

OZIQ-OVQAT XAVFSIZLIGI: MILLIY VA GLOBAL MUAMMOLAR

Ilmiy jurnal

2025/2

SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI
BIOKIMYO INSTITUTI

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

“OZIQ-OVQAT XAVFSIZLIGI: MILLIY VA GLOBAL MUAMMOLAR” ILMIY JURNALI

(№2025/2)

Ilmiy jurnal O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi OAK Rayosatining 2023-yil 28-fevraldagi 333/5-sonli qarori bilan Biologiya fanlari bo‘yicha “Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxati”ga kiritilgan

Samarqand – 2025

Bosh muharrir: professor R.I. Xalmuradov

Bosh muharrir o‘rinbosarlari: professor H.A. Hushvaqtov, akademik B.Z. Zaripov

Mas’ul muharrirlar: professor A.L. Sanaqulov, dotsent B.S. Alikulov

T A H R I R H A Y ’ A T I

E. Gurman
R. Kushak
K. Toderich
Z. Muhammad
Yu. Bazarnova
R. Bersimbayev
Sh. Umarov
Dj. Sattorov
K. Davranov
L. Gafurova
S. Rasulov

H. Idrisov
X. Keldiyarov
T. Rajabov
M. Nosirov
A. Jabborov
H. Haydarov
S. O‘roqov
M. Kuziev
A. Sanaqulov
Z. Rajamuradov
F. Kabulova

F. Xalimov
B. Alikulov
B. Avutxonov
B. Bozorov
A. Ahmedov
Yu. Ruziev
A. Xujanov
F. Ro‘ziyev
S. Narzullayev
N. Rustamova

“Oziq-ovqat xavfsizligi: milliy va global muammolar”, “Food security: national and global problems”, “Продовольственная безопасность: национальные и глобальные проблемы» nomli ilmiy jurnalning talablari

Maqolaning formati: Microsoft Office Word, Times New Roman, 12 o’lchamda, 1,5 interval, yuqori va pastdan – 2 sm; chapdan – 3 sm; o’ngdan – 1,5 sm, satr boshi (abzats) – 1,0 sm.

Maqolaning tuzilishiga qo’yiladigan asosiy talablar: maqolaning sarlavhasi 12 so’zdan oshmasligi kerak;

muallifning ismi, ota-sining ismi, familiyasi, ikki yoki undan ortiq mualliflar bo’lsa, vergul bilan ajratiladi, ilmiy daraja va ilmiy unvon qisqartirilmagan holatda ko’rsatilishi lozim;

muallif (lar)ning ish joyi quyidagi tartibda taqdim etilishi kerak: bo’lim (kafedra), muassasa (institut), shahar va mamlakat. Shuningdek, muallifning telefon raqami, faks raqami, elektron pochta manzili keltirilishi shart;

maqolaning umumiy hajmi 8-12 sahifadan kam bo’lmasligi lozim.

Annotatsiya va kalit so‘zlar barcha maqolalar uchun 3 tilda beriladi. Annotatsiya matnining hajmi 180-200 so‘z atrofida, kalit so‘z (8-10 ta).

Ilmiy maqola matni kirish, mavzuga oid adabiyotlar tahlili, tadqiqot metodologiyasi, tahlil va natijalar, xulosa hamda adabiyotlar ketma-ketligida yoritiladi. Adabiyotlar ro‘yxati alfavit tartibida rasmiylashtirish kerak.

Grafik materiallar (shu jumladan jadval va rasmlar) tavsifli va oq-qora chop etishga mo‘ljallangan, rang-lar o‘rniga shtrix, chiziq, nuqta va h.k.dan foydalanilgan bo‘lishi kerak.

Formulalar va matematik belgilar formulalar redaktoridan foydalangan holda MS Wordda yoki MathType redaktorida bajarilishi kerak.

2025 yil, 2-son

Bir yilda to‘rt marta chop etiladi

Jurnal 2021 yildan chiqa boshlagan

“Oziq-ovqat xavfsizligi: Milliy va global muammolar” ilmiy jurnali biologiya va qishloq xo’jaligiga oid ilmiy amaliy nashr hisoblanib, O’zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiya agentligi tomonidan 2021 yil 30-iyulda berilgan №1197-sonli guvohnomasiga binoan nashr etiladi.

Maqolalarning ilmiy saviyasi va keltirilgan ma’lumotlar uchun mualliflar javobgar hisoblanadi.

Texnik muharrirlar:
G.Axmedova,
A.Rustamov

Tahririyat manzili:
Samarqand shahri, Universitet xiyoboni, 15-uy.
Tel: (90) 102-28-75, (97) 398-87-17
Faks: (66) 239-15-53
e- mail: devonxona@samdu.uz

MUNDARIJA

Kabulova F.J., Tashpulatov Y.Sh. WATER AND COASTAL VEGETATION OF ZARAFSHAN NATIONAL NATURE PARK (UZBEKISTAN) ……..... 4 – 9

Erkinov I.B., Maxammadjonov Z.U. BOG‘ QATOR ORALARIGA PUSHTA OLUVCHI QURILMA KONSTRUKSIYASI VA UNING TEXNOLOGIK AFZALIKLARI ……..... 10 – 13

Tursunova Sh.Sh., Mavlonov O., Hakimov N.X. TOG‘ RAYHONI (*ORIGANUM TYTTHANTHUM*) NING NEMATODAFAUNASI TARKIBI VA BIOTOPLAR BO’YICHA TARQALISH XUSUSIYATLARI……..... 14 – 17

Bobaeva A.S. PALETSKIY CHERKEZI (*SALSOLA PALETZKIANA*) NI PRAVARISHLASHNING AGROTEXNIK TADBIRLARI ……..... 18 – 22

Kurbanbayev I.Dj., Soatova F.B. QULUPNAY (FRAGARIA) MEVA SIFATIGA TA’SIR QILUVCHI GENETIK VA BIOKIMYOVIY MEXANIZMLAR ..... 23 – 27

Nomozova D.I., Normurodova M.A., Haydarov S.S., Hayitov D.G‘., Eshmanov D.R. QUYONLAR OZUQA MODDALARINING HAZMLANISHI VA METOBOLIZMIDA SIMBIONTLARNI RAG‘BATLANTIRUVCHI PROBIOTIKLARDAN FOYDALANISH ..... 28 – 33

Shodmonov F.A. O‘ZBEKISTONDAGI GNAPHOSIDAE (BANKS, 1892) OILASINING *MICARIA* WESTRING, 1851 AVLODI O‘RGIMCHAKLARI HAQIDA MA‘LUMOT ..... 34 – 36

Мукумов И.У., Хасанов М.А., Расулова З.А. ЗАПАСЫ СЫРЬЯ *FERULA KUHISTANICA* KOROVIN B ТУРКЕСТАНСКОМ И ЗЕРАВШАНСКОМ ХРЕБТАХ ..... 37 – 41

Abdulloeva S.F., Turaeva B.I. SAMARQAND SHAHRI TARIXIY OBIDALARI ATROFIDA MAVJUD BO‘LGAN ASRIY DARAXTLARNING MIKROFLORASI TARKIBI ..... 42 – 46

Tuvganbayeva J.Q., Qulmamatova D.E. MARJUMAK (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) XORIJIY KOLLEKSIYA NAMUNALARINING BARGLARIDAGI FOTOSINTETIK PIGMENTLAR TAHLILI……..... 47 – 51

Hasanov M.A., Mukumov I.U., Mamadaminov M.X., Rasulova Z.A. SAMDU GERBARIY FONDIDA SAQLANAYOTGAN BRASSICACEAE BURNETT OILASINING TAHLILI ……..... 52 – 56

Рахмонова Р.Б., Халикова М.Б., Садриддинова М.А. ПРОЯВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ F_1 ХЛОПЧАТНИКАС ЦВЕТНЫМ ВОЛОКНОМ ВИДА G.*HIRSUTUM* L ……..... 57 – 62

Turaeva B.I., Qutlieva G.J. SABZAVOT EKINI *SOLANUM MELONGENA* MIKROBIOMINI MIKROBIOLOGIK TAHLIL QILISH VA FITOPATOGEN MIKROMITSETLARNI ANIQLASH …… 63 – 66

Ахмеджанов И.Г., Тонких А.К., Хотамов М.М. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ФОТОАКТИВНОСТЬЮ ФИТОХРОМА И СТЕПЕНЬЮ СВЯЗЫВАНИЯ АУКСИНА С РЕЦЕПТОРОМ В РАЗЛИЧНЫХ ПО ВИЛТОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПАХ ХЛОПЧАТНИКА. ..... 67 – 74

Raxmonov V.N., Tashpulatov Y.Sh. *AZOLLA CAROLINIANA* WILLD O‘SIMLIGINING EKOLOGIK TALABLARI ……..... 75 – 79

Maxkamov A.M., O‘roqov S.X., Keldiyarov X.O., Tursunov A.I. O‘SISHNI RAG‘BATLANTIRUVCHI BAKTERIYALAR HAMDA FITOGORMONLARNING *VITIS VINIFERA L.* SUV ALMASHINUV XUSUSIYATLARIGA TA’SIRI ……..... 80 – 84

Zokirjonova H., Nurniyazov A., Xasanov N. *FICUS ELASTICA* NI MIKROKLONAL KO‘PAYTIRISHNING OPTIMAL SHAROITLARI ……..... 85 - 89

Ro‘ziev Yu.S., Kushiev H.H. ANALYSIS OF CHLOROPHYLL AND CAROTENOID CONTENT IN SWEET POTATO (*IPOMOEA BATATAS L. LAM.*) LEAVES UNDER SAMARKAND SOIL-CLIMATE CONDITIONS. 90 – 93

Khamrayeva M., Tashpulatov Y., Khujanov A., Muminov S. GROWTH, DEVELOPMENT AND AMINO ACID COMPOSITION OF VEGETATIVE ORGANS OF CHELIDONIUN MAJUS L. IN GROWING CONDITIONS OF SAMARKAND REGION (UZBEKISTAN)…….. 94-98

Murodova S.S., Sobirova M.B., Rajabboeva X.T. CRISPR-CAS TEXNOLOGIYASINING KARTOSHKA O‘SIMLIGINING RIZOBAKTERIYALARIDA QO‘LLANILISHI 99-104

https://doi.org/10.59251/2181-3973.2025.v1.138.1.3464

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ФОТОАКТИВНОСТЬЮ ФИТОХРОМА И СТЕПЕНЬЮ СВЯЗЫВАНИЯ АУКСИНА С РЕЦЕПТОРОМ В РАЗЛИЧНЫХ ПО ВИЛТОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПАХ ХЛОПЧАТНИКА

Ахмеджанов И.Г.[1], Тонких А.К.[2], Хотамов М.М.[3]

[1]Институт биофизики и биохимии при Национальном Университете, Ташкент
[2]Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
[3]Институт генетики и экспериментальной биологии растений АН РУз, Ташкент
e-mail: mkhotamov@yahoo.com

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda g‘o‘za navlarining uchta guruhidagi ayrim xususiyatlar o‘rganildi: chidamsiz, o‘rtacha chidamli va chidamli navlar. Etiolangan nihollarda past haroratli lyuminestsensiya usuli yordamida fitogormon tizimining faolligi o‘rganildi, shuningdek, radioaktiv belgilangan auksin ³H-IUK ning auksin bog‘lovchi joylarga bog‘lanishi usuli yordamida tadqiqot o‘tkazildi. G‘o‘zaning gipotikotilidan ajratilgan membran preparatlari va eruvchan oqsillarda qizil nurning auksinning bog‘lovchi joylarga bog‘lanishini kuchaytirish xususiyati tekshirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, g‘o‘zaning verticillium viltiga chidamliligi qanchalik yuqori bo‘lsa, fitogormon tizimining faolligi shunchalik yuqori bo‘ladi, va qizil nur ta’sirida ³H-IUK ning membran preparatlari hamda eruvchan oqsillar bilan o‘ziga xos bog‘lanishi shunchalik kuchli bo‘ladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, g‘o‘zaning verticillium viltiga chidamliligi bilan fitogormon tizimi faoliyati o‘rtasida bog‘liqlik borligi aniqlandi. Bu esa kelgusidagi seleksiya ishlarida chidamli g‘o‘zan navlarini yaratish uchun fitogormonlar va auksinning reseptor bilan bog‘lanish mexanizmlaridan foydalanish mumkinligini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar*: paxta, auksin, fitogormon, Verticillium wilt, past haroratli lyuminestsensiya, auksin-reseptor bog‘lanishi.*

Аннотация. *В работе изучены некоторые характеристики у трёх групп сортов хлопчатника, отличающихся по устойчивости к вилту: неустойчивые, среднеустойчивые и устойчивые. Методом низкотемпературной люминесценции изучена активность фитохромной системы в этиолированных проростках хлопчатника и методом связывания радиоактивно меченого ауксина ³H-ИУК с ауксинсвязывающими сайтами в мембранных препаратах и растворимых белках из гипокотилей хлопчатника изучена способность красного света увеличивать специфическое связывание ауксина с его связывающими сайтами. Показано, что чем выше устойчивость к вертициллезному увяданию у разных сортов хлопчатника, тем выше у них активность фитохромной системы и выше увеличение под действием красного света, специфического связывания ³H-ИУК с мембранными препаратами и растворимыми белками, полученными из этих сортов хлопчатника. Установление прямой корреляции между устойчивостью хлопчатника к вилту, фотоактивностью фитохрома и уровнем сродства ауксина к его рецептору создает перспективу для дальнейшего прогресса в изучении фитохром-фитогормональных взаимодействий в регуляции устойчивости растений хлопчатника к Verticillium dahlia Kleb.*

Ключевые слова: *хлопчатник (Gossypium hirsutum), Verticillium wilt, низкотемпературная люминесценция, фитохром, красный свет, фитогормон, ауксин-рецепторное связывание.*

Abstract. *The paper studies some characteristics of three groups of cotton varieties that differ in their resistance to wilt: non-resistant, moderately resistant and resistant. The activity of the phytochrome system in etiolated cotton seedlings was studied using the low-temperature luminescence method, and the ability of red light to increase the specific binding of auxin to its binding sites was studied using the method of studying the binding of radioactively labeled auxin ³H-IAA to auxin-binding sites in membrane preparations and soluble proteins from cotton*

hypocotyls. It has been shown that the higher the resistance to wilt in different cotton varieties, the higher their activity of the phytochrome system and the higher the increase under the influence of red light, the specific binding of ^{3}H-IAA with membrane preparations and soluble proteins obtained from these cotton varieties. Establishing a direct correlation between cotton resistance to wilt, phytochrome photoactivity and the level of auxin affinity for its receptor creates prospects for further progress in the study of phytochrome-phytohormonal interactions in the regulation of cotton plant resistance to Verticillium dahlia Kleb.

Keywords: *cotton (Gossypium hirsutum), Verticillium wilt, low-temperature luminescence, phytochrome, red light, phytohormone, auxin binding to the receptor.*

Введение. Вертициллезное увядание является одним из основных заболеваний хлопчатника, приводящим к значительным потерям его урожая. Для поддержания урожайности хлопчатника в условиях поражения вилтом необходимо возделывать сорта, устойчивые к фитопатогену, и применять различные агротехнические мероприятия. Согласно существующим представлениям, устойчивые к вилту генотипы характеризуются высоким уровнем синтеза госсипольных фунгитоксичных веществ - фитоалексинов [1-3].

Несмотря на многочисленные исследования в области фитоиммунитета, вопросы, связанные с влиянием различных эндогенных (фитогормонов) [4, 5] и экзогенных (свет, температура и др.) факторов [6, 7] на индукцию различных стадий защитного механизма, определяющего устойчивость хлопчатника к вилту, остаются открытыми.

Известно, что фитохромная система является фактором, оптимизирующим физиологическое состояние растений в изменяющихся условиях окружающей среды [8-10]. Регуляторное действие фитохромной системы основано на фотообратимом переходе пигмента из неактивной Pr-формы в активную Pfr-форму [11, 12]. Активация фитохромной системы путем облучения семян и растений красным светом может регулировать различные физиологические процессы, в том числе устойчивость хлопчатника к возбудителю вертициллезного увядания [13], однако эффективность такой регуляции зависит от функционального состояния фитохромной системы, т.е. ее фотоактивности.

Известно также, что в реакции растений на красный свет участвуют практически все фитогормональные системы [14-16], которые играют активную роль в передаче фитохромного сигнала на уровне ферментов, рецепторов фитогормонов, ауксин-транспортирующих белков, синтез которых регулируется фитохромом через активацию соответствующих генов [17-20]. В частности, обнаружено взаимодействие рекомбинантного белка фитохрома А (phyA) с рекомбинантными белками Aux/IAA [21], входящими в состав ядерного ауксинрецепторного комплекса, регулирующего активность генов, чувствительных к ауксину [22]. Также показано, что красный свет (КС – максимум 660 нм) усиливает связывание радиоактивно меченого ауксина ^{3}H-IAA с препаратом грубых мембран и растворимых белков гипокотилей хлопчатника за счет повышения сродства ауксина к сайтам связывания, тогда как дальний красный свет (ДКС – максимум 730 нм) отменяет эффект КС, что может свидетельствовать о непосредственном взаимодействии молекулы фитохрома с молекулой белка сайта связывания ауксина [23]. Таким образом, фитохромная регуляция некоторых физиологических процессов может осуществляться также посредством взаимодействия фитохрома с рецепторами ауксина.

Как было отмечено выше, фитоалексины в значительной степени ответственны за устойчивость растений к фитопатогенам. Имеются сообщения о том, что взаимодействие фитоалексинов с фитогормональными системами приводит к формированию комплекса защиты растений от заражения фитопатогенами [24,25]. Учитывая приведенные выше данные о том, что сорта хлопчатника, различающиеся по устойчивости к увяданию, различаются и по активности фитохромов [13], а также тот факт, что рецепторы ауксинов могут участвовать в передаче фитохромного сигнала [23], целью данной работы было исследование взаимосвязи между активностью фитохромов и эффективностью связывания ^{3}Н-ИУК с сайтами связывания ауксина в препаратах мембран и растворимых белков, полученных из

гипокотилей генотипов хлопчатника, различающихся по устойчивости к увяданию.

Объект исследования и используемые методы. В опытах использовали сорта хлопчатника с различной устойчивостью к возбудителю вертициллезного увядания, а также образцы из Генетической коллекции Института генетики и экспериментальной биологии растений Академии наук Республики Узбекистан (ИГЭБ АН РУз). Степень устойчивости к увяданию определяли методами определения интенсивности реакции гиперчувствительности к возбудителю, фитопатологического контроля, фенологических наблюдений [26] и методом индукции флуоресценции хлорофилла листьев инфицированных растений [27]. Данный комплекс исследований позволил разделить все изученные генотипы на 3 группы, различающиеся по степени устойчивости к увяданию. Наиболее характерными представителями группы восприимчивых генотипов оказались сорта и линии: Ибрат, С-4727, А-1423, среднеустойчивые: Бухоро-6, Султон, А-1428 и устойчивые: Ишонч, Гулбахор-2, А-1530.

Фотоактивность фитохромной системы определяли методом низкотемпературной люминесценции [28]. Спектры возбуждения низкотемпературной люминесценции этиолированных проростков хлопчатника измеряли с помощью модифицированного спектрофлуориметра СФР-1 (Пущино, Россия). Модификация заключалась в помещении в кюветное отделение стеклянного сосуда Дьюара объемом 50 мл.

Свет от монохроматора фокусируется на образце в сосуде Дьюара с жидким азотом. Свет люминесценции собирается параболическим зеркалом с поверхности образца под углом 35° к возбуждающему лучу и направляется на фотокатод фотоумножителя через комбинацию светофильтров КС-15 и ФС-6, обеспечивающую пропускание только света люминесценции и полное поглощение рассеянного света возбуждения.

Процедура подготовки пробы для измерения люминесценции включала: 1) заполнение кюветы срезами гипокотиля длиной 20 мм на зеленом свету; 2) освещение образца дальним красным светом в течение 10 мин при комнатной температуре для перевода пигмента в неактивную P_r-форму или 5 мин красным светом для перевода в активную P_{fr}-форму (дальний красный свет получали с помощью светофильтра КС-19, помещенного между образцом и источником света, мощность облучения - 7,5 Вт/м^2; красный свет - с помощью люминесцентной лампы, 590-660 нм, 15 Вт/м^2; 3) помещение кюветы в сосуд Дьюара, заполненный жидким азотом.

Спектры возбуждения низкотемпературной люминесценции (НТЛ) этиолированных проростков хлопчатника представлены на рисунке 1.

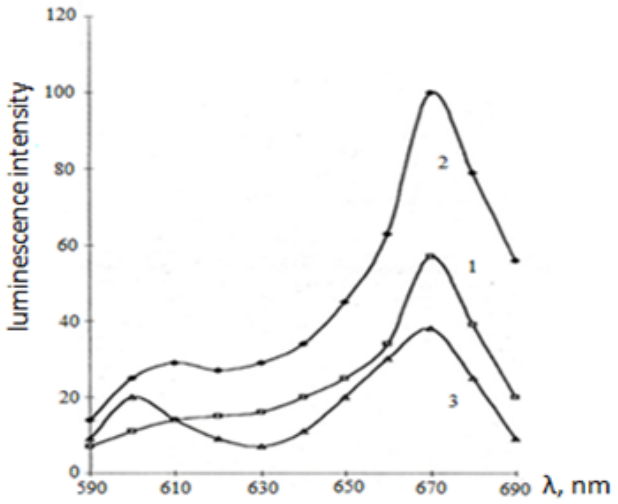


Рис. Спектры возбуждения низкотемпературной люминесценции этиолированных проростков хлопчатника до облучения (1), после облучения дальним красным (2) и красным светом (3).

Фотообратимость фитохрома рассчитывали общепринятым методом по формуле: PR = 1 - I_r/I_{fr}, где I_r и I_{fr} - максимальные интенсивности в спектрах возбуждения после облучения КС и ДКС соответственно [28], и коэффициент относительного содержания активного (P_{fr}) фитохрома (Pa): Pa = 1 - I_{int}/I_{fr} [29], где (I_{int} - максимальная интенсивность в спектре возбуждения до облучения проростков красным или дальним красным светом).

Препараты грубых мембран и растворимых белков получали из 3-4-дневных проростков хлопчатника [30]. Для этого проростки предварительно измельчали в измельчителе тканей, а затем гомогенизировали в стеклотефлоновом гомогенизаторе в 10 объемах буферного раствора, содержащего 50 мМ трис-HCl, pH 7,8, 50 мМ KCl, 2,5 мМ MgCl , 5 мМ ЭДТА, 2 мМ дитиотреитола, 250 мМ

сахарозы. Все операции проводили при температуре 2-40°C. Гомогенат фильтровали через капроновую ткань и центрифугировали в течение 30 мин при 20000 g. Осадок представлял собой грубую фракцию мембран, а в супернатант добавляли сухой сульфат аммония до 80% полного насыщения. Препарат выдерживали в холодном состоянии, осадок собирали центрифугированием при 20000 g в течение 20 минут. Осадок растворяли в минимальном объеме 50 мМ Трис-HCl, pH 7,8 и для обессоливания и удаления низкомолекулярных соединений пропускали через колонку (50 х 2,6 см) с сефадексом G-25, уравновешенным 50 мМ Трис-HCl pH 7,8, со скоростью 30 мл/час. Фракцию белков, выходящую в свободный объем колонки, использовали в дальнейшей работе.

Эксперименты по изучению специфического связывания ^{3}H-индолил-3-уксусной кислоты (^{3}H-IAA) с удельной активностью 803 ГБк/ммоль (21,7 Ки/ммоль) «Amersham» (Англия), проводили с использованием фильтрации на нитроцеллюлозных фильтрах «Synpor» (Чехословакия) диаметром 24 мм и размером пор 0,45 мкм, как описано ранее [30]. ^{3}H- ИУК с удельной активностью 803 ГБк/ммоль (21,7 Ки/ммоль) «Amersham» (Англия) добавляли в микропробирки по 10 мкл. Концентрацию вносимой ^{3}H-ИУК подбирали таким образом, чтобы конечный объем 100 мкл содержал необходимые для эксперимента концентрации. Затем добавляли 10 мкл воды и в контроль добавляли 10 мкл 1 мМ немеченой ИУК для определения уровня неспецифического связывания. После этого добавляли по 80 мкл препарата, содержащего ауксин-связывающие центры с концентрацией белка 1 мг/мл в соответствующем буфере. Связывание с препаратом мембраны проводили в 10 мМ цитрате натрия, pH 5,5, а с препаратом растворимых цитоплазматических белков — в 25 мМ Трис-HCl, pH 7,6. Смесь инкубировали в течение 30 мин при 20^{0}C и, равномерно покрывая всю поверхность, наносили на матовую сторону фильтра, предварительно смоченного водой, помещенного на фильтровальную воронку типичного вакуум-фильтрационного аппарата. Смесь отсасывали под вакуумом, а фильтр промывали 5 мл холодной воды. Для улучшения воспроизводимости результатов фильтры подбирались таким образом, чтобы 5 мл воды проходили через фильтр примерно за одинаковое время (1 - 2 с). При таком способе фильтрации при нанесении на фильтр 80 мкг белка на фильтре оставалось около 70% белка фракции грубых мембран и около 20% белка из фракции растворимых белков.

После фильтрации фильтры высушивали и радиоактивность в них измеряли в стандартном толуоловом сцинтилляторе на приборе «Бета-2» (СССР) с эффективностью регистрации трития 60%. При 6 повторениях каждой пробы среднеквадратическое отклонение не превышало 10% от абсолютной величины счета импульсов. Учитывая, что погрешность счета прибора «Бета-2» зависела от абсолютной величины счета (при 10000

Таблица 1.

Интенсивность люминесценции (при возбуждении 670 нм, о.е.) до ($I_{инт}$) и после облучения красным (I_r) и дальним красным светом (I_{fr}), фотообратимость фитохрома (PR) и относительное содержание его активной формы (Pa) в гипокотилях этиолированных проростков генотипов хлопчатника, различающихся по устойчивости к увяданию

Группа генотипов	Сорт хлопчатника	I_{int}	I_{fr}	I_r	PR	Pa
Восприимчивые	Ибрат	33,2±4,0	48,2±5,3	29,9±3,3	0,38	0,31
	С-4727	35,7±3,9	52,4±5,8	30,1±3,7	0,43	0,32
	А-1423	38,3±4,6	56,1±5,3	31,4±3,6	0,44	0,32
Средне-устойчивые	Бухоро-6	40,4±6,0	66,4±6,9	30,5±2,9	0,54	0,39
	Султон	37,1±5,9	62,3±6,2	27,1±3,0	0,57	0,40
	А-1428	36,5±5,3	59,0±5,9	28,2±3,2	0,52	0,38
Устойчивые	Ишонч	53,6±8,0	99,3±8,7	30,6±3,5	0,69	0,46
	Гульбахор-2	56,2±9,1	101,0±9,7	34,9±4,2	0,65	0,44
	А-1530	54,0±8,5	96,8±9,0	33,1±4,0	0,66	0,44

Примечание: Доверительный интервал средних значений составил не менее 95% (P≤0,05).

импульсов — 2%, при 1000 импульсов — 7%, при 100 импульсов — 20%), пробы с малым счетом в мин подсчитывали в течение нескольких минут и результаты пересчитывали на мин. Опыты проводили в 6 повторениях. Результаты обрабатывали методами математической статистики.

Полученные результаты и их анализ. В таблице 1 представлены данные по люминесценции трехдневных этиолированных проростков хлопчатника разных сортов, измеренные при температуре жидкого азота (-195,8°С).

Сравнение параметров спектров низкотемпературной люминесценции (НТЛ) проростков разных групп растений показало, что сорта, восприимчивые к вилту, характеризуются наименьшими уровнями интенсивности люминесценции, фотообратимости и относительного содержания активной формы фитохрома. Значения указанных показателей увеличиваются при переходе от восприимчивых к умеренно устойчивым и далее к устойчивым генотипам. При этом в наибольшей степени такое увеличение зафиксировано для интенсивности люминесценции после облучения ДКС (переход фитохрома в неактивную люминесцирующую Pr-форму) и фотообратимости фитохрома на 80 - 100%. Относительное содержание активной формы фитохрома (показатель Pa) изменяется при переходе от восприимчивых к среднеустойчивым генотипам, увеличиваясь в пределах 30%, а его изменение у устойчивых относительно восприимчивых генотипов достигает более высоких значений почти на 50%. Таким образом, анализ приведенных данных свидетельствует о наличии определенной корреляции между устойчивостью к возбудителю вертициллезного увядания и фотоактивностью фитохромной системы у этиолированных проростков растений разных генотипов хлопчатника. Фотоактивность фитохрома увеличивается в ряду восприимчивые - среднеустойчивые - устойчивые генотипы.

Таблица 2.

Специфическое связывание ^{3}H-IAA (пмоль/мг белка) в концентрации 30 нМ с фракциями, полученными из этиолированных гипокотилей хлопчатника под зеленым светом (ЗС) и после 10 мин облучения КС, ДКС и КС+ДКС. Концентрации белка во фракциях мембранных и растворимых белков составляют 1,0±0,1 мг/мл

Генотипы	Фракции	ЗС	КС	ДКС	КС + ДКС
Восприимчивый С -4727	Препарат грубых мембран	0,14±0,05 100%	0,25±0,07 178%	0,12±0,02 86%	0,12±0,02 86%
	Водо-растворимые белки	0,12±0,03 100%	0,23±0,04 192%	0,10±0,04 83%	0,11±0,03 83%
Средне-устойчивый Султон	Препарат грубых мембран	0,15±0,05 100%	0,28±0,07 188%	0,12±0,05 80%	0,10±0,05 91%
	Водо-растворимые белки	0,14±0,04 100%	0,31±0,04 224%	0,13±0,04 93%	0,14±0,04
Устойчивый Ишонч	Препарат грубых мембран	0,18±0,07 100%	0,46±0,07 255%	0,16±0,07 89%	0,15±0,06 83%
	Водо-растворимые белки	0,15±0,06 100%	0,41±0,04 273%	0,15±0,06 100%	0,15±0,06 100%

Примечание: Представлены средние значения из 6 повторов репрезентативного эксперимента серии из 4 экспериментов с указанием стандартных отклонений. Доверительный интервал средних значений составил не менее 95% (P≤0,05).

В таблице 2 приведены результаты исследования связывания ^{3}H-ИУК с препаратом

сырых мембран и фракцией общих растворимых белков из гипокотилей хлопчатника, полученных из сортов хлопчатника, различающихся по устойчивости к увяданию: С-4727, Султон и Ишонч, под зеленым светом (550 нм) и после облучения в течение 10 мин, красным (660 нм) и дальним красным светом (720 нм).

Данные, представленные в таблице, показали, что облучение красным светом значительно увеличивает специфическое связывание меченой ^{3}Н-ИУК с препаратом сырых мембран и растворимых белков из различных сортов хлопка (с 78% до 173%), причем в устойчивом сорте Ишонч увеличение связывания значительно выше, чем в восприимчивом сорте С-4727. Облучение дальним красным светом отменяет увеличение связывания красного света во всех сортах хлопка.

В настоящее время имеются литературные данные о нескольких типах ауксин-связывающих белков, из которых роль ауксиновых рецепторов доказана для плазматической мембраны-ассоциированного ауксин-связывающего белка 1 (ABP 1) и водорастворимого убиквитинлигазного комплекса, расположенного в ядре (Aux/IAA-TIR1/AFB-SCF), который активирует в присутствии ауксина транскрипцию специфических генов [22].

Более 30 лет назад было показано, что в препаратах сырых мембран и экстрактах водорастворимых белков из проростков хлопчатника обнаружены сайты, специфически и с высоким сродством связывающие меченый ауксин - ^{3}Н-ИУК: в мембранных препаратах с Kd ≥ 0,2 мкМ и в диапазоне около 10 нМ и в препаратах водорастворимых белков с Kd = 6 нМ [31]. Кроме того, было показано, что водорастворимый белок, связывающий меченый ^{3}Н-ИУК ауксин с высоким сродством (Kd = 6 нМ), стимулирует синтез РНК in vitro в препарате хроматина хлопчатника в присутствии ИУК [32]. Несмотря на значительный последующий прогресс в области изучения рецепторов ауксина, данные о сайтах связывания ауксина хлопчатника и методический подход к изучению специфического связывания с ними ^{3}Н-ИУК по-прежнему остаются актуальными.

Далее было показано, что КС увеличивает связывание радиоактивно меченого ауксина ^{3}Н-ИУК как с препаратом грубых мембран, так и с растворимыми белками из гипокотилей хлопчатника за счет увеличения сродства ауксина к сайтам связывания, а ДКС отменяет эффект КС, что может указывать на то, что молекулы фитохрома напрямую взаимодействуют с молекулой белка сайта связывания ауксина [23]. В настоящее время наиболее изученными фитохромами являются: phyA’, phyA’’ и phyB [8,9,33]. Около 90% всех фитохромов относятся к PhyA и около 10% к phyB. PhyA синтезируется в темноте в цитозоле в неактивной форме Pr и на свету становится активной формой Pfr, перемещается в ядро и плазматическую мембрану, где вызывает множество физиологических реакций. PhyA — это короткоживущий фотолабильный фитохром, и при интенсивном освещении он подвергается фотодеструкции. В отличие от PhyA, PhyB и все другие фитохромы фотостабильны. В сеянцах, выращенных при постоянном освещении, PhyB становится доминирующим фитохромом.

Фитохромы (особенно phyA) очень липкие и могут неспецифически связываться с широким спектром белков и РНК in vitro [34]. Поскольку фитохромы обладают киназной активностью, они могут фосфорилировать как другие молекулы, так и себя, что приводит к изменению их активности [35]. В частности, было показано, что фитохром может связываться с белками из группы Aux/IAA, которые являются частью ядерного комплекса рецепторов ауксина (Aux/IAA-TIR1/AFB-SCF) и тем самым модулировать ответы на ауксин [21]. Исходя из вышеизложенного, можно объяснить эксперименты, в которых 10-минутное облучение КС грубых мембранных препаратов и общих водорастворимых белков из проростков хлопчатника увеличивает специфическое связывание ^{3}Н-ИУК в них за счет увеличения сродства ауксина, а ДКС отменяет это увеличение именно за счет связывания молекулы фитохрома как с мембранными, так и с растворимыми рецепторными комплексами ауксина. Таким образом, модуляция ауксин-зависимых ответов может осуществляться еще на претрансляционном уровне, а тест на увеличение связывания ^{3}Н-ИУК под действием КС может быть тестом на активность фитохромов [23].

Из данных таблицы 1 следует, что фотообратимость фитохрома (PR) и относительное содержание его активной формы (Pa) в гипокотилях этиолированных проростков выше у сортов хлопчатника с повышенной устойчивостью к увяданию. С другой стороны, существует корреляция между устойчивостью к увяданию различных генотипов хлопчатника и способностью КС увеличивать связывание меченой ^{3}H-IAA с ауксин-связывающими сайтами (табл. 2). Эти данные могут свидетельствовать о том, что синтез фитоалексинов, обеспечивающий устойчивость хлопчатника к увяданию, регулируется ауксин-зависимым путем и активность фитохромов может быть вовлечена в эту регуляцию.

Таким образом, результаты исследований позволили установить связь между параметрами фотоактивности фитохрома и гормон-рецепторным связыванием у растений генотипов хлопчатника с различной устойчивостью к увяданию. Фотоактивность фитохромной системы и эффективность связывания ауксина с рецептором возрастают в ряду: восприимчивые – умеренно устойчивые – устойчивые к вертициллезному увяданию сорта и образцы генной коллекции ИГЭБР АН РУз. Установление прямой зависимости между фотоактивностью фитохрома и уровнем сродства ауксина с его рецептором создает перспективы для дальнейших достижений в изучении фитохромно-фитогормональных взаимодействий в регуляции устойчивости растений хлопчатника к возбудителю вертициллезного увядания – грибу *Verticillium dahlia Kleb*.

Литература

1. Shucla P.K., Mishra P., Mishra N. A prospective study on emerging roles of phytoalexins in plant protection. Int.J.Pharma Biol.Sci. 2019. V.10 (3). P.186-198.

2. Tiku A.R. Antimicrobial compound (phytoanticipins and phytoalexins) and their role in plant defense. In Merlion J.M., Ramawat K. (eds.). Co-evalution of secondary metabolites. Reference series in phytochemistry. Springer, Cham. 2020. P.845-868.

3. Ahmed S., Kovinich N. Regulation of phytoalexin biosynthesis for agriculture and human health. Phytochemistry Reviews. 2021. DOI:10.1007/s11101-020-09691-8.

4. Slusarenko A.J., Fraser R.S.S., Van Loon C. Mechanism of resistance to plant diseases. Kluwer Academic Press, Dordrecht, Boston, London. 2000. 620 pp.

5. Fu J., Wang S. Insights into auxin signaling in plant–pathogen interactions. Front. Plant Sci. 2011. https://doi.org/10.3389/fpls.2011.00074.

6. Волынец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений/ Мн: Беларус.навука, 2013. 283 с.

7. Moreno J. E., Ballaré C. L. Phytochrome regulation of plant immunity in vegetation canopies. J. Chem. Ecol. 2014. V.40. P.848–857. DOI: 10.1007/s10886-014-0471-8.

8. Tripathi Sh., Hoang Qu.T.N., Han Y.-J., Kim J.-I. Regulation of Photomorphogenic Development by Plant Phytochromes//International Journal Molecular Sciences. 2019. V.20. 6165. DOI:10.3390/ijms20246165

9. Sineshchekov V.A. Two Distinct Molecular Types of Phytochrome A in Plants: Evidence of Existence and Implications for Functioning. International Journal of Molecular Sciences. 2023. V.24. 8139. https://doi.org/10.3390/ijms24098139.

10. Han Y.J., Kim S.H., Kim J.I. Phytochrome phosphorylation in plant light signaling. Front. Plant Sci. 2024. 2024.15:1259720. DOI: 10.3389/fpls.2024.1259720.

11. Quail P. H. Phytochrome Signal Transduction Network/ Photomorphogenesis in Plants and Bacteria, 3rd Edition. (Ed. Schaefer, E., Nagy F.) Dordrecht. The Netherlands. Springer. 2006. P.335-356.

12. Sheerin, D. J., Hiltbrunner, A. Molecular mechanisms and ecological function of far-red light signaling. Plant Cell Environ. 2017. V.40. P.2509–2529. Doi: 10.1111/pce.12915.

13. Ахмеджанов И.Г., Гуссаковский Е.Е., Авазходжаев М.Х., Зельцер С.Ш. Регуляция фитоалексинообразования в тканях хлопчатника при облучении семян красным светом. Узб. биол. ж. 1993. N 1. С. 3-5.

14. Wang Q., Zhu Z., Ozkardesh K., Lin C. Phytochromes and phytohormones: the shrinking degree of separation. Mol. Plant. 2013. V.6 (5–7). DOI: 10.1093/mp/sss102.

15. Wit M., Galvão V. C., Fankhauser C. Light-mediated hormonal regulation of plant growth and development. Annu. Rev. Plant Biol. 2016. V.67. P.513–537. DOI: 10.1146/annurev-arplant-043015-112252.

16. Bîlc B.A., Luchian M.R. Aspects related to the relationship between phytochrome

and phytohormones. BIostudent, 2020. V.3 (1). P. 81-102.

17. Quail P.H. Phytochrome photosensory signaling networks. Nature. 2002. V.3. P.85-93.

18. Lucas. M., Prat. S. PIFs get BRright: Phytochrome interacting factors as integrators of light and hormonal signals. New Phytol. 2014. V.202. P.1126–1141. Doi: 10.1111/nph.12725.

19. Lymperopoulos P., Msanne J., Rabara R. Phytochrome and Phytohormones: Working in Tandem for Plant Growth and Development. Front. Plant Sci. 2018. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01037.

20. Kusnetsov V., Doroshenko A., Kudryakova N., Danilova M. Role of Phytohormones and Light in De-etiolation. Russian journal of plant physiology. 2020. V.67 (6). P.971-984.

21. Colon-Carmona A., Chen D.L., Yeh K.C., Abel S. Aux/IAA proteins are phosphorylated by phytochrome in vivo. Plant Physiol. 2000. V.124. P. 1728-1738.

22. Ang A.Ch.H., Ostergaard L. Save your TIRs - more to auxin than meets the eye. New Phytologist. 2023. V. 238. P.971-976. DOI: 10.1111/nph.18783

23. Тонких А.К., Наджимова Х.К., Ахмеджанов И.Г., Ташмухамедов Б.А. Действие красного света на ауксинсвязывающие белки. Доклады АН РУз. 2005. N 4. С.82-85.

24. Duan L., Liu H., Li X., Xiao J., Wang S. Multiple phytohormones and phytoalexins are involved in disease resistance to Magnaporthe oryzae invaded from roots in rice. Physiol Plant. 2014. V.152 (3). P.486-500. DOI: 10.1111/ppl.12192.

25. Манжелесова Н.Е., Волынец А.П. Фитогормоны и фенольные соединения в борьбе с болезнями растений. Наука и инновации. 2015. N 3. С. 62-65.

26. Khotamov M. M., Akhmedzhanov I. G. Study of verticillium wilt pathogenesis in different cotton genotypes. Mikologiya i fitopatologiya. 2021. V.55 (2). P.148-154.

27. Akhmedzhanov I. G., Khotamov M. M. Investigation of cotton wilt resistance by fluorescence spectroscopy. Mikologiya i fitopatologiya. 2022. V.56 (2). P.105–113.

28. Sineshchekov V.A., Loskovich A.V., Inagaki N., Takano M. Two Native Pools of Phytochrome A in Monocots: Evidence from Fluorescence Investigations of Phytochrome Mutants of Rice. Photochem. Photobiol. 2006. V.82. P.1116-1122.

29. Ахмеджанов И.Г. Джолдасова К.Б., Чечулина М.В., Гуссаковский Е.Е. Влияние раневого поражения этиолированных проростков семян хлопчатника на темновую конверсию фитохрома. Физ. и биох. культ. растен. 1992. N 5. С. 472-476.

30. Тонких А.К., Бабаев Т.А., Маркова И.А., Ли А.В., Гагельганс А.И. Механизм ауксиноподобного действия тироксина. Физиология растений. 1995. Т.42 (2). С. 195 - 200.

31. Маркова И.А., Тонких А.К., Салихов Ш.И. Обнаружение ауксинсвязывающих участков в проростках хлопчатника. Физиология растений. 1990. Т.37 (4). С. 727 – 732.

32. Арзанова И.А., Тонких А.К., Салихов Ш.И. Выделение из проростков хлопчатника ауксинсвязывающего белка регулирующего синтез РНК. Химия природных соединений. 1995. N 3. С.457-462.

33. Войцеховская О.В. Фитохромы и другие (фото)рецепторы информации у растений. Физиология растений. 2019. Т.66 (3). С. 163-177. DOI: 10.1134/S0015330319030151.

34. Quail P.H. Phytochrome genes and their expression. Photomorphogenesis in Plants (Ed. Kendrick, R.E. and Kronenberg, G.H.M.). Kluwer Academic. Dordrecht. 1994. P. 71–104.

35. Nagatani A. Lighting up the nucleus.Science.2000.V.288. N.5467. P.821-822.

*Maqola Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti professori **I.Sh. Djabborov** tahriri ostida nashr qilindi.*

Oziq-ovqat xavfsizligi:
Milliy va global muammolar
ilmiy iurnali
2025-yil 2-soni
ISSN (onlayn): 2181-3973

Bosishga ruxsat etildi: 15.06.2025
"Times New Roman" garnituras