

DOI:
10.30901/2227-8834-2018-2-63-76
УДК 621.383; 621.472;
634.651; 616.-073-756.8

А. М. Пенджиев

Туркменский государственный
архитектурно-строительный ин-
ститут
744001, Туркменистан, Ашхабад,
Б. Аннанова 1,
e-mail: ampenjiev@rambler.ru

Ключевые слова:

*аридная экосистема, био-
технологические особен-
ности, хохоба, микроклимат,
солнечная теплица, интро-
дукция, Туркменистан.*

Поступление:

22.12.2017

Принято:

21.05.2018

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ХОХОБЫ (JOJOBA) В УСЛОВИЯХ ТУРКМЕНИСТАНА

Актуальность. Изучение возможности выращивания культуры хохоба (jojoba) для освоения пустыни Каракумы, улучшения кормовой базы пастбищ, закрепления подвижных песков и получения биологических активных соединений для медицинской и косметической промышленности является актуальным. **Результаты и выводы.** Описаны биотехнологические особенности, происхождение и распространение растения, свойства и состав масла из плодов хохобы. Приведены результаты выращивания хохобы, полученные в условиях солнечной теплицы. Установлены эмпирические зависимости из составленных уравнений теплового, материального баланса по температуре, влажности, испарению с поверхности воды и почвы в течение года. На основании опытно-экспериментальных данных и результатов расчета можно констатировать, что в Туркменистане в условиях аридной экосистемы можно выращивать хохобу. Интродукция ценной технической культуры имеет важное значение для развития экономики страны, как в освоении пустынь, так и в увеличении кормовой базы животных, а также в получении ценного сырья для многих отраслей промышленности.

DOI:
10.30901/2227-8834-2018-2-63-76

ORIGINAL ARTICLE

A. M. Penjiyev

Turkmen State Institute of Architecture and Construction,
1, B. Annanow St., Ashgabat,
744032, Turkmenistan,
e-mail: ampenjiev@rambler.ru

Key words:

arid ecosystem, biotechnological features, jojoba, microclimate, solar hothouse, cultivation, introduction, Turkmenistan.

Received:

22.12.2017

Accepted:

21.05.2018

EXPERIENCE GAINED IN CULTIVATING INDUSTRIAL JOJOBA IN THE ENVIRONMENTS OF TURKMENISTAN

Background. Studying the possibilities of jojoba cultivation for the development of the Kara-Kum Desert, improvement of the feeding reserves in pastures, quick sand fixation, and production of bioactive compounds for the medical and cosmetic industries is a vital problem. **Results and conclusion.** Biotechnological features, origin and distribution of the crop, the properties and structure of oil from jojoba fruits are described. Empirical dependences have been found under the conditions of a solar hothouse from the produced equations of thermal and material balances in temperature, humidity, and evaporation from a water or soil surface in 10-days periods within a year. On the basis of experimental data and calculation results, it may be ascertained that it is possible to cultivate jojoba in the environments of an arid ecosystem in Turkmenistan. The introduction of this new valuable crop is very important to the national economy, and may help to develop deserts, expand the feeding reserves for animals, and produce useful raw materials for many industries.

Введение

Президент Туркменистан Гурбангулы Бердымухамедов придает особое значение решению проблем деградации земель, мероприятиям по мониторингу опустынивания, рациональному использованию и улучшению пастбищ, разведению и восстановлению лесов, закреплению и облесению подвижных песков, рациональному использованию и мелиорации орошаемых земель, развитию приоритетных научно-технических направлений. Проблему освоения закрепления и облесения подвижных песков можно решить путем привлечения засухоустойчивых сельскохозяйственных культур, таких как хохоба. Интродукция этой культуры имеет важное значение для развития экономики страны, как в освоении пустынь, так и в увеличении кормовой базы животных, а также в получении ценного сырья для многих отраслей промышленности.

Хохоба (Жожоба; Jojoba; Китайский буксус) – неприхотливый к условиям произрастания и климату кустарник-долгожитель *Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider (Симондсия китайская), родиной которого является расположенная на территории американо-мексиканской границы пустыня Сонора (Jermanos, 1979).

Масло из плодов хохобы завоевало огромную популярность в современной медицине и косметологии благодаря своему уникальному биохимическому составу. История его использования насчитывает более двух тысячелетий. По письменным свидетельствам испанских монахов-миссионеров, посетивших Америку в XVII – XVIII веках, индейцы весьма разнообразно применяли этот натуральный продукт: в магических ритуалах, в качестве бальзама для кожи и волос, средства для дезинфекции и быстрого заживления язв, ран и ожогов. Вкусные семена использовались в салатах для замены маслин, а в жареном виде – в различных напитках. Жидкое золото – так несколько веков назад индейцы Аризоны и Мексики называли это масло.

Тщательное изучение косметических свойств масла было проведено лишь в начале 70-х годов XX века, а уже в 1977 году хохобу впервые начали культивировать в Израиле, а позже и в США. На сегодняшний день мировое производство масла хохобы составляет более 3400 т в год. Основными производителями этого ценного косметического продукта являются Мексика, США, Австралия, Коста-Рика, Израиль и Парагвай. Плантации хохобы также существуют в таких странах как Египет, Аргентина и Перу.

В наше время этот уникальный растительный продукт имеет большое значение как заменитель спермацета, получаемого из головы кашалота, запрет применения которого в косметологии введен с 1971 г. Химический состав и свойства масла хохобы и спермацета сходны, оба продукта очень устойчивы к окислению (прогорканию), что и делает их идеальным сырьем для изготовления косметики.

Масло хохобы довольно активно используется в производстве смазочных и пластиковых материалов, а также в фармацевтической промышленности.

Жмых, который остается в ходе получения масла, в ограниченном количестве используют в комбикормовой промышленности, так как он содержит белок и вещество, которое подавляет аппетит (Bayramov et al., 1980; Rybakova et al., 1985; Kurbanov, Kurbanova 1986; Rybakova, Penjiyev, 1996; Penjiyev, 1997).

В Туркменистане работы по изучению хохобы начались с 80-х гг. прошлого века (Bayramov et al., 1980; Rybakova et al., 1985; Kurbanov, Kurbanova 1986; Rybakova, Penjiyev, 1996; Penjiyev, 1997). Тщательное изучение морфологии и биологии размножения хохобы, в том числе и в Туркменистане, проводилось и сотрудниками ВНИИР имени Н. И. Вавилова (ныне Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР): Ю. М. Ким, Е. Е. Талаловой, Н. К. Лемешевым, Е. В. Андроновой, Ч. Ж. Елдашевым, М. Г. Агаевым, Е. А. Кортышевой (Kim,

Talalova, 1989; Lemeshev, Kim, 1989; Andronova, Eldashev, 1991; Agaev, Korysheva, 1991).

Целью исследования является определение возможности выращивания культуры хохобы в условиях Туркменистана.

Биологическая характеристика хохобы *Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider (Симондсия китайская)

Краткое морфологическое описание растения

Хохоба – двудомный сильно ветвистый вечнозеленый кустарник 1–2 (3) м высотой. Листья сидячие, супротивные, цельные, без прилистников (рис. 1). Цветки мелкие, безлепестные, однополые: мужские несут 10–12 тычинок, женские – пестик из трех плодолистиков с тонкими опадающими столбиками, которые по всей своей длине усажены сопочками. Цветение происходит весной после влажного осенне-зимнего сезона.

Завязь верхняя, с одним семязачатком в каждом из трех гнезд. Плод – трехгранная коробочка, вскрывающаяся вдоль спинки гнезд (локулицидная). В мясистых семядолях семян имеется значительное количество жидкого воска (эфиров жирных кислот и спиртов), который больше нигде в растительном мире неизвестен. Корневая система глубокая (до 25 и более м), что позволяет растениям выдерживать экстремальные суточные колебания температуры. Продолжительность жизни около 200 лет.

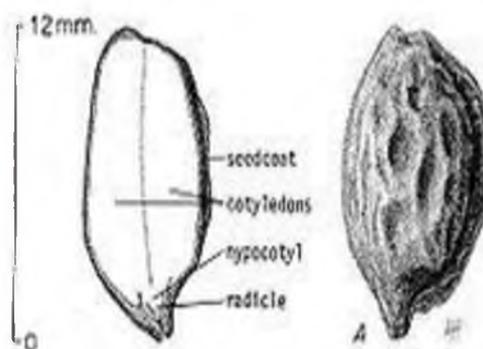


Рис. 1. Куст с листьями плодами и строение семени хохобы
Fig. 1. A shrub with leaves and fruits, and the structure of a jojoba seed

Фармакологические свойства и состав масла хохобы.

Этот продукт является идеальным средством для ухода как за кожей, так и волосами любого типа. Маслу хохобы свойственна тонкая текстура, высокая проникающая способность, при нанесении на волосы или кожу оно полноценно впитывается и вовсе не оставляет жирных следов. Его рекомендуют для повседневного ухода за мягкой и нежной кожей малышей при сыпи или опрелостях; за тонкой кожей вокруг глаз, за бровями

и ресницами, потрескавшимися и обветренными губами. Регулярное использование масла способствует регенерации дряблой и уставшей кожи и устранению морщин. Оно эффективно при рубцах и растяжках после беременности, трещинах и мелких травмах, угревой сыпи и солнечных ожогах, способно смягчать зуд и болезненные проявления при псориазе, дерматитах и экземе. Масло хохобы полезно для ломких и окрашенных волос (Penjiyev 1996; Penjiyev, 1997).

Масло хохобы, по сути, является жидким воском, который получают методом

холодного прессования из семян, содержащих в себе не менее 50% этого ценного продукта. Золотисто-желтое прозрачное масло хохобы при комнатной температуре представляет собой густую, практически не обладающую запахом жидкость. Ниже 0 градусов по Цельсию масло застывает, теряет прозрачность и превращается в воскообразную пасту (температура плавления около +10°C).

В отличие от других растительных масел, масло хохобы не содержит триглицеридов, характеризуется высоким содержанием длинноцепочечных восковых эфиров, большинство которых образованы мононенасыщенными Омега-9 линейными жирными кислотами и Омега-9 мононенасыщенными линейными жирными спиртами (именно эта биохимическая особенность масла хохобы обуславливает его легкую нежирную текстуру).

Также высока концентрация витамина Е оказывает противовоспалительное действие, стимулирующее естественную регенерацию клеток кожи, обладает влагоудерживающим свойством, что и обуславливает устойчивость масла хохобы к окислению. Именно благодаря этому витамину, препятствующему преждевременному старению, эффективно в борьбе со свободными радикалами, масло хохобы позволяет сохранить на долгие годы свежесть и молодость кожи. Стоит отметить, что на стойкость масла хохобы к окислению влияет не только высокое содержание витамина Е, но и значительное количество керамидов.

Способность масла хохобы придавать коже упругость и эластичность в значительной степени связана с присутствием в составе этого продукта особого протеина, очень напоминающего по своим

свойствам фибриллярный белок кожи – коллаген.

Жидкий воск применяют для медицинских целей, в частности, для восстановления волос. В настоящее время из уникального жидкого воска хохобы производят трансформаторное масло, смазочные материалы для различных машин и механизмов, в том числе для автомобильной, военной, космической техники, так же авиационной промышленности. Его применяют для производства пластиков и косметических продуктов. Но наибольшее значение жидкий воск хохобы имеет для замены спермацетового масла.

В жирнокислотном составе масла лидирующие позиции занимают докозагексаеновая Омега-3 кислота, гадолеиновая (65–80%), эруковая (10–22%) и олеиновая (5–15%) жирные кислоты. Низкий процент имеют нервоновая (до 3,5 %), пальмитиновая (до 3 %), пальмитолеиновая (до 1%), бегеновая (1%) и другие (до 3%). Кроме того, масло содержит эфиры жирных кислот, аминокислоты, коллаген, витамин Е.

Физико-химические характеристики масла хохобы, которые определяют его качество: плотность (при 25°C) – 0,86–0,87 г/см³; точка плавления – 6,8–7,0°C; точка кипения (при 757мм рт. ст.) – 389°C; йодное число – 82; число омыления – 92; не омыляемая компонента – 51%; кислотное число – 2; перексидное число – 1,0.

Еще одна особенность масла хохобы – его чрезвычайная стабильность при повышенных температурах. При нагреве до 370°C в течение 96 часов не произойдет никаких необратимых изменений в общей композиции и длине углеродной цепи (Penjiyev 1996; Penjiyev 1997).

Выращивание хохобы в Туркменистане

Опыт выращивания.

Исследования по выращиванию хохобы проводились в Ашхабаде на экспериментальной базе НПО «ГУН». Здесь были разработаны и построены различные типы гелиокультивационных сооружений: теплицы с грунтовым аккумулятором тепла; гелиотеплица с автономным энергообеспечением; гелиотеплица с замкнутым влагооборотом; гелиотеплица с биоаккумулятором тепла; гелиотеплицы траншейного типа; гелиотеплицы блочные типа (пленочные, стеклянные), ангарные, малогабаритные, подземные и так далее (Penjiyev 1996; Penjiyev 1997; Penjiyev, 2001; Penjiyev, 2012; Rybakova, Ataev, 1985).

Исследования по выращиванию хохобы проводились в культивационном сооружении с автономным энерговодобеспечением (схема приведена на

рис. 2), которое предназначено для выращивания сельскохозяйственных растений в регионах, где отсутствуют источники пресной воды (пустынная зона, морское побережье пустынь), для использования в южных районах с дефицитом поливной и пресной воды. Это гелиосооружение представляет теплицу с аккумулятором тепла, гелиоопреснитель и осадкосборная площадка (внешняя наклонная поверхность грунтовой насыпи и дорожки вокруг тепличных блоков асфальтируются и используются для сбора атмосферных осадков). С южной стороны внутри гелиотеплицы по всей длине расположен солнечный опреснитель (15% площади теплицы), который вырабатывает пресную воду и одновременно выполняет роль аккумулятора тепла (Bayramov et al., 1980; Rybakova et al., 1985).

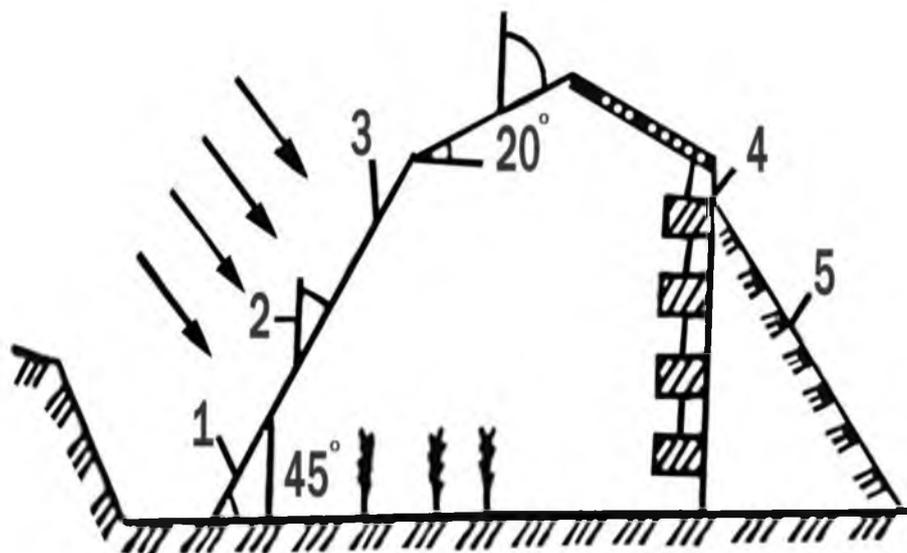


Рис. 2 Гелиотеплица с автономным энерговодобеспечением:

1 – опреснитель; 2 – форточки для проветривания; 3 – остекление; 4 – полки для рассады; 5 – грунтовая насыпь (с тыльной стороны)

Fig. 2. A solar hothouse with independent power water delivery:

1 – desalter; 2 – vents for airing; 3 – glass cover; 4 – shelves for sprouts (also heat accumulator); 5 – soil embankment at the backside

В ходе исследования рассматривались экспериментальные и теоретические вопросы водно-энергетических характеристик солнечной теплицы. В результате установлен ряд эмпирических зависимостей, которые позволяют определить формирование физических параметров воздуха, протекание процессов испарения и конденсации в объеме сооружения, водообеспеченность и нормы полива растений.

Для аналитического исследования водно-энергетических характеристик теплицы с автономным энергообеспечением составлены уравнения теплового баланса,

по влажности воздуха и почвы, и совместно решены для условий солнечной теплицы. На рисунке 3 представлены схема тепло/масса обмена теплицы с аккумулятором тепла, гелиоопреснитель и осадочная площадка. На основании схемы материального баланса составлены балансовые уравнения. Ниже представлены основы балансового уравнения и их решения в конечном виде (*принятые в тексте условные обозначения и индексы приведены в конце статьи перед списком литературы*).

Уравнения теплового баланса:

$$I_n F_n + I_p F_p + I_c F_c - Q_n^k - Q_n^l - Q_v^i - Q_p^i - Q_c^i - Q_p^i - Q_c^i - Q_{II}^m - Q^B = 0 \quad (1).$$

Уравнение материального баланса по влаге для паровоздушного пространства теплицы можно записать в виде:

$$E^n - T - E^c - E^{ak} + D_{np} - D_{pr} - \Pi^n - \Pi^c - \Pi^{ak} = 0 \quad (2).$$

Уравнение водного баланса почвы для случая установившейся предельно-полевой влагоемкости почвы:

$$W^{CH} - W^{CK} = E^n + T_0 - \Pi^n \quad (3).$$

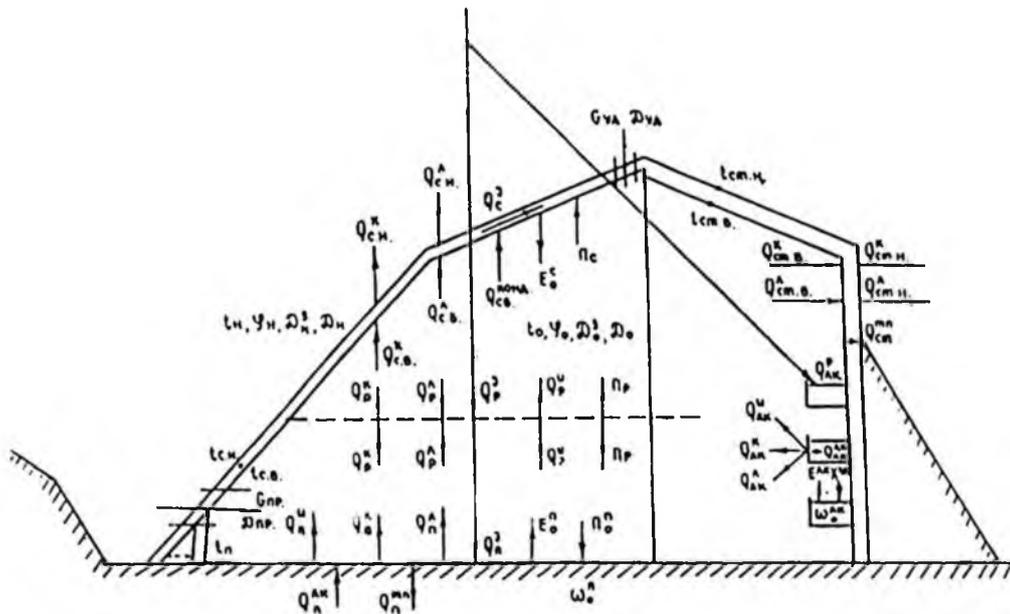


Рис. 3. Схема расчета тепло- и массообмена в солнечной теплице
 Fig. 3. Calculation scheme of heat and mass exchange in a solar hothouse

Аналогичный вид будет иметь уравнение водного баланса для грунтового аккумулятора тепла:

$$W^{ан} - W^{ак} = E^{ак} - П^{ак} \quad (4).$$

Водообеспеченность данной теплицы представлена в виде:

$$G_a^{об} = \left(1 + \frac{D}{B}\right) (G_n^{ос} + G_{cy}^{кон}) - \left(10 \sum_{n=1}^{36} G_a^{си} + \sum_{n=1}^{36} G_a^{вод.и}\right) F_a^{оп} \quad (5).$$

Общее уравнение водного баланса, как для воздушного пространства теплицы, так и для рассматриваемого слоя почвенного массива теплицы примет вид:

$$W^{ск} - W^{ак.к} = (W^{сн} - W^{ск}) - G/\gamma^B(\varphi_o D^s - \varphi_n D^s) \quad (6).$$

Как видно из уравнения (6), изменение влажности почвы и грунта аккумуляторов по времени зависит от начальных запасов влажности, физических параметров воздуха внутри и снаружи теплицы и интенсивности воздухообмена. В данном случае изменение влажности почвы и грунта аккумулятора происходит за счет испарения. Следовательно, уравнение (6) примет вид:

$$E = G/\gamma^B(\varphi_o D^s) \quad (7).$$

Полученные эмпирические результаты.

Решив эти балансовые уравнения (1 – 7) и обработав статистически на ЭВМ полученные экспериментальные данные, были установлены эмпирические зависимости, которые позволяют определить и прогнозировать по сезонам в течение года.

Из полученных эмпирических зависимостей и составленных уравнений теплового баланса по температуре, влажности, материального испарения с поверхности воды и почвы средние декадные в течение года составляют следующие параметры:

Температура воздуха

$$T = 20,3 - 4,1\sin 10n - 9,0 \cos 10n + 0,85\sin 20n - 0,1\cos 20n \quad (8);$$

Относительная влажность воздуха

$$\psi = 67,2 - 8,7\sin 10n - 13,56\cos 10n + 2,23\sin 20n - 1,38\cos 20n \quad (9);$$

Суточные значения среднедекадных изменений интенсивности испарения с поверхности почвы в гелиотеплице:

$$E^n = 2,55 - 0,5255\sin 10n - 1,14755\cos 10n + 0,187\sin 20n - 0,0425\cos 20n \quad (10);$$

С поверхности воды:

$$E^B = 2,06 - 0,63\sin 10n - 1,35\cos 10n + 0,31\sin 20n \quad (11);$$

Суммарное испарение:

$$E^c = 2,33 - 0,6242\sin 10n - 1,8266\cos 10n + 0,1255\sin 20n - 0,016\cos 20n \quad (12).$$

С помощью этих расчетных данных можно определить нормы полива для любого периода года (Баграмов, Рыбакова, 1980; Рыбакова, Атаев, 1985; Курбанов, Курбанова 1986; Пенжиев 1997; Рыбакова, Пенжиев 1996;).

С помощью полученных эмпирических зависимостей можно достаточно точно определить норму полива для любого периода года (см. рис. 3).

Оросительную норму можно (М) определить по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^{i \max} m + \sum_{i=1}^{i \max w} E \quad (13).$$

Результаты расчета нормы полива по декадам приведены в таблице 1.

Таблица 1. Нормы полива по декадам года
Table 1. Norms of watering for 10-day periods in a year

Номер декады	M_0 (мм)	E_0^B (мм)
1 – 12	140	0,33
12 – 16	140	1,28
16 – 19	140	2,46
19 – 23	140	2,80
23 – 27	140	2,66
27 – 36	120	0,33

Примечание. Например, с 1 по 12-ю декаду оросительная норма равна:
 $M = 140 \text{ мм} + 0,33 \text{ мм}$.

Рассчитав по формуле (5) водообеспеченность для побережья Каспийского моря, получили:

$$G^{OB} - [(85500+9500)(1+1,5/14)] - (10*82,17+11,72)*82 = 36825 \text{ л/год} \quad (14).$$

Следовательно, 36825 л/год воды, полученной в результате сбора атмосферных осадков и дистиллята, с учетом мобилизованной воды, достаточно для полива саженцев хохобы и других сельскохозяйственных культур. Этот расчет относится к бороздному методу полива. Конечно, применение капельного спо-

соба полива даст значительную экономию поливной воды (Баграмов, Рыбакова, 1980; Рыбакова, Атаев, 1985; Курбанов, Курбанова 1986; Рыбакова, Пенжиев 1996; Пенжиев 1997).

Была также изучена скорость суммарного испарения с поверхности воды в гелиотеплице по закону Дальтона.

Получена энергетическая зависимость для расчета E^B для случаев, когда вентиляционные форточки закрыты (1), или открыты (2):

$$E^B = 0,87 n (P^{BS} - P^{20})760 / P^6 \quad (15);$$

$$E^B = 0,74 n (P^{BS} - P^{20})760 / P^6 \quad (16).$$

Формирование температурно-влажностного режима как воздушного пространства, так и почвенного массива теплицы, и протекание процесса испарения

тесно связаны с поступлением солнечной радиации внутрь теплицы. Этот фактор особенно важен в гелиотеплицах, где солнечная энергия является единственным источником тепла.

Найдена зависимость между суммарным испарением и солнечной радиацией в условиях гелиотеплицы:

$$E = 1,469 \cdot 10^{-3} \int_{\tau_6}^{\tau_{\text{п}}} Q_6^i dt - 1.16 \quad (17).$$

С помощью формулы (17), зная суммарную солнечную радиацию, падающую на горизонтальную поверхность в течение дня в любое время года, можно определить суточное значение суммарного испарения в гелиотеплице, что дает возможность установить нормы и периоды поливов (рис. 4) в рассматриваемое время года.

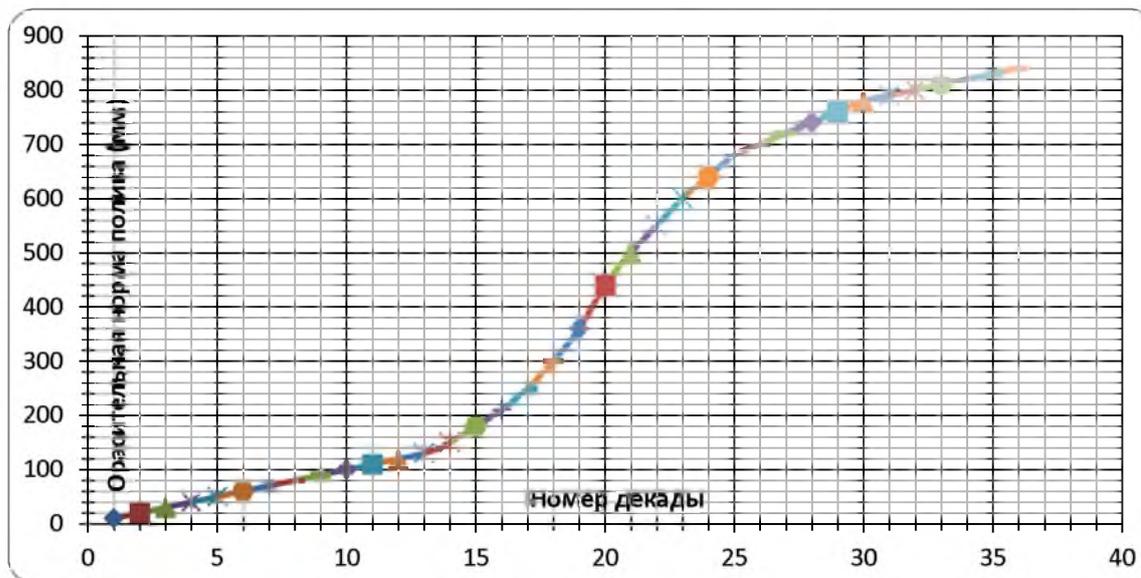


Рис. 4. Номограмма для определения периода полива по декадам
Fig. 4. Nomogram to define the time of watering in 10-day periods of a year

Регрессивная зависимость нормы полива по декадам года равна:

$$y = 28,965x - 136,97;$$

$$R^2 = 0,9469.$$

Обсуждение результатов

Агротехника. Весной в полиэтиленовые мешочки с грунтом (хорошо удобренная почва) были высеяны семена хохобы на глубину 1–2 см. Через месяц появились всходы. Когда они достигли 30–50 см высоты, их пересадили в теплицу с автономным энергообеспечением. Расстояние между сеянцами около 1 м. Растения в летний период поливали часто (два-три раза в неделю. Анализ водной вытяжки приведен в таблице 1 (Penjiyev 1996; Penjiyev 1997; Penjiyev 2001; Penjiyev 2012; Penjiyev, 2000).

Хохоба хорошо реагирует на удобрения. При подкормке азотными и фосфорными

удобрениями значительно ускоряется ее рост и развитие. Анализ питательных веществ приведен в таблице 2. Температурно-влажностный режим в теплице наблюдали в течение нескольких лет. За период исследований максимальная температура летом достигала 55,3°C, минимальная зимой – 11,8°C; максимальная влажность была 99,8%, минимальная – 10,4%. Полив первые два-три года в теплице проводили строго по полученным расчетам из эмпирической формулы для норм полива и межполивных периодов.

Таблица 2. Анализ питательных веществ в почве гелиотеплицы
Table 2. Analysis of nutrients in the soil of a solar hothouse

Глубина, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг		рН	Общая щелочность, %	Хлор, %	Сухой остаток, %	Обеспеченность питательными элементами		
		P ₂ O ₅	K ₂ O					Фосфором	Гумусом	Калием
0–10	0,84	156,0	342,0	8,1	0,032	0,024	0,162	Очень высокая	Средняя	Средняя
10–20	0,78	78,0	216,0	9,0	0,032	0,018	0,108	Очень высокая	Низкая	Низкая
20–30	0,64	48,0	180,0	8,2	0,029	0,014	0,124	Высокая	Низкая	Низкая
30–40	0,54	46,5	140,0	7,9	0,034	0,021	0,115	Высокая	Низкая	Очень низкая
40–50	0,78	40,0	130,0	8,1	0,029	0,018	0,162	Средняя	Низкая	Очень низкая

На третий-четвертый год растения (женские особи) вступили в фазу плодоношения. С одного деревца был собран урожай семян весом 0,7 кг. При посадке необходимо учитывать, что на каждые пять-семь женских экземпляров нужно иметь один мужской (Baigamov et al., 1980; Rybakova et al., 1985; Kurbanov, Kurbanova 1986; Rybakova, Penjiyev 1996; Penjiyev 1997; Penjiyev 2000; Penjiyev, 2012).

Мелиорация. Полив саженцев хохобы осуществляли за счет сбора атмосферных осадков и выработанного солнечным опреснителем дистиллята. Анализ водной вытяжки почвы в солнечной теплице приведен в таблице 3. Общая

площадь сбора осадков в данном случае равна 500 м², с нее за год было собрано 85 500 л воды. Годовая производительность составила 9500 л дистиллята. Таким образом, общее количество воды, получаемой в результате опреснения за счет солнечной энергии и сбора атмосферных осадков, составит 95 000 л. Но для полива растений требуется вода с минерализацией 1–2 г/л, поэтому перед поливом в дистиллят вносят минерализованную воду, чтобы получить поливную воду. Таким образом увеличивается общее количество запаса воды для полива. Годовая оросительная норма для хохобы 80 267 л.

Таблица 3. Анализ водной вытяжки почвы в гелиотеплице
Table 3. Analysis of a water extract in the soil of a solar hothouse

Глубина, см	НСО		Cl		SO		Ca		Mg		Na+K		Тип засоления
	%	М-экв											
0–10	0,02	0,32	0,178	5,0	0,169	3,51	0,065	3,24	0,003	0,22	0,124	5,37	Сульфатно-хлоридный
10–20	0,02	0,32	0,156	4,40	0,217	4,52	0,115	5,74	0,004	0,33	0,073	3,17	Хлоридно-сульфатный
20–30	0,017	0,28	0,149	4,20	0,175	3,64	0,075	3,74	0,004	0,33	0,093	4,05	Сульфатно-хлоридный
30–40	0,021	0,34	0,135	3,80	0,147	3,06	0,05	2,50	0,001	0,08	0,106	4,62	Сульфатно-хлоридный

Глубина, см	НСО		Cl		SO		Ca		Mg		Na+K		Тип засоления
	%	М-ЭКВ											
40-50	0,021	0,34	0,085	2,40	0,116	2,42	0,05	2,50	0,003	0,22	0,056	2,44	Хлоридно - сульфатный
50-60	0,08	0,3	0,085	2,40	0,35	7,28	0,045	2,25	0,001	0,08	0,176	7,65	Хлоридно - сульфатный

Если сопоставить количество опресненной воды после добавления минерализованной с годовой оросительной нормой, то увидим, что данная конструкция солнечной теплицы полностью обеспечивает полив хохобы, выращиваемой в ней в течение года, кроме того, еще останется 24 911 л воды, которая может быть использована для увлажнения грунтовых аккумуляторов гелиотеплицы (методом капельного полива саженцев).

Результаты. Основная масса (90%) корневой системы саженцев находятся в грунтовом слое почвы от 0 до 0,5 м. Для данной почвы (светлый серозем; объем 0,4 м³) количество воды будет равно 111 л. Из расчета эмпирических формул можно установить годовую оросительную норму для саженцев хохобы в условиях гелиотеплицы. Для площади 120 м² годовая опреснительная норма равна 99 004 л. С помощью полученных эмпирических формул (1 – 5) определили, что норма

полива составляет 971,72 мм на 1 м². Но следует отметить, что при опытно-экстремальных условиях хохоба выдержала длительную почвенную засуху (Bayramov et al., 1980; Rybakova et al., 1985; Kurbanov, Kurbanova 1986; Rybakova, Penjiyev 1996; Penjiyev 1997; Penjiyev 2000).

Заключение

На основании опытно-экспериментальных данных и результатов расчета можно констатировать, что в Туркменистане в условиях аридной экосистемы можно выращивать хохобу повсеместно в условиях закрытого и открытого грунта. Интродукция технической культуры хохобы будет имеет важное значение для развития экономики страны, как в освоении пустынь, так и в увеличении кормовой базы животных, а также в получении ценного сырья для многих отраслей промышленности.

Обозначения, принятые в тексте:

E – скорость испарения (мм/сут.);
D – абсолютная влажность воздуха (кг/м³);
W – влажность почвы (мм);
Q – тепловой поток (Вт/м²);
S – площадь (м²);
G – воздухообмен (кг/ч);
I – интенсивность солнечной радиации (Вт/м²);
T – температура воздуха (°C);
P – парциальное давление (мм. рт. ст);

B – водообеспеченность (л/год);
П – конденсация (мм/сут);
τ – время (ч);
φ – относительная влажность воздуха (%);
n – номер декады;
M – относительная норма полива (мм);
Ш – норма полива (мм);
To – транспирация (мм/сут)

Индексы:

Σ – суммарная,	кон – конденсация,
п – почва,	си – сумма испарений,
с – стекло,	и – испарения,
ак – аккумуляторы,	ор – орошаемое,
в – воздух,	s – насыщение паров,
р – растения,	н – наружное,
к – конвекция,	о – внутри теплицы,
л – лучистый,	ср – среднее,
т.п. – теплопотери,	п – номер декады,
пр – приточный,	б – барометрическое,
сн – начальное количество влаги в почве,	вод – вода,
ск – конечное количество влаги в почве,	су – солнечная установка,
ос – осадки,	уд – удаляемое,
	вз – влажность завядания.

References/Литература

- Bayramov R., Rybakova L. E. et al.* Experimental researches temperature – humidity of a mode and evaporation in a solar hothouse // *Izv. AN TSSR, ser. FTiGN. Ashkhabad : Izd-vo “Ylym”, 1980, no. 1, pp. 29–34 [in Russian] (Байрамов Р., Рыбакова Л. Е. и др. Экспериментальные исследования температурно-влажностного режима и испарения в гелиотеплице // Изв. АН ТССР, сер. ФТХиГН. Ашхабад: Изд-во «Ылым», 1980. № 1. С. 29–34).*
- Kurbanov N. G., Kurbanova G. G.* The quantitative description of temperature modes constructions warmed on solar heating // *TurkmenNIINTI. Ashkhabad, 1986, 60 p. [in Russian] (Курбанов Н. Г., Курбанова Г. Г. Количественное описание температурных режимов культивационных сооружений, обогреваемые на солнечном обогреве // ТуркменНИИНТИ. Ашхабад, 1986. 60 с.)*
- Penjiyev A. M.* Research a commercial crop *jojoba* in the conditions of an arid zone of Turkmenistan// *Ashkhabad: Arid ekosistes, 2002, vol. 8, no. 17, pp. 56–63 [in Russian] (Пенджиев А. М. Исследование интродукции технической культуры хохоба в условиях аридной зоны Туркменистана // Аридные экосистемы. 2002. Т. 8, №17. С. 56–63).*
- Penjiyev A. M.* Cultivation experience in the conditions *jojoba* of an arid zone // *Problems of desert development. 1997, no. 6, pp. 86–92 [in Russian] (Пенджиев А. М. Опыт возделывания хохобы в условиях аридной зоны // Проблемы освоения пустынь. 1997. № 6. С. 86–92).*
- Penjiyev A. M.* The agricultural technician of cultivation of a melon tree (*Carica papaya* L.) in the conditions of the protected ground in Turkmenistan // *Abstract on competition of a scientific degree the doctor of sciences, Moscow, 2000, 54 p. [in Russian] (Пенджиев А. М. Агротехника выращивания дынного дерева (Carica papaya L.) в условиях защищенного грунта в Туркменистане // Автореф. дис. ... канд. технич. наук. М., 2000. 54 с.)*
- Penjiyev A. M.* Mathematical modelling of warmly technical calculations of a microclimate and agroclimatic division into districts solar hothouse // *The international scientific magazine “Geliotehnika”. Tashkent, 2001, no. 3, pp. 53–63 [in Russian] (Пенджиев А. М. Математическое моделирование теплотехнических расчетов микроклимата и агроклиматическое районирование гелиотеплицы // Междун. научн. журн. «Гелиотехника». Ташкент, 2001. № 3. С. 53–63).*
- Penjiyev A. M.* Environmental problems of

- development of deserts // LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2014, 226 p.
- Rybakova L. E., Ataev P. Ch. Operation of solar hothouses // TurkmenNIINTI, Ashkhabad, 1985, 30 p. [in Russian] (Рыбакова Л. Е., Атаев П. Ч. и др. Эксплуатация солнечных теплиц. // ТуркменНИИТИ, Ашхабад, 1985. 30 с.).
- Rybakova L. E., Penjiyev A. M. Mathematical model of calculation of a temperature mode of sheet in conditions trench hothouses // Izv. AN TSSR, ser. FTHiGN. Ashkhabad: Izd-vo "Ylym", 1996, no. 2. pp. 23–29 [in Russian] (Рыбакова Л. Е., Пенджиев А. М. Математическая модель расчета температурного режима листа в условиях траншейной теплицы / Изв. АН ТССР, сер. ФМТХиГН. 199., № 2. С. 23–29).
- Penzhiev A. M. Experience gained in cultivating jojoba under arid zone conditions // Problems of desert development, allerton press, Inc. New-York, 1997, no. 6, pp. 83–87.
- Penzhiev A. M. Ecoenergy resources of greenhouse facilities in the arid zone // Problems of desert development, allerton, Inc. New-York, 1998, no. 5, pp. 79–85.
- Kim Yu. M., Talalova E. E. *Simmondsia* – a new industrial crop // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding. 1989, vol. 125, pp. 9–15 [in Russian] (Ким Ю. М., Талалова Е. Е. Хохоба – новая техническая культура // Сб. трудов по прикл. бот., ген. и сел. 1989. Т. 125. С. 9–15).
- Lemeshev N. K., Kim Yu. M., Talalova E. E. Vegetative reproduction of *Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding. 1989, vol. 125, pp. 15–18 [in Russian] (Лемешев Н. К., Ким Ю. М., Талалова Е. Е. Вегетативное размножение хохобы (*Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider) in Central Asia // Сб. трудов по прикл. бот., ген. и сел. 1989. Т. 125. С. 15–18).
16. Andronova E. V., Eldashev Ch. Zh. Reproductive biology of *Simmondsia chinensis* (Link.) Schneid. in Central Asia // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding. 1991, vol. 144, pp. 171–181 [in Russian] (Андропова Е. В., Елдашев Ч. Ж. Репродуктивная биология хохобы в Средней Азии // Сб. трудов по прикл. бот., ген. и сел. 1991. Т. 144. С. 171–181).
- Агаев М. Г., Кортышева Е. А. Variability of morphological characters of *Simmondsia chinensis* (Link.) Schneid. in conditions of Central Asia // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding. 1991, vol. 144, pp. 181–185 [in Russian] (Агаев М. Г., Кортышева Е. А. Морфологическая изменчивость (*Simmondsia chinensis* (Link.) Schneider) // Сб. трудов по прикл. бот., ген. и сел. 1991. Т. 144. С. 181–186).
- Jermanos D. M. Jojoba – a crop whose time has come // Calif. Agric. 1979, no. 6/7.