

**Ma'murjon TURSUNOV,**

*O'R FA Genetika va O'simliklar eksperimental biologiyasi instituti tayanch-doktoranti*

*mamurjontursunov483@mail.com*

*Tel: (99) 467 57 92*

**Normo'min SANAYEV,**

*O'R FA Genetika va O'simliklar eksperimental biologiyasi instituti b.f.d.*

*Tel: (93) 576 88 24*

**Marufjon ERGASHEV,**

*Guliston Davlat universiteti Biologiya kafedrasida b.f.f.d. dots.*

*Tel: (99) 097 99 83*

**Musurmon MADRAKHIMOV,**

*Guliston Davlat universiteti Biologiya kafedrasida o'qituvchisi*

*Tel: (97) 616 06 81*

*Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali, b.f.n., dots. Z.Abdikulov taqrizi asosida*

## **TYPES OF LEAF TRICHOME AND THE RELATIONSHIP OF ITS POSITION IN SAMPLES *G.HIRSUTUM L.*, *G.BARBADENSE L.***

Annotation

This article examines the morphology of trichomes exhibiting the phenotype of leaf and stem hairiness in varieties and lines of cotton *G. hirsutum L.*, *G. barbadense L.*, their similarities and differences, as well as the order of arrangement and ratio of occurrences on leaves were subjected to comparative analysis.

**Key words:** Trichome, cotton, barbadense, hirsutum, hairy, glabrous stem, leaf, adaxial, abaxial, lamellar, marginal.

## **ВИДЫ ЛИСТОВОЙ ТРИХОМЫ И СООТНОШЕНИЕ ЕГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ *G.HIRSUTUM L.*, *G.BARBADENSE L.***

Аннотация

В данной статье рассмотрена морфология трихом, проявляющих фенотип волосистости листа и стебля у сортов и линий хлопчатника *G. hirsutum L.*, *G. barbadense L.*, их сходства и различия, а также порядок расположения и соотношение встреч на листьях были подвергнуты сравнительному анализу.

**Ключевые слова:** Трихома, хлопчатника, barbadense, hirsutum, волосатый, стебель голый, лист, адаксиальный, абаксиальный, пластинчатый, краевой.

## ***G.HIRSUTUM L.*, *G.BARBADENSE L.* NAMUNALARINING BARG TRIXOMA TURLARI VA UNING JOYLASHISH NISBATI.**

Аннотация

Ushbu maqolada g'ozaning *G. hirsutum L.*, *G. barbadense L.* nav va tizmalarida barg va poyaning tuklilik fenotipini namoyon qiluvchi trixomalarning morfologiyasi, ularning o'xshashlik va farqlari hamda bargning turli qismlarida joylashish va uchrash nisbatiga ko'ra qiyosiy tahlil qilindi.

**Kalit so'zlar:** Trixoma, g'oz, barbadense, hirsutum, pilos, yalang'och poya, barg, adaksial, abaksial, laminal, marginal.

**Kirish.** G'oz qishloq xo'jaligida asosiy ekinlardan biri bo'lib, asosan to'qimachilik sohasida qo'llaniladi. Poya va barglardagi trixomalarga o'xshash tuzilgan to'qimachilik tolalari, maxsus epidermal hujayralardan hosil bo'ladi. G'oz o'simligining yuzasi va tashqi muhit o'rtasida to'siq bo'lib xizmat qiluvchi trixomalar, uzunligi, zichligi va novdasi bilan biotik va abiotik stresslardan himoyalangan. Trixomalar g'ozaning so'ruvchi zararkunanda-hasharotlar, ayniqsa fitofag hasharotlardan himoya qilishda muhim ahamiyatga ega [8].

Morfologik jihatdan trixomalar o'simliklarning sirtqi qismi hamda muhit o'rtasida bufer zona bo'lib xizmat qiluvchi asosiy omillardan biri bo'lib, o'simliklarni noqulay ekologik sharoitlardan va zaharli kimyoviy moddalardan himoya qiladi. X.Guan va boshqalarning ta'riflashicha trixomalarning vazifalari aniq bo'lmasada, ular odatda quruqlikdagi o'simliklarni hasharotlardan, patogen va o'txo'rlardan himoya qiladi deb tushuniladi [3].

G'ozaning o'sishi va rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan hasharotlar nafaqat hosildorlikning sifatini pasaytiradi, balki o'simliklarga virus va kasalliklarni ham tarqatadi. Bundan tashqari, trixomalar barglarni butunlay qoplab olishi orqali ultrabinafsha nurlarining ta'sir doirasini kamaytiradi [15]. Bu esa, suv yo'qotilishini minimallashtiradi.

Trixomalar g'ozaning qimmatli-xo'jalik belgilari uchun indikator vazifasini o'tashi mumkin. Chunki trixomalarning irsiylanish xarakteri ularning qimmatli-xo'jalik belgilari bilan o'zaro korrelyatsion aloqadorligini ochib berish, tuklanishning to'g'ri variantlarini tanlab olish, hamda seleksionerga yordamchi material berish dolzarb hisoblanadi.

**Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili.** Arabidopsis kabi bazi o'simlik trixomalari va poya epidermal hosilalarining rivojlanishi, chambarchas bog'liq bo'lgan hujayra siklida, transkripsiya omillari va shunga o'xshash lateryal blok signalizatsiya yo'lini o'z ichiga olgan umumiy mexanizmdan foydalanadi. Trixomalar ko'pchilik o'simliklarning sirtqi qismida bo'lib, ular paprotniklardan tortib, gulli o'simliklarga bo'lgan shakllarda uchraydi [5]. *G. hirsutum L.* va *G. barbadense L.* namunalarining barg va poya tuklanishini ham trixomalar belgilaydi. Uebber, (1938) g'oz barglari va poyalarida uchraydigan epidermal o'simtalarning uch turini ta'riflagan: ko'p hujayrali kapitat tuklar, yulduzsimon tuklar va oddiy tuklar. Oddiy tuklar yulduzsimon tuklarning xosilasi sifatida tasvirlangan bo'lib, yulduzsimon tuklarning bir qismi hisoblanadi. Yulduzsimon tuklar bargning adaksial va abaksial yuzalarida uchraydi, odatda abaksial yuzada ko'proq bo'ladi. *Gossypium* turlarida oddiy tuklar, barglarining yulduzsimon tuklari orasida uchraydi [2]. Jeffri (1986) trixoma turlarini sanab o'tadi: 1) oddiy bir hujayrali 2) ko'p hujayrali bir qatorli, 3) ko'p hujayrali ko'p qatorli 4) 2-5 shoxlangan, 5) yulduzsimon, 6) dendritik yoki daraxtsimon 7) peltat. Meyer, (1957) *Gossypium hirsutum L.* turida tuklilikning uchta fenotipini, yalang'och (silliqlik barg, tuklar yo'q), hirsut (o'rta uzunlikdagi, o'rtacha zichlikda) va pilos (qisqa, zich tukli) tan olgan. Kimyoviy moddalar hosil qiluvchi tuklar bezli, kimyoviy moddalar hosil qilmaydigan tuklar bezli bo'lmagan trixomalar

deyiladi. Bu moddalar hasharotlarning harakatlanishi, oziqlanishi va yashashiga to'sqinlik qilishi mumkin [4]. Teobald va Bartlott, barglarda trixomalarning tarqalishiga qarab, uchta toifaga: katta, kichik va bezli trixomalarga ajratdi. Katta trixomalar asosan abaksiyal va chetki qismlarda hamda tomir to'plamlarida tarqalgan bo'lsa, stomatal para hujayradagi kichik trixomalar hamda bezli trixomalar odatda barg subepidermal to'qimalarning barcha yoki bir qismida doimiy taqsimlangan [11]. Bundan tashqari, trixomalar shoxlangan, dendritik, bir tutam (tufted) yoki yulduzsimon turlarga ajratilgan [7]. Wanjura va Meredit va boshqalarning (1976-1996) takidlashicha, trixomalar, g'oz tolasining barg bilan ifloslanishini ko'paytiradi, bu esa tola sifatini pasaytiradi [13]. Trixomalar o'rtasidagi asosiy farq "bezli" va "bezli bo'lmagan" fenotipik ko'rinishidir. Bezli bo'lmagan trixomalarni farqlashda asosan ularning morfologiyasiga qaraladi. Bezli trixomalarni farqlashning asosiy ko'rsatkichi odatda ular chiqaradigan, to'playdigan yoki absorbttsiyalaydigan sekretor materiallardir. Ularning har ikkalasi ham bir hujayrali yoki ko'p hujayrali, shoxlangan yoki shoxlanmagan bo'ladi. Shoxlanmagan ko'p hujayrali trixomalar bir qatorli, ikki va ko'p qatorli bo'lib, uzunligi, o'lchami va hujayra shakli bo'yicha farqlanadi va ularning uchlari o'tkir yoki to'mtoq bo'ladi. Shoxlangan ko'p hujayrali trixomalar bir hujayrali yoki ko'p hujayrali, turli uzunlikdagi, teng yoki teng bo'lmagan, vertikal yoki gorizontal tekislikda, muqobil, qarama-qarshi yoki birdan ko'p bo'lakchagacha bo'lib, tupsimon ko'rinishga ega bo'ladi [12]. Smit (1964) g'oz barg laminalidagi trixomalarning o'rtacha har  $sm^2$  uchun ularning soni 2 dan 205 gacha, o'zgarib turishini takidlaydi. Bourland (2003) va boshqalar o'z tadqiqotlarida barglardagi tuklanishning nisbiy zichligi, tarqalishi va uzunligini vizual tekshirishga asoslangan bargning tukliligini baholash tizimini taklif qildi va uni trixoma zichligi va joylashuvi va mustahkamligi bilan taqqoslash orqali tasdiqladi. Taklif etilayotgan tizim 1 (silliqli barg), 3 (engil tukli), 5 (tukli), 7 (juda tukli) va 9 (pilos) shkalasi yordamida bargning abaksiyal yuzasida trixomalarning vizual reytingini o'z ichiga olgan. Agar trixoma zichligi bir xil bo'lmasa, yengil tukli barg uchun "2" oraliq reyting qo'llaniladi. Juft raqamli reytinglar asosiy reyting sinflari orasida ko'rinadigan o'simliklarga berilishi mumkin. Barglardagi tuklanish, o'simlikning boshqa qismlari bilan birgalikda, jumladan, poya, barg chetlari va novdalardagi tuklanishdan mustaqil ravishda baholanadi [1]. Trixoma miqdori va murakkabligi asosiy barglarda o'lchangan va odatda o'simlikning asta-sekin rivojlanishi bilan yangi barglarda ko'payishi aniqlangan [9]. Epidermisning ixtisoslashgan hujayralaridan hosil bo'lgan va o'simliklar rivojlanishi va o'sishi uchun qimmatli resurslarni ta'minlaydigan muhim o'simlik organi bo'lgan trixomalarning molekulyar transkripsiya omillari, fitogormonlar va epigenetik modifikatsiya omillari chuqur o'rganildi [10].

Skanerli elektron mikroskop (SEM) bilan birgalikda olib borilgan rentgen mikrotahlili, yetuk trixomalarda yuqori kaltsiy miqdori (ehtimol, kaltsiy karbonat) mavjudligini ko'rsatdi, bu esa sirt papillalari (bo'rtiqchalar) bilan bog'langan [6].

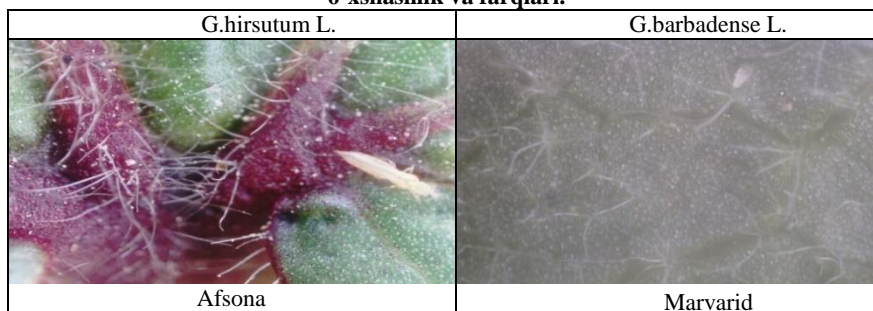
Bourland va boshqalarning 2007 yilgi tadqiqotlarida barg cheti trixoma zichligi, abaksiyal barg trixomasi zichligi bilan kuchsiz darajada salbiy korrelyatsiya borligini, lekin barg chetlari va poyalaridagi trixoma zichligi bilan sezilarli korrelyatsiyani ko'rsatdi. Bu natijalar Smitning (1964) tajribalaridan farq qilib, u bir nechta g'oz navini o'rganib, abaksiyal barg yuzasi va barg chetidagi trixomalar soni o'rtasida kuchli, ijobiy korrelyatsiyani aniqlagan [2].

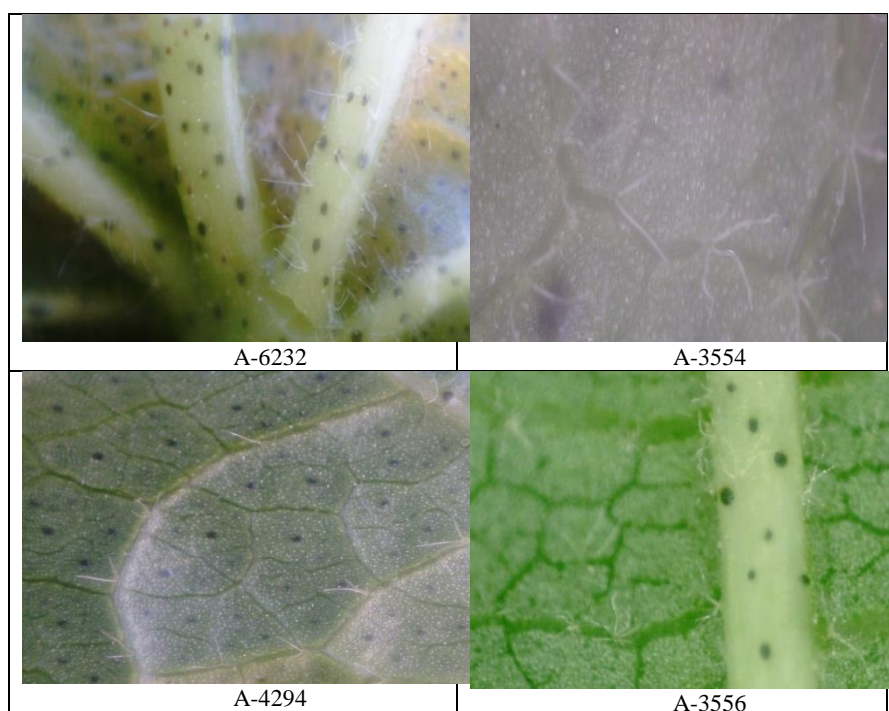
Oxirgi yillarda kompyuter texnologiyasining rivojlanishi va sun'iy intellektning rivojlanishi tufayli o'simliklarning har xil xususiyatlarini aniqlash hamda ularni sifatini yaxshilash maqsadida, Deep Learn-chuqur o'rganish (DL) qo'llanildi. DL algoritmlari tasvir tahlillarini tezlashtiradi va avtomatlashtiradi, shu bilan birga ma'lumotlarga asoslangan bashoratlar orqali murakkab biologik xususiyatlarni ajratish imkoniyatini beradi. Elektron mikroskop tasvirlarini skanerlash natijasida makkajo'xori kabi o'simliklarning trixoma zichligi va uzunligini aniqlash uchun chuqur konvolyatsion neyron tarmog'idan foydalanadigan trixomani aniqlash va o'lchashning avtomatlashtirilgan usuli yaratilgan. Bu usul orqali, trixomalarni 92,1% aniq identifikatsiyalashga erishilgan [14].

**Tadqiqot metodologiyasi.** Tadqiqot obekti sifatida O'ZR FA Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi instituti (GO'EBI) ga qarashli *G. hirsutum L. turiga mansub Afsona*, L-10, A-6232, A-3900, A-4294, A-6140, hamda *G. barbadense L. turiga mansub* A-3554, A-3556, A-4384, Marvarid kabi nav va liniyalaridan foydalaniladi. Tadqiqotlar Toshkent viloyati Qibray tumanida joylashgan Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi institutining "Do'rmon" tajriba bazasida olib borildi. Yer maydoni 150 m uzunlikda bo'lib, 5 m uzunlikdagi 200 qatorga 1x20x60 sxemada ekildi. Tadqiqotlar olib borilayotgan o'simlik bargi va poyasidagi trixomalar Levenhuk DTX500 mobi mikroskoplarida tekshirildi.

**Tahlil va natijalar.** Levenhuk DTX500 mobi mikroskoplarida tekshirilgan namunalarda barg trixopolaridan o'sib chiqqan turli xildagi trixomalarni ko'rish mumkin. Bu materiallar gullashgacha bo'lgan vegetatsiya davrida identifikatsiya qilingan bo'lib, *G. hirsutum L.* va *G. barbadense L.* namunalarning trixoma turlari, zichligi, uzunligi hamda joylashish nisbati bargning har xil qismlarida uchrashi hamda ularning fenotipining o'xshashlik va farqlari keltirilgan (1-rasm).

***G. hirsutum L.* va *G. barbadense L.* namunalarning barg tuklilik fenotiplari va trixomalar turlari hamda ularning o'xshashlik va farqlari.**





Tadqiqotlarda *G.hirsutum* L. turning Afsona, L-10, A-6232, A-3900, A-4294, A-6140, hamda *G.barbadense* L. turning A-3554, A-3556, A-4384, Marvarid nav va tizmalari tanlab olindi hamda barg sirtida trixoma zichligi, uzunligi, joylashish tartibi gullashgacha bo'lgan vegetatsiya davri mobaynida o'rganildi (1-jadval).

\* 1-jadval

Nav yoki tizma	Barg qismlari							
	Abaksial qismidagi trixomalar uchrash nisbati							
	Laminal			Asosiy va vena tomirlari			Marginal	
Trixoma zichligi	Joylashish tartibi	Trixoma uzunligi	Trixoma zichligi	Joylashish tartibi	Trixoma uzunligi	Trixoma zichligi	Trixoma uzunligi	
Afsona /G.h/	O'rtacha	Markaziy asosida ko'proq	O'rtacha uzun	O'rtacha	Asosiy tomirlarda ko'proq	O'rtacha uzun	Yuqori	Uzunroq
L-10 /G.h/	Yuqori	O'rta qismida ko'p	O'rtacha uzun	Yuqori	Bir xilda	O'rtacha uzun	Yuqori	O'rtacha
A-3900 /G.h/	Kam	Markaziy asosida ko'proq	O'rtacha	O'rtacha	Asosiy tomirlarda ko'proq	O'rtacha	O'rtacha	O'rtacha
A-4294 /G.h/	Kam	Markaziy asosida ko'proq	O'rtacha	O'rtacha	Asosiy tomirlarda ko'proq	O'rtacha	Kam	O'rtacha
A-6140 /G.h/	Kam	Markaziy asosida ko'proq	Uzun	Kam	Asosiy tomirlarda ko'proq	Uzun	O'rtacha	Uzun
A-6232 /G.h/	Juda kam	Markaziy asosida ko'proq	Uzun	Kam	Asosiy tomirlarda ko'proq	Uzun	O'rtacha	Uzun
Marvarid /G.b/	Kam	O'rta qismida ko'p	Kalta	O'rtacha	Asosiy tomirlarda ko'proq	Kalta	Kam	Kalta
A-4384 /G.b/	Haddan tashqari kam	Markaziy asosida ko'proq	Kalta	Kam	Asosiy tomirlarda ko'proq	Kalta	Juda kam	Kalta
A-3556 /G.b/	Haddan tashqari kam	Markaziy asosida ko'proq	Kalta	Kam	Asosiy tomirlarda ko'proq	Kalta	Juda kam	Kalta
A-3554 /G.b/	Haddan tashqari kam	Markaziy asosida ko'proq	Kalta	Kam	Asosiy tomirlarda ko'proq	Kalta	Kam	Kalta

*G.hirsutum* L. va *G.barbadense* L. namunalarning barg trixoma fenotiplari tasnifi (gullashgacha bo'lgan vegetatsiya davrida)

Shuningdek, trixomalar uzlungi bo'yicha uzundan, o'rtacha uzunlikgacha bo'lgan ko'rsatkichlarga ega bo'lib, trixoma zichligi o'rtacha (o'rtachaning minimali) bo'lgan Afsona navining trixomalari nisbatan uzun, trixoma zichligi yuqori bo'lgan L-10 namunasining trixomalari o'rtacha uzunlikdagi ko'rsatkichni namoyon qilgan.

Trixomalar joylashish tartibi bo'yicha tomirlarda ko'proq bo'lib, ularning barg laminal va boshqa qismlariga tarqalib rivojlanishi tomirlardan boshlanganligini bildiradi. Bundan tashqari trixomalarning zichligi, uzunligi hamda joylashish tartibi ularning nisbatan noqulay sharoitlarga moslashish ko'rsatkichi bo'lishi mumkin degan farazni ilgari surish mumkin. Trixomalarning uzunligi hashorotlarga nisbatan ayniqsa, barg tomirlaridagi trixomalar zichligi muhim ahamiyatga ega. Chunki suv va unda erigan oziqa moddalar barg tomirlarida harakatlanib, butun barg laminal hujayralarini taminlaydi. Shuningdek, pilos harakterga ega barg o'simlikning transpiratsiya jadalligini to'xtadi bu esa, ularning suvsizlikka chidamliligini oshiradi. Lekin trixomalarning zichligi tola sifatiga ta'sir qilishi mumkin. Bunda g'o'zaning pishib yetilish davrida qurub qolgan barglar qovjirab toлага yopishish extimolini oshiradi. Ayniqsa barg cheti trixomalari yakka, ikkitalik, uchta, egilgan va ilgaksimon trixomalardan iborat bo'lsa, toлага yopishish darajasi yuqori bo'ladi. Yulduzsimon trixomalarning yassi va yostiqsimon shakldagi ko'rinishlari, toлага yopishish darajasi pastroq bo'lishi mumkin. Shuningdek, bizning tadqiqotlarimizda *G.barbadense* L namunalimiz barg trixoma zichligi bo'yicha haddan tashqari kam va kam tuklanish xarakterini namoyon qilgan. Bunda A-4384, A-3556, A-3554 namunalari zichligi eng kam tuklanish harakteriga ega bo'lib, asosan kalta va yulduzsimon trixomalar uchragan. Barg marginal qismida ham asosan yulduzsimon va yotiq klasterli trixomalar uchragan. Bu ularning defolyantlar bilan ishlangan barglarning, toлага yopishish effektini kamaytirishi mumkin. Ammo boshqa tomondan hashorotlar uchi o'tkir trixomalardan ko'proq aziyat chekishini hisobga olib, ularni hashorotlar bilan zararlanishi yuqori bo'lishi ehtimoldan holi emas.

**Xulosa va takliflar.** Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, tanlab olingan materiallarning barg trixomalari joylashish tartibi, zichligi, uzunligi qiyosiy tahlil qilindi. Bunda *G.hirsutum* L hamda *G. barbadense* L. nav va tizmalarining namunalari o'rtasida farqlar kuzatildi. Asosiy farq bargning turli qismlaridagi trixoma turlari, zichligi hamda joylashishida namoyon bo'ldi. Bundan xulosa qilib aytadigan *G.barbadense* L. turlarida asosan yulduzsimon va klasterli trixomalar kaltaroq, siyrakroq bo'lib joylashgan. Shuningdek, *G.hirsutum* L. namunalarida asosan uzun yakka, ikkitalik hamda yulduzsimon va klasterli trixomalar zichroq bo'lib joylashgan. Yuqorida keltirilgan malumotlar asosan g'o'zaning tuklilikni namoyon qiluvchi barg trixomalarining o'simlik rivojlanishida, tashqi ta'sirlarga javob reaksiyalariga, hamda tola yetishtirishdagi o'rni benihoya katta ekanligini takidlaymiz.

#### ADABIYOTLAR

1. Bourland, F.M., J.M. Hornbeck., A.B. McFall and S.D. Calhoun. 2003. A rating system for leaf pubescence of cotton. *J. of Cotton Sci.*, 7: 8-15. (16)
2. Hornbeck J.M. and Bourland F.M. Visual Ratings and Relationships of Trichomes on Bracts, Leaves, and Stems of Upland Cotton. *The Journal of Cotton Science* 2007;11:252-258.
3. Guan X.Y, Yu N, Shangguan X.X, Wang S, Lu S, Wang L.J, Chen X.Y. Arabidopsis trichome research sheds light on cotton fiber development mechanisms. *Chin Sci Bull.* 2007; 52:1734-41.(12)
4. John Peter A., Shanower T.G., and Romeis J. (1995). The role of plant trichomes in insect resistance: a selective review. Crop Protection Division, ICRISAT Asia Center., Patancheru, A.P. 502 324, India.
5. Larkin J. C, Brown M. L, Schiefelbein J. How do cells know what they want to be when they grow up? // Lessons from epidermal patterning in Arabidopsis. *Annu Rev Plant Biol.* 2003; 54:403-30.
6. Rerie W.G., Feldmann K.A. and Marks M D. The GLABRA2 gene encodes a homeo domain protein required for normal trichome development in Arabidopsis. *Genes Dev.* 1994. 8: 1388-1399.
7. Rong Yuan, Yuefen Cao, Tengyu Li, Feng Yang, Li Yu, Yuan Qin, Xiongming Du, Fang Liu, Mingquan Ding, Yurong Jiang, Hua Zhang, Andrew H. Paterson and Junkang Rong Differentiation in the genetic basis of stem trichome development between cultivated tetraploid cotton species. *BMC Plant Biology.* (2021) 21:115.
8. Nawab N.N., Khan I.A., Khan A.A. and Amjad M. Characterization and Inheritance of cotton leaf pubescence. *Pak. J. Bot.*, 43(1): 649-658, 2011.
9. Turley RB, Vaughn KC. Differential expression of trichomes on the leaves of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L). *J Cotton Sci.* 2012; 16:53-71.
10. Wang Z, Yang Z, Li F. Updates on molecular mechanisms in the development of branched trichome in Arabidopsis and nonbranched in cotton. *Plant Biotechnol J.* 2019; 17:1706-22.
11. Wang, X., Shen, C., Meng, P. et al. Analysis and review of trichomes in plants. *BMC Plant Biol* 21, 70 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02840-x>.
12. Werker E. Trichome Diversity and Development. 2000. Department of Botany, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904, Israel. *Advances in Botanical Research* Vol. 31. 0d2-005931 2
13. Wright R.J, Thaxton P.M, El-Zik K.M, Paterson A.H. Molecular mapping of genes affecting pubescence of cotton. *J Hered.* 1999; 90:215-9.
14. Xu J, Yao J, Zhai H, Li Q, Xu Q, Xiang Y, Liu Y, Liu T, Ma H, Mao Y, Wu F, Wang Q, Feng X, Mu J, Lu Y. TrichomeYOLO: A Neural Network for Automatic Maize Trichome Counting. *Plant Phenomics* 2023; 5: Article 0024. <https://doi.org/10.34133/plantphenomics.0024>.
15. Yan A., Pan J., An L., Gan Y., and Feng H. (2012). The responses of trichome mutants to enhanced ultraviolet-B radiation in Arabidopsis thaliana. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 113, 29-35.