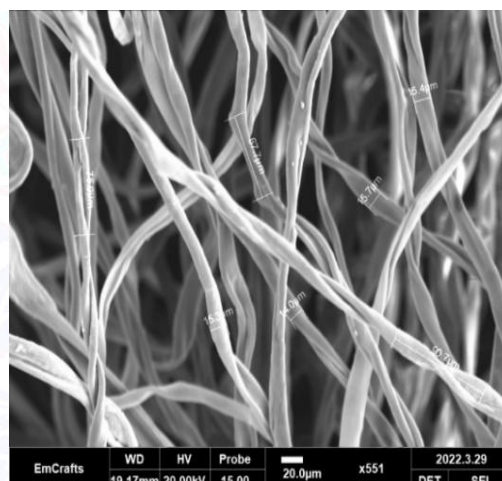
Турли хил пахта толаси навларининг текисликкаро масофалари ва кристаллит ўлчамлари

Нав	Текисликлараро масофалар d(Å)					Кристаллит ўлчамлари (Å)			
	$d_{(101)}$	$d_{(101)^{-}}$	$d_{(002)}$	$d_{(040)}$	λ	L3	L4	L5	L7
C-6524	6,109	5,47	3,892	2,564	1,5418	80,146	80,306	135,187	83,363
P-1	6,026	5,539	3,952	2,578	1,5418	80,163	80,286	115,803	83,317
P-2	6,026	5,539	3,892	2,571	1,5418	80,163	80,286	115,874	119,057
P-4	6,326	8,043	3,986	2,622	1,5418	20,025	26,624	115,763	83,182

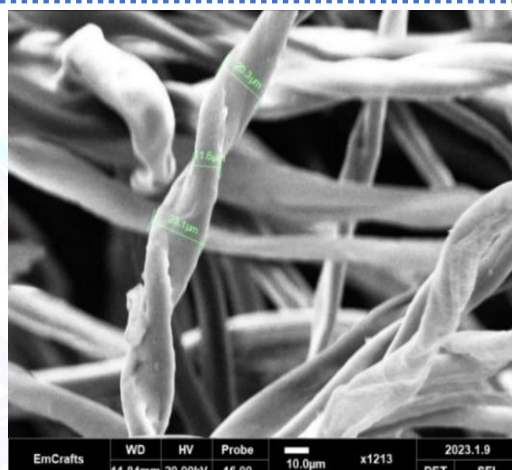
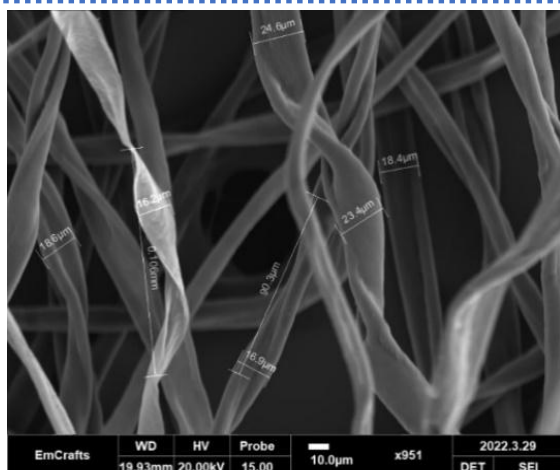
Қутилар (коробочки) очилиш жараёнида тола ҳаво билан тўқнашиб, қурийди ва ўз ўқи атрофида S ёки Z йўналишларда бурилади. Сканерловчи электрон микроскоп ёрдамида ўтказилган пахта толаси намуналарининг микроскопик тадқиқотлари натижалари 1-расмда келтирилган.



а



б



1-расм. Пахта толаси намуналарининг SEM фотосуратлари:

а – П-1; б – П-2; в – П-4; г – С-6524

SEM ёрдамида олинган пахта толаси намуналарининг фотосуратлари таҳлили ҳам турли селекцион навли пахта толаларининг геометрик параметрларидаги фарқларни тасдиқлайди (4-жадвал).

4-жадвал

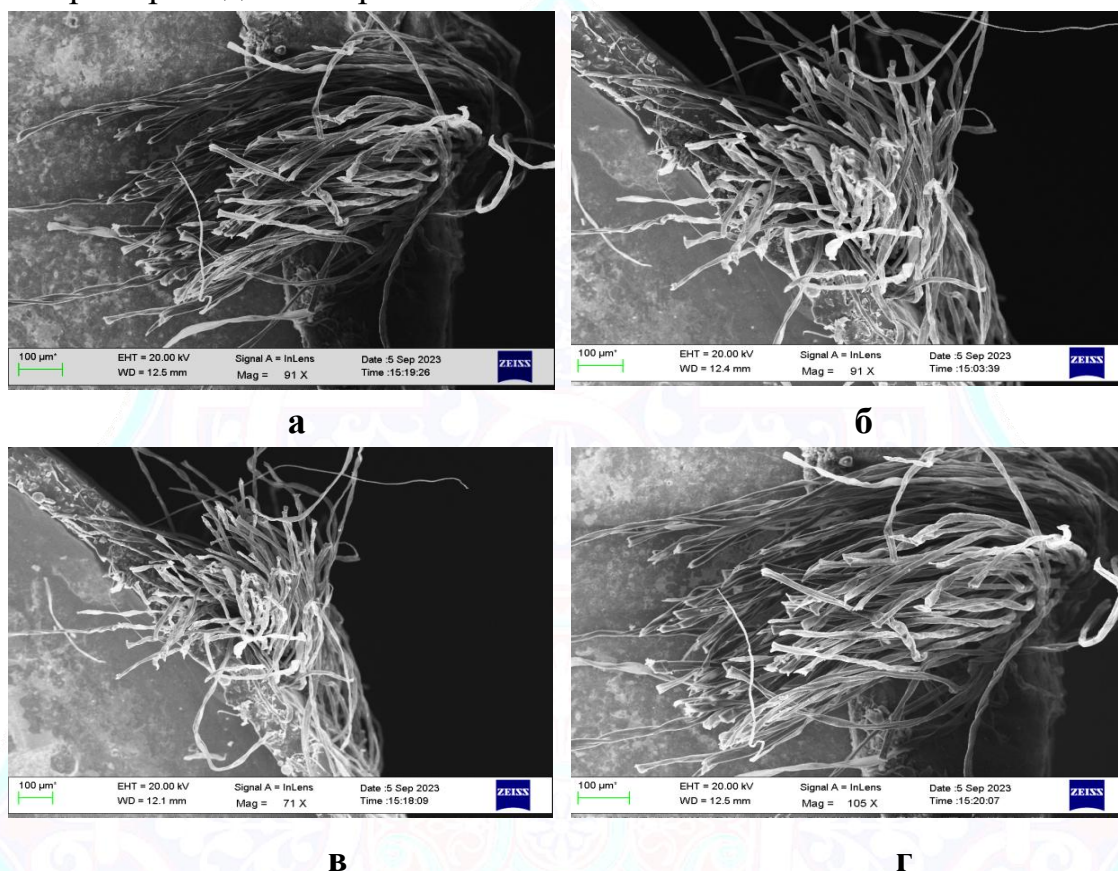
Турли селекция навли пахта толаларининг ўртача геометрик кўрсаткичлари

№	Тола эни, мм	Бурамлар узунлиги, мм	Қалинлиги, мм
Порлок-1			
1	0,0464	0,07135	0,005
Порлок-2			
2	0,0179	0,0662	0,0002
Порлок-4			
3	0,0328	0,0813	0,002
С-6524			
4	0,0217	0,0835	0,0146

Тадқиқ қилинган калава ипларнинг кесим майдонлари, элементар толалар эгаллаган майдонлар ва турли тузилма-ҳажм хусусиятларига эга бўлган калава иплардаги бўшлиқлар майдони ҳисобланган. Ушбу тадқиқотлар толали хомашёнинг тузилма-сорбцион хусусиятларининг боғланган бўёвчи модда миқдорига таъсирини аниқлаш учун муҳимдир.

Таъкидлаш жоизки, пахта толасидан тайёрланган калава иплар ўзига хос тузилмага эга. Солиштирилаётган пахта калава иплари: П-1, П-2, П-4 ва С-6524.

“SEM ZEISS SIGMA” маркали сканерловчи электрон микроскоп ёрдамида ўтказилган калава иплнинг кесим намуналарининг микроскопик тадқиқотлари натижалари 2-расмда келтирилган.



2-расм. Калава ипларнинг кўндаланг кесими:

а– П-1; б– П-2; в– П-4; г– С-6524

Тажирибалар натижасида, “Порлок” селекцион навли пахта толаси ва улар асосидаги калава ипларининг структуравий-ҳажмли, геометрик характеристикалари ҳамда толалар миқдори бўйича натижалар 5-жадвалда келтирилган.

5-жадвал

“Порлок” селекцион навли пахта толаси ва калава ипларининг структуравий-ҳажмли, геометрик характеристикалари ҳамда толалар миқдори

Пахта нави	Сирт майдони $C_{cm}, m^2 / \Gamma$	Умумий ғоваклар ҳажми $W_0, cm^3 / \Gamma$	Капиллярлар радиуси $R_k, \text{Å}$	Тола диаметри		Калава ипда толалар сони, та	Калава ип диаметри мм
				микрометр μm	мм		
Порлок-1	76,98	0,072	28,18	12,8	0,0128	57/59	0,153
Порлок-2	41,52	0,058	18,71	10,21	0,0102	60/65	0,142
Порлок-4	70,97	0,077	21,91	8,88	0,0088	72/73	0,142

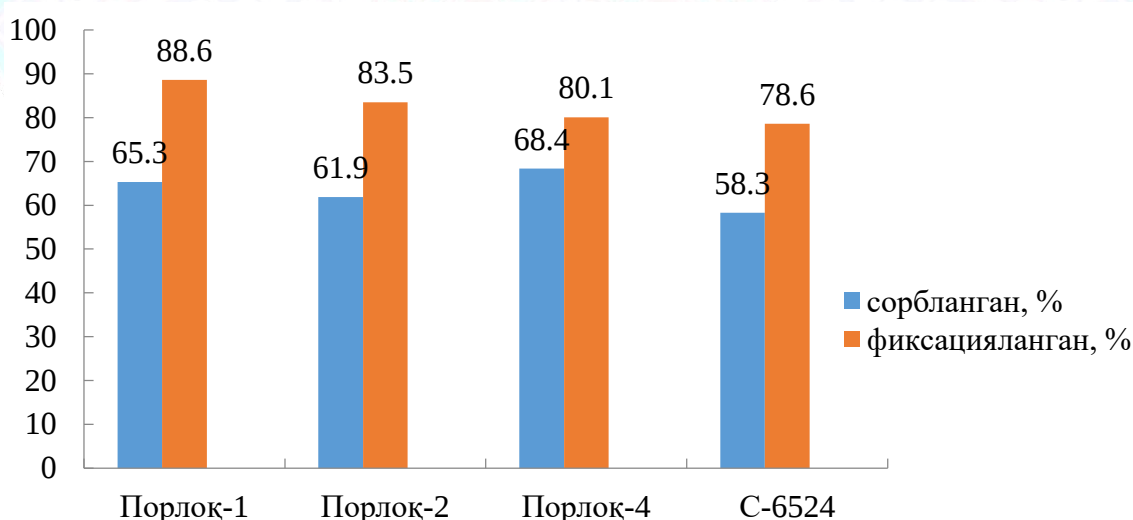
C-6524	36,75	0,048	26,12	13,5	0,0135	51/55	0,155
--------	-------	-------	-------	------	--------	-------	-------

3-расм ва 6-жадвалда турли хил пахта навлари учун кесим юзаси майдони бўйича кўрсаткичлари ҳамда сорбланган ва фиксацияланган бўёвчи модда миқдорининг ҳисоби келтирилган.

6-жадвал

Пахта навлари бўйича кесим юзаси бўйича кўрсаткичлари қийматлари

Пахта нави	Калава ип кесим юзаси, C_k , мм ²	Тола кесим юзаси C_T , мм ²	Калава ип кесим юзасидаги толалар қисми C_k^1 , мм ²	Кесим юзаси бўшлиқ кесими C_6 , мм ²	Нисбий кесим юзасидаги бўшлиқ, δ , %
Порлок-1	0,01838	0,0000999	0,005794	0,012586	68,50
Порлок-2	0,015828	0,000081672	0,006370	0,009458	59,75
Порлок-4	0,015828	0,00006079	0,004437	0,011391	71,90
C-6524	0,01886	0,0001431	0,006438	0,01242	65,86



3-расм. Сорбланган ва фиксацияланган бўёвчи модда миқдори

ХУЛОСА

- Генно-модификация қилинган пахта толасининг П-1, П-2 ва П-4 навлари билан районлашган “С-6524” навининг толалари ўртасида қиёсий таҳлил ўтказилди. "Порлок" пахта толасининг янги навлари ўзларининг тузилма хусусиятлари билан боғлиқ сифат кўрсаткичлари бўйича районлашган навлардан фарқ қилади.

- П-1 ва П-4 селекция навлари катта сирт юзага эга бўлиб, бу кўрсаткичлар мос равишда 2 ва 1,9 марта юқоридир. Шу билан бирга, П-1, П-2 ва П-4 навлари учун умумий ғоваклар ҳажм кўрсаткичлари "С-6524" районлаштирилган навга нисбатан 1,5, 1,2 ва 1,6 марта кўпдир;

- "Порлок" селекция навлари ва "С-6524" нав кўрсаткичларида фарқлар қайд этилди. Пахта толасининг янги навлари юксакроқ типга мансуб бўлиб, улар яхшироқ геометрик хусусиятлар яъни ингичкалиги ва тола узунлиги кўрсаткичлари билан характерланади;

- Тадқиқот натижаларига кўра, П-2 ва П-4 навларининг кесим юзаси энг кичик қиймати 0,015828 мм² ни ташкил қилади. Аммо П-2 пахта нави учун кесим юзасидаги бўшлиқ кўрсаткичи $S_b=59,75\%$, П-4 пахта нави учун эса 71,9% ни ташкил этди;

- Солиштирилаётган пахта навлари орасида энг ингичка тола П-4 навида аниқланди, тола диаметри 0,0088 мм га тенг. Ушбу тола асосида олинган калава ипнинг диаметри 0,142 мм ни ташкил қилганда, толалар сони 73 тага етади, толалар ўртасидаги бўшлиқлар ҳажмининг максимал қиймати 0,077 см³/г ни ташкил қилади. Толадаги капиллярларнинг радиуси катта бўлмай, $21,91 \times 10^{-4}$ мм га тенг. Юқорида келтирилган кўрсаткичлар бошқа пахта толаларида ҳам юқори даражада эмас.

- Турли селекция навли толаларнинг микро-макро тузилмаларига қараб сорбланган ва фиксацияланган бўёвчи модда микдори ўрганилди. Фиксацияланган бўёвчи модда микдори толанинг умумий ғоваклар ҳажми, калава ипдаги толалар сони ва калава ипнинг кесим юзасидаги бўшлиқ майдонига боғлиқлиги аниқланди.

АДАБИЁТЛАР РЎЙҲАТИ

1. YanjunZhang, HezhongDong -Yield and Fiber Quality of Cotton -Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials Volume 2, 2020, Pages 356-364.
2. Quevedo Yeison M., Moreno Liz P. Predictive models of drought tolerance indices based on physiological, morphological and biochemical markers for the selection of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) varieties// Journal of Integrative Agriculture. –2022, –№21(5). –P. 1310–1320.
3. He Peng1, Zhang Hui-zhi1. The GhMAX2 gene regulates plant growth and fiber development in cotton//Journal of Integrative Agriculture. – 2022. –№21(6). –P. 1563-1575.
4. Худайбердиева Д.Б., Содикова Г.К., Мамаджанова С.А. Structural and performance properties of new Varieties of cotton fiber // Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities. –Vol. 12. Issue 2022, 3 March.

5. Иоелович М. Я. Модели надмолекулярной структуры и свойства целлюлозы // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 2016. – Т. 58. – № 6. – С. 604–624.
6. Якунин Н.А. Изменение надмолекулярной структуры хлопковых волокон при сорбции паров воды// Высокомолекулярные соединения, Серия А, 2003. – Т. 45, –№ 5. С. 767–772.
7. Inder M. Saxena, Malcolm R. Brown, jr*. Cellulose Biosynthesis: Current Views and Evolving Concepts// Ann Bot. –2005 Jul. –№ 96(1). –Р. 9–21.
8. Рахматуллинов Ф.Ф., Матисмаилов С.Л. и др. Рассортировка волокон по степени зрелости и ее влияние на показатели качества пряжи//Известия высших учебных заведений Технология текстильной промышленности. – 2019. –№ 6 (384) –С.121–125.
9. Измайлов Б.И. Ассортимент применяемых красителей для текстильных материалов / Измайлов Б.И., Шарипов Р.М., Валеева Л.Д. Гадельшина Э.А., Вильданова А.И.// Вестник технологического университета. –Казань, 2015. –Т.18. –№15.–С. 180–182.
10. Карпов В.В., Пачева Н.А. Активные красители сегодня // Текст.пром. –2002. –№10. –С. 16–18.
11. Nikolaeva N.V. Analysis of the properties of active dyes. March 2021. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 677(5):052046. DOI:10.1088/1755-1315/677/5/052046.
12. Arifuzzaman Khan G.M. Dyeing of Cotton Fabric with Reactive Dyes and Their Physico-Chemical Properties// Indian Journal of Fibre & Textile Research January, 2008.
13. Broadbent A.D. Basic Principle of Textile Coloration// A.S.T.M., 2001; 1: 337. <https://www.cottoninc.com/quality-products/nonwovens/cotton-fiber-tech-guide/cotton-morphology-and-chemistry/>.
14. Burkinshaw S., Kabambe O. / Attempts to reduce water and chemical usage in the removal of reactive dyes: Part 1 bis (aminochlorotriazine) dyes / Chemistry, Environmental Science/ Dyes and Pigments Published. – Vol.83. Issue 3. December, 2009. – P. 363 –374.
15. Cai Y., Su S., Navik R., Zhang, P., Lin, L. Reactive dyeing of ramie yarn washed by liquid ammonia Reactive dyeing of ramie yarn washed by liquid ammonia// Cellulose. –2018. – Vol. 25. – P. 1463–1481.
16. Yin, C., Zhang L.-P., Zhong Y., Mao Z.-P. Washing-off of unfixed reactive dyes on cotton fabrics using Fe-TAML/H2O2 catalyzed oxidation system. Journal of Donghua University (English Edition), 2015.
17. The Kubelka-Monk Theory and K/S. Applications note. Vol. 18. 2018., No. 7. – P. 3-8.