

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 631.95

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ РАСТЕНИЙ С ПОЗИЦИЙ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

ГРИШИН АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, докт. техн. наук

E-mail: 5145411@mail.ru

ГРИШИН АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, канд. экон. наук

E-mail: 5145412@mail.ru

ГРИШИН ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ

E-mail: 5145409@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

Из ранее известных подходов в использовании теорий в практике влагообеспеченности растения наиболее перспективным является подход, основанный на биоэнергетической теории продуктивности. Сделан краткий обзор теорий и открытий в практике влагообеспеченности растения и методов ее оценки. Предложено оценивать потребность растений в воде количеством, которое необходимо израсходовать на транспирацию, чтобы испарительным охлаждением снизить температуру листа растения до значения температурного оптимума фотосинтеза. Показано, что оптическое излучение, наряду с фотосинтезным, оказывает и другие воздействия на растение (тепловое, фотопериодическое, фотоморфогенное и др.). Предложено перевести показатели (критерии), характеризующие основные условия внешней среды на термодинамическую основу. Цель исследований – обоснование аналитической зависимости учета влияния облученности и температуры на влагообеспеченность растений. При помощи экспериментальных замеров и расчетов испаряемой воды получены две выборки расходов испарительного охлаждения, которые имеют одинаковые характеристики. На основе анализа результатов исследований получена аналитическая зависимость испаряемой воды при постоянной освещенности в виде полинома второй степени. Указано, что после момента включения освещения сначала идет снижение испаряемой воды, а после наступает фаза активного фотосинтеза и происходит рост испаряемой воды. Установлено, что с учетом биоэнергетических аспектов обеспечение растения водой следует осуществлять из средней величины, равной 0,7 г/ч, а с наступлением активной фазы фотосинтеза ежедневно вносить поправку согласно выведенной зависимости.

Ключевые слова: влагообеспеченность растения, биоэнергетическая теории продуктивности, транспирация, температурный оптимум фотосинтеза.

Формат цитирования: Гришин А.П., Гришин А.А., Гришин В.А. Влагообеспеченность растений с позиций биоэнергетического подхода // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N1(89). С. 4-9.

WATER SUPPLY OF PLANTS VIEWED FROM THE STANDPOINT OF THE BIOENERGY APPROACH

ALEKSANDR P. GRISHIN, DSc (Eng.)

E-mail: 5145411@mail.ru

ANDREY A. GRISHIN, Ph. D. (Econ)

E-mail: 5145412@mail.ru

VLADIMIR A. GRISHIN

E-mail: 5145409@mail.ru

Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM; 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

The most promising of the previously known approaches in the use of theories in the practice of water supply of plants is the approach based on the bioenergy theory of productivity. The paper contains a brief review of conventional approaches to the use of theories and discoveries in the practice of water supply of plants and methods of its evaluation. It is proposed to estimate

the need of plants for water by the amount that should be spent on transpiration to reduce the plant leaf temperature to the optimum temperature for photosynthesis by evaporative cooling. It is shown that optical radiation, along with photosynthetic radiation, has other effects on plants (thermal, photoperiodic, photomorphogenic, etc.). The authors suggest identifying the transferability of indicators (criteria) describing the basic conditions of the external environment on thermodynamic basis. Thus, the research purpose is to justify the analytical dependence to take into account the influence of these factors on the water supply of plants. With the help of experimental measurements and calculations of evaporated water, two samples of water lost in evaporative cooling are obtained, which have the same characteristics. On the basis of the carried out researches, the analytical dependence of evaporated water at constant illumination is obtained in the form of a polynomial of the second degree. It is shown that when lighting is switched on, the evaporated water first decreases, and then the phase of active photosynthesis occurs, and the amount of evaporated water grows. It has been found that taking account of bioenergetic aspects, the plant should be provided with water at an average rate of 0.7 g/h, and with the onset of the active phase of photosynthesis, an hourly amendment should be made according to the obtained dependence.

Key words: water supply of plants, bioenergy theory of productivity, transpiration, temperature optimum of photosynthesis.

For citation: Grishin A.P., Grishin A.A., Grishin V.A. Vлагообеспеченност' rasteniy s pozitsiy bioenergeticheskogo podkhoda [Water supply of plants viewed from the standpoint of the bioenergy approach]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 1(89): 4-9. (in Rus.).

Введение. Наиболее перспективным из ранее известных подходов в использовании теорий в практике влагообеспеченности растения, на наш взгляд, является подход, основанный на биоэнергетической теории продуктивности [1], в основе которой лежит принцип энергетической экстремальности самоорганизации (ПЭЭС) развития растения, состоящий в стремлении обеспечить наиболее полное использование свободной (доступной) энергии в существующих условиях внешней среды. Формирование органической массы или урожая растениями в своей основе представляет процесс преобразования электромагнитной энергии оптического излучения (света) с участием воды и углекислого газа в химическую энергию вновь созданных органических веществ. Этот процесс, как и любой другой процесс преобразования энергии, необходимо рассматривать на основе законов термодинамики.

Основной источник воды для растений – почва, в которой запасы воды определяются климатом, количеством осадков, наличием грунтовых вод, конденсацией влаги воздуха. Максимально возможное накопление воды в почве – полная полевая влагемкость (ППВ) – характеризует ее водоудерживающую способность. Ее варьирование определяется разным типом почвы.

Вторым важным показателем режима влажности почвы является влажность устойчивого завядания; под ней понимается такая влажность почвы, при которой наступают видимые признаки завядания листьев. Более точную оценку количественной доступности почвенной влаги для растений можно получить, используя величины, обоснованные законами термодинамики. К таким величинам относятся водный потенциал и градиент водного потенциала [2-4].

Высказывается мнение [5], что движущими силами переноса воды на разных участках системы не обязательно могут быть только водные потенциалы. Имеет место, очевидно, активный перенос воды за счет расхода свободной энергии растениями.

Как указывает Н.С. Петин [6], в практике орошаемого земледелия считается наиболее целесообразным поддерживать влажность почвы в пределах от 50 до 80% ПВ в зависимости от биологических особенностей растения, фазы его онтогенеза, уровня агротехники, почвенно-гидрологических и климатических условий.

При переувлажнении почвы из ее пор вытесняется воздух, что неблагоприятно сказывается на росте, поглотительной деятельности корней и их метаболизме [7].

Методика расчета влагообеспеченности растений [8] основана на учете климатических условий и биологических свойств растений. При этом учитывают такие факторы, как испаряемость, влагозапасы почвы, вид и сорт растений и фазы их развития.

Основная сложность обоснования обобщенного показателя потребности растений в воде связана с выбором исходных положений или закономерностей, которые бы позволили дать определение этому показателю. Представляется целесообразным в этом выборе отдать предпочтение закономерности биоэнергетической целенаправленности живых систем, так как до настоящего времени не известны другие общие закономерности, которые позволили бы определить общую направленность метаболических процессов растительных организмов и их сообществ.

Имеется большое количество данных о зависимости скорости фотосинтеза от температуры при разных значениях облученности [9, 10].

В целях разработки комплексного критерия обобщенной количественной оценки основных агроэкологических факторов (облученности, температуры и влажности) необходимо представлять, что критерий влагообеспеченности растений можно было бы непосредственно измерять или чтобы он выражался через измеряемые величины.

Непосредственное приложение второго закона термодинамики в его классической форме к биологическим преобразователям энергии затруднено особыми (специфическими) свойствами этих преобразователей. В последние годы установлена общеэкологическая закономерность биоэнергетической целенаправленности живых систем, которая отражает особенность проявления второго закона термодинамики в живых системах [11]. Согласно этой закономерности, живые системы в своем развитии и функционировании стремятся наиболее полно использовать свободную (доступную) энергию. На основе сущности этой закономерности вытекает необходимость количественной оценки свободной энергии на входе в биологические системы при рассмотрении их продукционных процессов.

Основной поток свободной энергии входит в естественные фитоценозы и агрофитоценозы в виде электромагнитных световых излучений (СИ). Оптическое излучение является основным энергетическим входом в систему естественных фитоценозов и агроценозов. Основным процесс преобразования энергии этими системами – фотосинтез. Количественная оценка свободной энергии на входе в эти преобразователи представляет собой оценку основного входа – оптического излучения – по отношению к основному процессу – фотосинтезу.

Метод количественного учета фотосинтезной эффективности оптического излучения, разработанный ранее [12], обеспечил перевод показателя (критерия) оценки наиболее важного ведущего экологического фактора произрастания растений на термодинамическую основу. Используя оценку фотосинтезной эффективности ОИ, нужно иметь в виду, что оптическое излучение, наряду с фотосинтезным, оказывает и другие воздействия на растения (тепловое, фотопериодическое, фотоморфогенное и др.). Для учета этих воздействий необходимо использовать другие критерии (показатели).

В литературе по экологии все чаще факторы внешней среды разделяют на первичные (ведущие, определяющие) и вторичные (корректирующие) [13, 14]. В качестве основных выделяются энергетические факторы [15]. Такими основными энергетическими факторами для данного случая являются энергия оптического излучения, тепловой режим, а также режим влагообеспеченности растений.

Целесообразно выявить возможность перевода показателей (критериев), характеризующих и другие основные условия внешней среды, на термодинамическую основу [16].

При изучении продуктивности растений для оценки влажностного режима наиболее часто пользуются показателями влажности воздуха и почвы. В исследованиях, посвященных изучению состояния и передвижения воды в системе «почва-растение-атмосфера», используют величины водного потенциала и градиента водного потенциала, которые, по существу, содержат термодинамическую основу. Это обуславливает возможность успешного поиска комплексных термодинамических показателей, характеризующих потребность растений в воде и их влагообеспеченность.

Цель исследований – обосновать аналитическую зависимость учета влияния облученности и температуры на влагообеспеченность растений.

Объект и методы исследований. Для учета основных агроэкологических факторов – облученности и температуры – использовались соответствующие датчики.

Наряду с экспериментальными замерами испаряемой воды, были проведены расчеты этого количества воды на основе законов термодинамики, то есть через нагрев лучистой теплотой СИ листа растения земляники садовой биспектральной лампой синего (455 нм) и красного (650 нм) цвета в соотношении 2:10.

В ходе эксперимента была обеспечена такая герметичность субстрата с корневой системой, чтобы изменение массы зависело только от испарения посредством транспирации.

Результаты и обсуждение. Влагообеспеченность будет определяться тем количеством воды, которое необходимо восполнить при испарении в процессе транспирации [17].

Испарение – это эндотермический процесс, при котором поглощается теплота фазового перехода, затрачиваемая на преодоление сил молекулярного сцепления в жидкой фазе и на работу расширения при превращении жидкости в пар.

Иными словами, жидкость испаряется при постоянной температуре, характеризующей стационарность неравновесного фазового перехода, в открытой нелинейной динамической структуре транспирационного охлаждения [18]. Тепловая эксергия E_m СИ является переменной порядка самоорганизующегося процесса транспирации и источником энергии внешней среды. При этом расход транспирации q_T является параметром управления. Математически самоорганизующийся процесс транспирации можно записать в виде взаимосвязи переменной порядка и параметра управления:

$$(t_n - t_o) M_n C_n = E_m \subset q_T r_e. \quad (1)$$

Отсюда следует, что потребность растений в воде будет определяться тем ее количеством, которое необходимо израсходовать на транспирацию, чтобы испарительным охлаждением снизить температуру листа растения t_n до значения температурного оптимума фотосинтеза t_o . Важно выявить это количество наиболее достоверно.

Это количество воды (q_T) можно рассчитать, пользуясь выражением

$$q_T = \frac{(t_n - t_o) M_n C_n}{r_e}, \quad (2)$$

где M_n – общая масса листьев, C_n – удельная теплоемкость массы листьев, r_e – удельная теплота испарения воды.

Так как основное количество воды, потребляемой растением из почвы, расходуется им на транспирацию, то естественно предположить, что основное назначение транспирации – снижение температуры листа растения и приближение ее к температурному оптимуму фотосинтеза. Для тех случаев, когда фотосинтезная облученность высокая и температура листа растения t_n превышает температурный оптимум фотосинтеза t_o , для данного уровня облученности, можно считать, что потребность растений в воде будет определяться тем ее количеством, которое необходимо израсходовать на транспирацию, чтобы испарительным охлаждением снизить температуру листа растения до значения температурного оптимума фотосинтеза.

Снижение температуры листа растения транспирационным охлаждением на величину ΔT_o , благодаря приближению ее к температурному оптимуму фотосинтеза, обеспечивает дополнительное накопление растением свободной энергии за счет увеличения скорости фотосинтеза и увеличения коэффициента использования приходящей фотосинтезной эксергии. При помощи экспериментальных замеров и расчетов испаряемой воды получены две выборки расходов испарительного охлаждения с количеством наблюдений $n_1 = n_2 = 21$.

Значения выборок величин испаряемой воды имели случайные отклонения, поэтому после определения матожидания (МО) временные ряды были подвергнуты статистической обработке на предмет проверки гипотезы о случайности выборки, то есть об отсутствии существенного смещения от МО методом последовательных разностей для обеих выборок (таб.).

Расчетные и экспериментальные показатели процесса испарительного охлаждения

Calculated and experimental indicators of evaporative cooling

Показатель	Выборка расчетная	Выборка экспериментальная
Аналитическое выражение, τ – время	$Q_{исч} = 0,0039\tau^2 - 0,1179\tau + 1,3866$	$Q_{исч} = 0,0045\tau^2 - 0,1266\tau + 1,3667$
Время экстремума, ч	16,4	14,0
Матожидание	0,71	0,68
Дисперсия	0,20	0,18
Фактический критерий согласия	0,57	0,56
Теоретический критерий согласия	0,32	0,32
Статистика фактическая о равенстве матожидания	0,22	
Статистика теоретическая о равенстве матожидания	1,65	

Анализируя значения данных таблицы, можно сделать следующие выводы.

Так как значения испаряемой воды при действии СИ имеют случайные отклонения от МО в своей выборке и все они относятся к одной и той же величине (фактическое значение критерия больше теоретического), то величины испаряемой воды для экспериментальной выборки – 0,68 г/ч и для расчетной – 0,71 г/ч, можно считать постоянными для своей выборки и равными величине влагообеспеченности (с биоэнергетических позиций для максимума фотосинтеза).

Матожидания каждой выборки имеют одинаковый порядок и отличаются на величину, равную 4%. Проверим гипотезу о равенстве оценок матожидания двух выборок, то есть подтвердим, что расхождение носит случайный характер.

Выборки имеют оценки матожиданий $\tilde{m}_{q1} = 0,71$ и $0,68$, а также оценки дисперсий $(\tilde{\sigma}_{q1})^2 = 1,26$ и $(\tilde{\sigma}_{q2})^2 = 1,2$. Если нулевая гипотеза справедлива, то статистика вида (при условии $n_1 = n_2$)

$$t = \frac{|\tilde{m}_{q1} - \tilde{m}_{q2}|}{\sqrt{\frac{\tilde{\sigma}_{q1}^2 + \tilde{\sigma}_{q2}^2}{n}}} = 0,22 \quad (3)$$

имеет t -распределение Стьюдента. Это означает, что по таблице t -распределения, для числа степеней свободы $k = n_1 + n_2 - 2 = 40$ и вероятности $p = 0,95$ можно определить критическое значение $t_{k,p}$, для которого все меньшие вычисленные статистики будут являться признаком опровержения конкурирующей гипотезы, то есть позволят с надежностью $p = 0,95$ утверждать, что расхождение матожиданий является незначимым. В нашем случае показатели $t_{40,0,95} > t = 1,65 > t = 0,22$, свидетельствуют, что расхождение матожиданий есть результат случайных отклонений.

Поскольку причина расхождений матожиданий заключается в случайных отклонениях, то можно сделать вывод: гипотеза о том, что оценки матожиданий относятся к выборкам с различными матожиданиями, неверна.

Таким образом, для достижения требуемой влагообеспеченности необходимо подавать в субстрат 0,7 г питательного раствора каждый час.

Выводы

1. Получена аналитическая зависимость испаряемой воды при постоянной освещенности в виде полинома второй степени $Q_{исч} = 0,0042\tau^2 - 0,1223\tau + 1,3767$.

2. После момента включения освещения сначала идет снижение испаряемой воды; после $\tau = 15$ ч наступает фаза активного фотосинтеза и происходит рост испаряемой воды.

3. С учетом биоэнергетических аспектов обеспечивать растению водой следует по значению средней величины (МО = 0,7 г/ч), а с наступлением активной фазы фотосинтеза ежедневно вносить поправку согласно выведенной зависимости п. 1.

Библиографический список

- Мудрик В.А., Свентицкий И.И. Биоэнергетические аспекты оценки влагообеспеченности растений. Пушкино: Пушкинский центр биологических исследований АН СССР, 1981.
- Слейчер Р. Водный режим растений. М.: Мир, 1970.
- Honert Vanden T.H. Water transport in plants a catenary process. Discuss. Faraday Soc., 1948; 3: 146-153.
- Бихеле З.Н., Молдау Х.А., Росс Ю.К. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. Л.: Гидрометеоздат, 1980.
- Ray P.M. On the theory of osmotic water movement. PI. Physiol., Lancaster, 1960; 35: 783-795.
- Петин Н.С. Физиология орошаемых сельскохозяйственных растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 159 с. (14-е Тимирязев. чтение).
- Жолкевич В.Н., Гусев Н.А., Капля А.В. и др. Водный обмен растений. М.: Наука, 1989. 256 с.
- Мазиров М.А., Шеин Е.В., Корчагин А.А., Шушкевич Н.И., Дембовецкий А.В. Полевые исследования свойств почв. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. 72 с.
- Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеоздат, 1964.
- Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978.
- Свентицкий И.И., Сторожев П.И. Определение температурного оптимума фотосинтеза

растений // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1972. № 6. С. 16-17.

12. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. М., Изд-во МГУ, 1979.

13. Гришин А.П., Гришин А.А., Гришин В.А. Разработка интеллектуальных автоматизированных систем и технологий, роботизированных технических средств, беспилотных машин и агрегатов в сельскохозяйственном производстве – Разработка технического задания на создание аппаратного и программного обеспечения для автономного передвижения мобильных роботизированных комплексов: Отчет о НИР Лаборатории разработки робототехники ФГБНУ ФНАЦ ВИМ за 2017 год.

14. Гришин А.П. Энергетические потоки процесса транспирации у растений // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сб. науч. докладов Междунар. науч.-техн. конф. (15-16 сентября 2015 г.). Ч. 2. М.: ФГБНУ ВИМ, 2015. С. 210-214.

15. Гришин А.П. Создание технических систем управляемого водопользования в сельском хозяйстве: Дис. ... докт. техн. наук. ВИМ, 2012.

16. Гришин А.А., Гришин А.П. Транспирация растений как диссипативный процесс с временной фрактальной структурой // Найновите научни постижения / Материали за 10-а международна научна практична конференция (17-25 март 2014 година, София). Т. 27. Селско стопанство. Ветеринарна наука. С.: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2014. С. 44-51.

17. Гришин А.П., Гришин А.А., Гришин В.А. Водный режим рассады огурца, томата и фасоли // News of science and education. Publishing House «Education and Science» s.r.o. (Прага), 2017; 5(4): 053-060.

18. Гришин А.П., Гришин А.А., Гришин В.А. Принцип энергоинформационного единства в технологиях управляемого водопользования // *Nastolení moderní vědy – 2014: Materiály X mezinárodní vědecko – praktická conference (27 září – 05 října 2014 roku, Praha) Díl 12. Matematika. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura. Tělovýchova a sport.* P.: Publishing House «Education and Science» s.r.o s. 48-53.

References

1. Mudrik V.A., Sventitskiy I.I. Bioenergeticheskiye aspekty otsenki vlogoobespechennosti rasteniy [Bioenergetic aspects of plant water supply]. Pushchino, Pushchinskiy tsentr biologicheskikh issledovaniy AN SSSR, 1981. (In Rus.)

2. Sleycher R. Vodnyy rezhim rasteniy [Water supply mode of plants]. Moscow, Mir, 1970. (In Rus.)

3. Honert Vanden T.H. Water transport in plants a catenary process. Discuss. Faraday Soc., 1948; 3: 146-153. (In English)

4. Bikhele Z.N., Moldau Kh.A., Ross Yu.K. Matematicheskoye modelirovaniye transpiratsii i fotosinteza rasteniy pri nedostatke pochvennoy vlagi [Mathematical modeling of transpiration and photosynthesis of plants under insufficient soil moisture]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1980. (In Rus.)

5. Ray P.M. On the theory of osmotic water movement. PI. Physiol., Lancaster, 1960; 35: 783-795. (In English)

6. Petinov N.S. Fiziologiya oroshayemykh sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [Physiology of irrigated agricultural crops]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1962: 159. (14-ye Timiryazev. chteniye). (In Rus.)

7. Zholkevich V.N., Gusev N.A., Kaplya A.V. et al. Vodnyy obmen rasteniy [Water metabolism of plants]. Moscow, Nauka, 1989: 256. (In Rus.)

8. Mazirov M.A., Shein Ye.V., Korchagin A.A., Shushkevich N.I., Dembovetskiy A.V. Polevyeye issledovaniya svoystv pochv: Uchebnoye posobiye [Field studies of soil properties: Tutorial.]. Vladimir, Izd-vo VIGU, 2012: 72. (In Rus.)

9. Alpat'yev A.M. Vlogooborot kul'turnykh rasteniy [Moisture circulation in cultivated crops]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1964. (In Rus.)

10. Larkher V. Ekologiya rasteniy [Plant ecology]. Moscow, Mir, 1978. (In Rus.)

11. Sventitskiy I.I., Storozhev P.I. Opredeleniye temperaturnogo optimuma Fotosinteza rasteniy [Determination of optimal temperatures for photosynthesis in plants]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaystva.* 1972. No. 6. (In Rus.)

12. Sudnitsyn I.I. Dvizheniye pochvennoy vlagi i vodopotrebleniye rasteniy [Movement of soil moisture and water consumption of plants]. Moscow, Izd-vo MGU, 1979. (In Rus.)

13. Grishin A.P., Grishin A.A., Grishin V.A. Razrabotka intellektual'nykh avtomatizirovannykh sistem i tekhnologiy, robotizirovannykh tekhnicheskikh sredstv, bespilotnykh mashin i agregatov v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve – Razrabotka tekhnicheskogo zadaniya na sozdaniye apparatnogo i programmnoho obespecheniya dlya avtonomnogo peredvizheniya mobil'nykh robotizirovannykh kompleksov: Otchet o NIR Laboratorii razrabotki robototekhniki FGBNU FNATS VIM za 2017 god [Development of intelligent automated systems and technologies, robotic hardware, unmanned vehicles and units in agricultural production – Development of technical specifications for the creation of hardware and software for the autonomous movement of mobile robotic complexes: Report on the R&D Laboratory of Robotics Development at Federal Agroengineering Center VIM for 2017]. (In Rus.)

14. Grishin A.P. Energeticheskiye potoki protsessa transpiratsii u rasteniy [Energy flows of the transpiration process in plants]. *Intellektual'nyye mashinnyye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. dokladov Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* (September 15-16, 2015). Part. 2. Moscow, FGBNU VIM, 2015: 210-214. (In Rus.)

15. Grishin A.P. Sozdaniye tekhnicheskikh sistem upravlyayemogo vodopol'zovaniya v sel'skom khozyaystve [Designing technical systems of controlled water use in agriculture]: DSc (Eng) thesis. VIM, 2012. (In Rus.)

16. Grishin A.A., Grishin A.P. Transpiratsiya rasteniy kak dissipativnyy protsess s vremennoy fraktal'noy strukturoy. *Naynovite nauchni postizheniya* [Plant transpiration as a dissipative process with a temporary fractal structure]: Materiali za 10-a mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya (17-25 mart 2014 godina, Sofiya). Vol. 27. Selsko stopanstvo. Veterinarna nauka. S.: “Byal GRAD-BG” OOD, 2014: 44-51. (In Rus.)

17. Grishin A.P., Grishin A.A., Grishin V.A. Vodnyy rezhim rassady ogurtsa, tomata i fasoli [Water supply mode of cucumber, tomato and beans seedlings]. *News of science and education*. Publishing House "Education and Science" s.r.o. (Praga), 2017; 5(4): 053-060. (In Rus.)

18. Grishin A.P., Grishin A.A., Grishin V.A. Print-sip energoinformatsionnogo yedinstva v tekhnologiyakh

upravlyayemogo vodopol'zovaniya The principle of energy informational uniformity in water management technologies]. *Nastolení moderní vědy – 2014: Materiály X mezinárodní vědecko – praktická konference (27 září – 05 října 2014 roku, Praha) Díl 12. Matematika. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura. Tělovýchova a sport*. P.: Publishing House "Education and Science" s.r.o s. 48-53. (In Rus.)

Критерии авторства

Гришин А.П., Гришин А.А., Гришин В.А. провели обобщение и написали рукопись. Гришин А.П., Гришин А.А., Гришин В.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 27.09.2018

Contribution

Grishin A.P., Grishin A.A., Grishin V.A. summarized the material and wrote the manuscript. Grishin A.P., Grishin A.A., Grishin V.A. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on September 27, 2018

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 635.25/26:631.315.2:631.332

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДКАПЫВАЮЩЕГО ЛЕМЕХА МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И ЛУКА

СИБИРЕВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник¹

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

АКСЕНОВ АЛЕКСАНДР ГЕННАДЬЕВИЧ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник¹

МОСЯКОВ МАКСИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ, аспирант²

E-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Качество уборки лука определяется работой выкапывающего рабочего органа, так как в зависимости от его типа и технологических параметров зависят конструктивно-технологические параметры сепарирующих устройств. Представлены результаты исследований по обоснованию оптимальных технологических параметров выкапывающего лемеха для уборки корнеплодов и лука в зависимости от изменения физико-механических свойств материала, взаимодействующего с исследуемым рабочим органом (глубина подкапывания и поступательная скорость движения). Обоснованы основные конструктивные и технологические параметры исследуемого подкапывающего рабочего органа. Получены формулы, позволяющие определить оптимальный радиус кривизны формы рабочей поверхности подкапывающего лемеха в полярных координатах и дифференциального уравнения движения частицы почвы по поверхности лемеха для подкапывания корнеплодов и лука. Представлены результаты исследований по обоснованию конструкции подкапывающего лемеха по наибольшей скорости подъема частицы почвы в зависимости от формы его рабочей поверхности. Установлено, что подкапывающий лемех с рабочей поверхностью, выполненной по спирали Архимеда, способен обеспечивать наиболее качественный процесс извлечения корнеплодов и лукович из почвы.

Ключевые слова: подкапывающий лемех, корнеплоды, лук, конструктивные параметры, длина, радиус кривизны, скорость подъема частиц почвы.

Формат цитирования: Сибирев А.В., Аксенов А.Г., Мосяков М.А. Обоснование конструктивных и технологических параметров подкапывающего лемеха машины для уборки корнеплодов и лука // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N1(89). С. 9-14.