

THEORETICAL ASPECTS OF JOINT CULTIVATION OF VEGETABLE AND MUSHROOM PRODUCTS INDOORS

Penkova R. I., Mayer A. V.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 01.02.2024

Submitted 04.03.2024

Summary

This article proposes a technology for simultaneous cultivation of mushroom, berry or vegetable products in a greenhouse consisting of two chambers – oxygen and carbon dioxide. The cultivation technology is based on the principle of plant responsiveness to aeration. During aerobic respiration, the amount of carbon dioxide released is approximately equal to the amount of oxygen absorbed, taking into account this pattern, a technology for cultivating the studied crops was proposed.

Abstract

Introduction. Conducting joint research using sheltering greenhouses or tunnels, when cultivating fruit and mushroom products with mutual gas exchange, will lead to mutual and beneficial development of plants for further fruiting. **Object.** Prefabricated greenhouses made with transparent or darkened half-polypropylene. The greenhouse is divided into two equal halves by a partition for the separate cultivation of mushrooms and fruit and vegetable products, i.e. each crop has its own separate section. **Materials and methods.** Soil racks are located in each half of the greenhouse, for the cultivation of products. In one half, a mushroom culture is cultivated, in the other, any other culture that absorbs carbon dioxide and releases oxygen during respiration, which will flow as a result of gas exchange through exhaust fans to the other half of the greenhouse. To monitor the level of carbon dioxide in the mushroom cultivation compartment, a carbon dioxide (CO₂) detector is installed, with which the required level is maintained (up to 0.5%). The source of materials for growing mushrooms and vegetables are the theoretical and practical developments of scientists at VNIOZ and VNIIGIM. **Results and conclusions.** As a result of the development, the prefabricated greenhouse is equipped with a low-volume irrigation system of the pipeline drip type with nozzles of fine sprinkling to maintain the necessary thresholds of soil moisture and air temperature. Two electric fans built into the partition from different sides and at different heights (in our case, greenhouses), will facilitate mutual gas exchange with timely activation, for the distillation of carbon dioxide and oxygen from one half of the greenhouse to the other, released during respiration by cultivated crops.

Keywords: indoor vegetable growing, joint cultivation of vegetables, mushroom cultivation.

Citation. Penkova R. I., Mayer A. V. Theoretical aspects of joint cultivation of vegetable and mushroom products indoors. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 377-383 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-44.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВМЕСТНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНОЙ И ГРИБНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ

Пенькова Р. И., научный сотрудник

Майер А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

*ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Организация совместного производства плодово-ягодной и грибной продукции с использованием укрывных теплиц или пленочных тоннелей, при взаимном газообмене углекислого газа и кислорода, приведет к более рациональному развитию и увеличению урожайности выращиваемых культур. **Объектом** исследования являются сборно-разборные теплицы выполненные из прозрачного или затемненного полипропилена. Теплица разделена на две равные половины перегородкой для разграничения пространства под выращивание грибов и плодово-

ягодной продукции, т.е. для каждой культуры предназначена отдельная секция. В целях организации газообмена в конструкции сборной теплицы предусмотрен монтаж вытяжных вентиляторов. **Материалы и методы.** В каждой половине теплицы располагаются почвенные стеллажи, для дальнейшего размещения в них планируемых для производства культур. Предлагается в одной из половин разместить грибницы, а в другой – любую другую культуру, которая в процессе жизнедеятельности поглощает углекислый газ и выделяет кислород. В результате газообмена, обеспечивающегося работой вытяжных вентиляторов, кислород в секции с растениями будет попадать к стеллажам в секцию с грибами и наоборот. Для осуществления контроля уровня углекислого газа в отсеке, предназначенном для возделывания грибов, устанавливается детектор определения углекислого газа (CO_2). С его помощью осуществляется контроль поддержания необходимого уровня углекислого газа (до 0,5%). Источником данных по возделыванию грибов и продукции растениеводства являются теоретические и практические наработки ученых ВНИИОЗ и ВНИИГиМ. **Результаты и обсуждения.** В результате разработки сборно-разборная теплица оснащается поливной малообъемной системой трубопроводного и капельного типа с насадками мелкодисперсного дождевания, для поддержания необходимых порогов влажности почвы и оптимальной температуры воздуха. Встроенные в перегородки, с разных сторон и на разной высоте (в нашем случае теплицы), два электрических вытяжных вентилятора, будут способствовать, при одновременном включении, взаимному газообмену для перегона углекислого газа и кислорода с одной половины части теплицы в другую.

Ключевые слова: овощеводство закрытого грунта, совместное возделывание овощей, возделывание грибов.

Цитирование. Пенькова Р. И., Майер А. В. Теоретические аспекты совместного выращивания овощной, и грибной продукции в закрытом грунте. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 377-383. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-44.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дыхание корней растений и жизнедеятельность микроорганизмов являются основными причинами поглощения почвами и растениями кислорода и выделения ими углекислого газа. Скорость дыхания зависит от таких факторов, как: температура, обеспеченность водой, а также тип и количество дышащих тканей. Аэробное дыхание корней растений заключается в непрерывном поглощении кислорода и выделении углекислого газа. Процессы метаболизма в корнях растений, нормально растущих на хорошо дренированных почвах, нарушаются почти немедленно, если прерывается процесс обмена кислорода и углекислоты [8, 12]. Ухудшение условий газообмена может стать причиной снижения урожайности растений, даже если его продолжительность составляет один день, и привести к гибели корней, при условии сохранения неблагоприятных условий на протяжении более продолжительного периода. Потребление кислорода и выделение углекислого газа – это внешние показатели комплекса метаболических процессов в корнях, которые мало что говорят о происходящих внутренних изменениях. Недостаток кислорода в корневом субстрате, приводит к появлению этилового спирта в пасоке, выделяемой из основания растений после удаления надземных частиц. Концентрация спирта возрастает с уменьшением скорости диффузии кислорода в почве (К. А. Блейк).

При аэробном дыхании количество выделяемого углекислого газа примерно равно количеству поглощенного кислорода. Выделение углекислого газа превышает потребление кислорода при частично аэробном дыхании и происходит без потребления кислорода при полностью анаэробном дыхании. При анаэробном дыхании накапливаются частично окисленные органические вещества и, помимо углекислого газа, могут выделяться другие газообразные соединения углерода. Корни растений приспособлены к аэробному дыханию, тем не менее при недостатке кислорода происходит и частично анаэробное дыхание. Интенсивность дыхания, определяемая по потреблению кислорода и выделению углекислого газа, снижается при низкой концентрации кислорода. Концентрация кислорода, требуемая для максимальной интенсивности дыхания корней лука, была больше при $+30^{\circ}\text{C}$, чем при $+15^{\circ}\text{C}$, вероятно потому, что использование кислорода в метаболизме возрастало быстрее с повышением температуры в этом интервале, чем усиливалось движение кислорода че-

рез пленки воды вокруг корней и сквозь ткани корней. В связи с этим можно ожидать, что потребность в аэрации при выращивании растений на почве должна возрастать с повышением температуры [3, 11, 13].

Наблюдения показывают, что кислород проводится растениями вниз и наружу из корней во внешнюю среду и что фотосинтез повышал содержание газообразного кислорода в корнях. Более прямое доказательство нисходящего движения кислорода в корни растений, которые, как правило, растут в хорошо аэрируемой почве, получено в условиях хорошей аэрации.

Углекислый газ, выделяемый грибами, тяжелее воздуха, поэтому включение вентилятора в нижней части перегородки разделенной теплицы должно осуществлять несколько раньше, на 1...2 минуты, для освобождения объема при перемещении кислорода с одной секции в другую [5, 7].

Объектом исследования являются сборно-разборные теплицы, выполненные из прозрачного или затемненного полипропилена. Для достижения планируемой организации пространства было произведено объединение двух теплиц, т.е. две малогабаритные теплицы были смонтированы в одну, с установкой общей перегородки. Одна часть теплицы предназначена для выращивания грибной продукции, а в другой части предполагается возделывать овощную или ягодную культуру.

Материалы и методы. Отправной точкой при разработке концепции, для последующей реализацией разработанной системы, стали работы К. А. Блейка, в том числе и его книга «Растение и почва», а также предыдущие наработки ученых ВНИИГиМ. Нами предлагается технология возделывания грибной, овощной или ягодной продукции при организации принудительного газообмена кислорода (O_2) и углекислого газа (CO_2) в тепличном комплексе. Наблюдения должны вестись посредством общепринятых методик с применением датчиков уровня кислорода и детектора определения углекислого газа.

Результаты и обсуждения. Предложенная технология направлена на одновременное выращивание овощной или ягодной продукции в одной половине теплицы, а в другой части – грибной, на основе принципа метаболизма или газообмена, т.е. аэрации. Аэрация – это обмен кислорода и углекислого газа между атмосферой, почвой и корнями растений. В почвах, насыщенных водой, основное значение может иметь газообмен CO_2 и O_2 через само растение. Если наполненные тем или иным газом поры взаимосвязаны и достигают поверхности почвы, то газообмен с атмосферой происходит как через почвенную воду, так и через газообразную фазу, причем обмен через газообразную фазу происходит быстрее, так как скорость диффузии в этом случае гораздо выше, чем диффузия в почвенной воде. Газообмен может происходить также за счет движения воздуха в почву и из нее в результате изменения скорости ветра, температуры, барометрического давления и содержания воды в почве, однако его масштабы имеют второстепенное значение по сравнению с газообменом путем диффузии (Бергман, Грин, Штольц и Стоцкий). В теплице площадью 1 сотка в воздухе содержится около 200 г углекислого газа. Весной и летом, во время активной вегетации, этого явно недостаточно. Огурцы, например, за 1 час «выкачивают» из воздуха 500 г CO_2 , а за весь световой день – до 7 кг. Чем больше поверхность листьев и ярче освещение, тем заметнее возрастает дефицит углекислого газа. Стоит отметить, что его концентрация существенно снижается к полудню, а чем ниже уровень CO_2 в воздушной массе, тем ниже и скорость фотосинтеза. Для создания требуемых условий микроклимата лучше всего подходят замкнутые пространства. В нашем случае практическая возможность для создания специфической атмосферы существует при работе в теплицах или парниках, так как «добавленные» CO_2 или O_2 не будут улетучиваться, а следовательно, будут максимально использованы растениями.

Для выполнения поставленной задачи в собранной теплице для регулирования фито-климата устанавливается система малообъемного орошения с функцией мелкодисперсного дождевания [1, 4, 13]. Для дальнейших исследований, с использованием двух малогабаритных теплиц, нами предлагается сборка и полный монтаж двух полипропиленовых секций, площадью по 30 квадратных метров. В результате их сборки и объединения мы получаем одну общую теплицу с левой и правой частью, площадью 60 квадратных метров (рисунок 1).



Рисунок 1 – Секция сборно-разборной теплицы для совместного выращивания грибов с овощной или ягодной культурами

Figure 1 – Section of collapsible greenhouse for joint cultivation of mushrooms with vegetable or berry crops

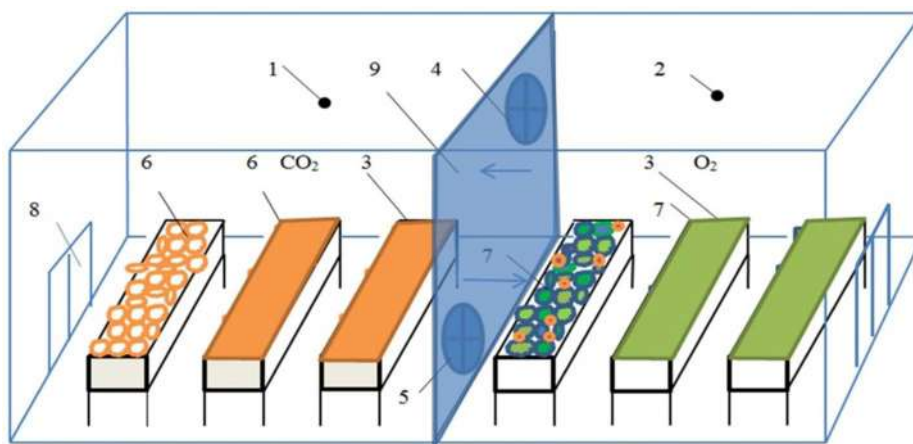


Рисунок 2 – Теплица для выращивания грибов, овощей и ягодных культур с принудительным газообменом

Figure 2 – Greenhouse for growing mushrooms, vegetables and berry crops with forced gas exchange

1 – левая часть теплицы; 2 – правая часть теплицы; 3 – стеллажи для выращиваемых культур;
4 – вентиляционное устройство для вытяжки кислорода; 5 – вентиляционное устройство для вытяжки углекислого газа; 6 – грибная культура; 7 – ягодная или овощная культура; 8 – вход в теплицу;
9 перегородка между сборной теплицей

1 – the left part of the greenhouse; 2 – the right part of the greenhouse; 3 – racks for cultivated crops;
4 – ventilation device for oxygen extraction; 5 – ventilation device for carbon dioxide extraction; 6 – mushroom culture; 7 – berry or vegetable culture; 8 – entrance to the greenhouse; 9 partition between the combined greenhouse

Как уже говорилось ранее, между двух частей теплицы устанавливается жесткая перегородка, которая может быть выполнена из твердого или упругого материала. В верхней и нижней части перегородки монтируются установки двух вытяжных вентиляторов 4, 5, для перегоня газов из одной части теплицы в другую (рисунок 2). В левой части 1 возделываются съедобные грибы, которые при дыхании поглощают кислород, а выделяют углекислый газ. В правой части теплицы выращивается овощная или ягодная культура, которая при дыхании поглощает углекислый газ, а выделяет кислород. Посредством вытяжных вентиляторов происходит газообмен в теплице. Из левой части теплицы 1, где при выращивании грибов происходит накопление CO_2 , углекислый газ перегоняется в правую часть теп-

лицы 2, где возделываются культуры, которые в процессе дыхания поглощают углекислый газ, а выделяют кислород. Овощными культурами могут быть огурцы, томаты и т.д. Огурцам надо больше углекислого газа, чем томатам или фасоли. А вот при выращивании грибов надо учитывать, что CO_2 угнетает развитие грибницы, поэтому помещение нужно чаще проветривать, чтобы снизить концентрацию газа, а в нашем случае насыщать помещение кислородом, тем самым вытесняя углекислый газ в помещение с овощами.

Для равномерного регулирования газообменного процесса в левой части теплицы устанавливается детектор для определения уровня углекислого газа (рисунок 3).



Рисунок 3 – Детектор для определения уровня углекислого газа
Figure 3 – Carbon dioxide detector

При выращивании сельскохозяйственной продукции в теплице по метаболическому принципу необходимо регулировать гидротермический режим почвы, влажность воздуха в теплице и одновременно придерживаться правила обеспечения равномерности распределения углекислого газа и кислорода, которые выделяются растениями и почвой при дыхании [2, 9, 10]. По показаниям детектора определения углекислого газа фиксируем определенный уровень наличия CO_2 в левой части теплицы. При наличии необходимых значений концентрации производится запуск вытяжных вентиляторов для обеих частей теплицы. При включении вентиляторов запускается процесс движения воздушных масс, т.е. мы получаем так называемый ветровой эффект, при котором происходит перемещение углекислого газа в правую часть теплицы, а с правой части теплицы через вытяжной вентилятор 4 будет перемещаться в левую часть теплицы кислород, выделяемый при дыхании плодовых растений. Сигналом остановки вытяжных вентиляторов послужит фиксированный максимальный уровень углекислого газа в левой части теплицы, так как CO_2 почти полностью переместится в правую часть, для оптимального дыхания плодовых растений, а кислород в левую. С увеличением кислорода в левой части теплицы, детектор уровня CO_2 будет фиксировать понижение уровня углекислого газа. Выключение вытяжных вентиляторов произойдет при оптимальном балансе уровней O_2 и CO_2 в обеих частях теплицы.

Закключение. В ходе изучения и анализа работ зарубежных и российских ученых мы пришли к выводу, что обеспечение растений дополнительным количеством углекислого газа в комбинации с усилением светового режима способствует повышению фотосинтетической продуктивности растений. Таким образом, для растений создаются наиболее благоприятные условия. Еще одна положительная сторона использования O_2 и CO_2 в теплицах – представители флоры становятся более устойчивыми к повышенным температурам и световым ожогам. Они могут отлично себя чувствовать при показателях термометра в $+30...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Аналогичные положительные процессы происходят и с грибницами, которым необходимо использовать для дыхания кислород. При таких симбиотических отношениях, т.е. совместной подкормке овощных культур углекислым газом, а грибниц – кислородом, производимым этими же посадками, непременно повысится урожайность рассматриваемых культур.

Conclusions. In the course of studying and analyzing the work of foreign and Russian scientists, we came to the conclusion that providing plants with an additional amount of carbon dioxide in combination with an increased light regime helps to increase the photosynthetic productivity of plants. Thus, the most favorable conditions are created for plants. Another positive side of using O₂ and CO₂ in greenhouses is that flora representatives become more resistant to elevated temperatures and light burns. They can feel great with thermometer readings at +30...+35 from 0. Similar positive processes occur with mycelium, which must use oxygen for respiration. With such a symbiotic relationship, i.e. joint fertilization of vegetable crops with carbon dioxide, and mycelium – oxygen produced by the same plantings, the yield of the crops in question will certainly increase.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Воеводина Л. А., Бабичев А. Н., Кулыгин В. А., Балакай Н. И. и др. Современные технологические приемы возделывания овощных культур. Научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2011. 102 с.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения. Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. Володин Н. И., Соколов Э. М., Гридин Р. И. и др. Очистка газов от диоксида углерода растворами моноэтаноламина: Наука. Практика. Перспективы. Тула: Тул. гос. ун-т, 2002 (ИПП Гриф и К). 413 с.
4. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения: учебное пособие. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 199 с.
5. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности. Природообустройство. 2016. № 6. С. 90-96.
6. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв. Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания. Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Майер А. В. Система орошения для мелиорации светло-каштановых солонцовых почв. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1. С. 20-27.
10. Майер А. В., Пенькова Р. И. Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (71). С. 201-209.
11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assesment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain. Kahramanmaras sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. Vol. 19. I. 4. Pp. 454-461.
12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.
13. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. Horticultura Brasileira. 2018. Vol. 36. I. 2. Pp. 178-183.

References

1. Balakai G. T., Voevodina L. A., Babichev A. N., Kulygin V. A., Balakai N. I., et al. Modern technological methods of vegetable crops. Scientific review of the Federal State Scientific Institution "RosNIIPM". Novocherkassk, 2011. 102 p.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and Technological Foundations of Regulation of the Hydrothermal Regime of Agrophytocenosis in Irrigation Conditions. Scientific Life. 2019. V. 14. № 10 (98). Pp. 1484-1495.
3. Volodin N. I., Sokolov E. M., Gridin R. I., et al. Purification of Gases from Carbon Dioxide by Monoethanolamine Solutions: Science. Practice. Prospects. Tula: Tula. State University, 2002 (IPP Grif & K). 413 p.
4. Vasil'ev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Technical means of drip irrigation: textbook. Novocherkassk: RosNIIPM Publ., 2017. 199 p.
5. Dobrachev Y. P., Sokolov A. P. Models of Plant Growth and Development and the Task of Increasing Yields. Environmental Management. 2016. № 6. Pp. 90-96.
6. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of Combined Irrigation Systems for Irrigation of Agricultural Crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. Pp. 9-19.
7. Kireycheva L. V., Karpenko N. P. Evaluation of the Efficiency of Irrigation Reclamation in the Zonal Soil Series. Soil science. 2015. № 5. P. 587.
8. Kurbanov S. A., Mayer A. V. Investigation of the drip irrigation system and finely dispersed sprinkling. Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2012. № 3. Pp. 5-9.
9. Mayer A. V. Irrigation System for Reclamation of Light-Chestnut Saline Soils. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 1. Pp. 20-27.
10. Mayer A. V., Penkova R. I. Development of a Reclamation System for Small-Volume Irrigation Methods in the Cultivation of Vegetable and Garden Crops. Izvestiya Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (71). Pp. 201-209.

11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain. *Kahramanmaraş suture imam university journal of natural sciences*. 2016. Vol. 19. I. 4. Pp. 454-461.

12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. *Irrigation and drainage*. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.

13. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. *Horticultura Brasileira*. 2018. Vol. 36. I. 2. Pp. 178-183.

Информация об авторах

Пенькова Раиса Ивановна, научный сотрудник ВНИИОЗ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: raja14-1@mail.ru

Майер Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ВНИИОЗ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Author's Information

Penkova Raisa Ivanovna, Researcher at the VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov", (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: raja14-1@mail.ru

Mayer Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at VNIIOZ – branch of the Federal State budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-45

ENERGY CONSUMPTION FOR THE COMBINED MOVEMENT OF AN EXPERIMENTAL VEHICLE ON A DEFORMABLE SURFACE

¹Myasnikov A. S., ²Fomin S. D., ²Gapich D. S.

¹ChPOU "Gazprom College Volgograd named after. I. A. Matlashov"

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 10.12.2023

Submitted 26.03.2024

Abstract

Introduction. The combined method of transportation assumes the ability for an experimental vehicle to move by rolling on the bases with a load-bearing capacity sufficient for adhesion and walking, provided that the load-bearing capacity to move in the first way is not enough. The combined method of movement allows, without the use of external sources of energy and attachment to surrounding objects on the ground, to increase the cross-country ability of an experimental vehicle, which is determined in the study by the indicators of work spent on soil deformation when moving by rolling and walking methods. **Object.** The object of the study is the results of energy costs when moving by rolling and walking methods of an experimental vehicle. **Materials and methods.** Energy costs for movement in a combined way are defined as the work spent on soil deformation when overcoming the test section using the rolling and walking methods. Based on the results of the study, dependency graphs were constructed and conclusions were drawn. **Results and conclusions.** A comparative analysis of the results of theoretical studies of the energy costs of moving using a combined method showed that when moving using the rolling method, compared to the walking method, significantly more work is spent on soil deformation when moving, and that moving using the walking method allows the vehicle to get out without the use of external energy sources and continue a similar movement along the base with a weak load-bearing capacity until its adhesion properties allow you to switch to a higher-speed method of movement – rolling.

Keywords: *experimental vehicles, rolling motion, stepping motion, combined modes of propulsion.*

Citation. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Gapich D. S. Energy consumption for the combined movement of an experimental vehicle on a deformable surface. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 383-393 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-45.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, or analysis of this study. All authors of this article have reviewed and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.