

Влияние полива водой после обработки искровыми разрядами на рост и развитие редиса

Александр Анатольевич Белов

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия, e-mail: sofronich.bel@mail.ru

Аннотация. Научная гипотеза заключается в том, что вода после обработки плазмой искровых разрядов подвергается активации ее химического состава и становится регенеративным ресурсом экологически чистой поливной воды и источником питательных веществ для овощей при поливе. Проведен эксперимент по выращиванию редиса в трех грядках, полив которых осуществлялся необработанной, обработанной водопроводной водой и обработанной атмосферной сточной водой. Вода обрабатывалась при помощи электрогидравлической установки при напряжении 20 кВ в течение 15 мин. Выявлено положительное влияние полива водопроводной и атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами на рост и развитие редиса, что выражается в увеличении массы стеблей и корнеплодов выращиваемых сортов. Определено увеличение средней массы редиса от 6 до 18 % в зависимости от сорта и типа обрабатываемой искровыми разрядами воды при поливе в сравнении с поливом необработанной водой.

Ключевые слова: активация воды; искровые разряды; питательные вещества; полив; редис; средняя масса.

Для цитирования: Белов А. А. Влияние полива водой после обработки искровыми разрядами на рост и развитие редиса // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 21–25. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp21-25>.

AGRONOMY

Original article

The effect of irrigation with water after spark discharge treatment on the growth and development of radish

Alexander A. Belov

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia, e-mail: sofronich.bel@mail.ru

Annotation. The scientific hypothesis is that water after treatment with spark discharge plasma undergoes activation of its chemical composition and becomes a regenerative resource of environmentally friendly irrigation water and a source of nutrients for vegetables during irrigation. An experiment was carried out on growing radishes in three beds, which were irrigated with untreated, treated tap water and treated atmospheric wastewater. Water was treated with the help of an electro-hydraulic installation at a voltage of 20 kV for 15 min. A positive effect of irrigation with tap and atmospheric waste water after treatment with spark discharges on the growth and development of plants was revealed using the example of radish, which is realized in an increase in the mass of stems and root crops of cultivated varieties. An increase in the average mass of radish from 6 to 18% was determined, depending on the variety and type of water treated with spark discharges during irrigation in comparison with irrigation with untreated water.

Keywords: water activation; spark discharges; nutrients; watering; radish; average weight.

For citation: Belov A. A. The effect of irrigation with water after spark discharge treatment on the growth and development of radish. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(10):21–25. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp21-25>.

Введение. Активация воды перед поливом осуществляется для обогащения ее питательными веществами, которые нужны для ускоренного роста плодов и корней растений. Особенно ярко эта необходимость проявляется в обедненных, истощенных или мало плодородных почвах. Решение об увеличении вносимых минеральных или органических удобрений не может быть оправдано по экологическим и природоохранным соображениям [3]. К тому же, минеральными излишествами могут насыщаться конечные продукты выращивания. В итоге употребление таких овощей может





отрицательно сказаться на здоровье человека. Существует несколько способов активации воды. В мясной и молочной переработке может применяться электрохимический метод, основанный на воздействии на воду электрического поля, создаваемого между анодом и катодом при смешивании продуктов химических реакций [2]. В растениеводстве может применяться метод электрофизической ионизации для активации воды, которая способствует улучшенному росту огурцов [1].

Метод обработки плазмой искровых разрядов воды, предназначенной для питания растений, опробован на выращивании салата [8], картофеля [9], предпосевной обработке семян гороха [10] и других культурах. Следует отметить, при этом использовалась вода чистая, после предварительной подготовки.

В предыдущих исследованиях по этой теме было установлено бактерицидное действие плазмы искровых разрядов на сточную воду [5, 7]. Однако влияние плазменно активированной атмосферной сточной воды на овощи остается не исследованным. В этой связи была сформирована научная гипотеза о том, что атмосферная сточная вода не является отходом, а после обработки плазмой искровых разрядов становится регенеративным ресурсом экологически чистой поливной воды и источником питательных веществ для овощей.

Цель исследования – определение влияния полива водопроводной и атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами на рост и развитие овощей на примере редиса.

Методика исследований. Для экспериментов использовалась водопроводная и атмосферная сточная вода, минеральные удобрения в воду не вносились. Вода обрабатывалась при помощи электрогидравлической установки при напряжении 20 кВ.

При выполнении исследований соблюдались агротехнологические требования посадки в почву редиса. По критериям раннеспелости, большой распространенности, неприхотливости были выбраны к посадке 3 сорта редиса: Французский завтрак, Жара и Синий иней. Влияние полива водой после обработки искровыми разрядами на рост и развитие редиса проверялось посредством измерений массы и размеров выращиваемых овощей в фазах прорастивания, роста стеблей и развития корней. Для расчета площади листьев выращенного редиса использовалось программное обеспечение AutoCAD.

Собранный урожай редиса был проверен на соответствие ГОСТ 34216-2017 (редис свежий, технические условия).

Результаты исследований. Для проведения исследований был поставлен эксперимент. Редис был посеян в суглинистую почву в три грядки (первая (контрольная), вторая, третья) площадью 0,66 м², по 150 шт. в каждую грядку. Полив контрольной грядки осуществлялся водопроводной водой без какой-либо обработки. Полив второй грядки проводился водопроводной водой после обработки искровыми разрядами в течение 15 мин. Третья грядка поливалась атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами также в течение 15 мин.

Продолжительность обработки искровыми разрядами выбрана в соответствии с минимальным временем насыщения воды нитратами, установленным в предыдущих исследованиях. Расстояние между семенами составляло 4 см. Норма полива – 10 л/м². Редис был посеян в предварительно политый открытый грунт (суглинистую почву). Каждая грядка до посадки была полита 3 л воды ранее выбранного типа. Посадка была проведена в соответствии с агротехнологическими требованиями [4]. После посадки грядки были политы еще 5 л воды.

В контрольной грядке на 6-й день взошло 79 семян. Во второй грядке с поливом водопроводной водой после обработки искровыми разрядами взошло 104 семени. В грядке с поливом атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами взошло 69 семян. Исходя из полученных данных, на этапе прорастивания на всхожесть редиса наиболее положительно влияла поливная водопроводная обработанная вода. В третьей грядке на первоначальном этапе отмечали незначительное ухудшение всхожести по сравнению с контрольной грядкой.

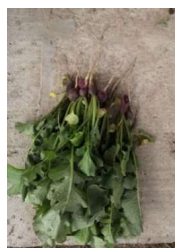
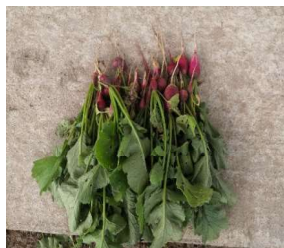
На 11-й день после посадки в контрольной грядке взошло 126 семян, во второй – 139, в третьей – 133. В грядке с поливом атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами на данном этапе заметно незначительное ухудшение всхожести по сравнению с грядкой с поливом водопроводной водой после обработки искровыми разрядами и улучшение по сравнению с контрольной грядкой. Взвешивание 20 растений с каждой из трех грядок показало, что масса растений с грядки контроля составила 5,1 г, со второй грядки – 5,4 г, с третьей грядки – 5,8 г. Таким образом, произошло увеличение массы растений в грядке с поливом водопроводной водой после обработки искровыми разрядами на 6,9 %, в грядке с поливом атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами на 14,7 % в сравнении с контролем.



Площадь листа растения контрольной грядки составила 129 мм². Площадь листа растений при поливе обработанной водопроводной водой и обработанной атмосферной сточной водой составила 156 и 176 мм² соответственно, Площадь листа со второй грядки на 17 % больше площади листа с контрольной грядки, а площадь листа с третьей грядки на 36 % больше, чем площадь листа с контрольной грядки.

Сбор урожая был проведен на 25-й день. На рисунке представлен результат сбора урожая. С контрольной грядки было собрано 25 редисок сорта Французский завтрак, 9 – сорта Жара, 21 – сорта Синий иней. С грядки при поливе обработанной водопроводной водой было собрано 30 редисок сорта Французский завтрак, 10 – сорта Жара, 18 – сорта Синий иней. С грядки при поливе обработанной атмосферной сточной водой было собрано 16 редисок сорта Французский завтрак, 7 – сорта Жара, 32 – сорта Синий иней.

Собранный урожай с каждой грядки соответствовал техническим условиям ГОСТ 34216-2017 (редис свежий) по органолептическим свойствам.



а



б



в

Сбор урожая редиса:

а – контрольная грядка; б – вторая грядка; в – третья грядка

Основные параметры растений, собранных с каждой из грядок, были измерены, результаты представлены в таблице.

Параметры редиса трех сортов

Сорт / параметры	Французский завтрак			Жара			Синий иней		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
№ грядки	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Количество растений, шт.	25	30	16	9	10	7	21	18	32
Общая масса, г	331	440	249	163	191	152	342	258	615
Масса стеблей, г	247	322	178	97	148	111	270	189	492
Масса корнеплодов, г	84	118	70	66	43	40	71	68	123
Средняя масса, г	13	14	15	18	19	21	16	14	19
Средняя масса корнеплодов, г	3	4	4	7	4,3	5	3	3,8	3,1
Средняя масса стеблей, г	9	11	11	10	15	16	12	10	15



На основании полученных измерений количества растений и общей массы не представлялось возможным отследить какую-либо научную тенденцию или динамическую зависимость в результатах экспериментальных исследований, так как количество собранных редисок было различным. Параметр количества был актуален в процессе выращивания редиса на 11-й и 21-й дни после посадки, соответственно анализ был проведен ранее. Поэтому влияние полива водой различных типов после и без обработки искровыми разрядами на рост и развитие редиса более показательно и научно значимо определяется средней массой редиса, корнеплодов и стеблей. Согласно результатам измерений можно выделить положительную динамику роста и развития редиса в целом в третьей грядке (с поливом атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами). На рост массы редиса влияет увеличение нитратов в обработанной воде, которой осуществляется полив овощей [6].

Средняя масса корнеплодов редиса сорта Жара, выращенного при поливе необработанной водопроводной водой, больше на 38 % массы корнеплодов редиса того же сорта, выращенного при поливе обработанной искровыми разрядами водопроводной водой, и на 29 % больше массы корнеплодов редиса того же сорта, выращенного при поливе обработанной искровыми разрядами атмосферной сточной водой. Тогда как средняя масса корнеплодов редиса сортов Французский завтрак и Синий иней, выращенных при поливе необработанной водопроводной водой, меньше соответственно на 33 и 26 % массы корнеплодов редиса тех же двух сортов, выращенных при поливе обработанной искровыми разрядами водопроводной водой, и меньше соответственно на 30 и 3 % массы корнеплодов редиса тех же двух сортов, выращенных при поливе обработанной искровыми разрядами атмосферной сточной водой.

Средняя масса стеблей редиса сорта Синий иней, выращенного при поливе необработанной водопроводной водой, больше на 16 % массы стеблей редиса того же сорта, выращенного при поливе обработанной искровыми разрядами водопроводной водой. Однако она меньше на 25 % массы стеблей редиса того же сорта, выращенного при поливе обработанной искровыми разрядами атмосферной сточной водой. Средняя масса стеблей редиса сортов Французский завтрак и Жара, выращенного при поливе необработанной водой, меньше соответственно на 22 и 50 % массы стеблей редиса тех же двух сортов, выращенного при поливе обработанной искровыми разрядами водопроводной водой, и на 22 и 60 % меньше соответственно массы стеблей редиса тех же двух сортов, выращенного при поливе обработанной искровыми разрядами атмосферной сточной водой.

Средняя масса редисок сорта Синий иней, выращенных при поливе необработанной водопроводной водой, больше на 12 % массы редисок того же сорта, выращенных при поливе обработанной искровыми разрядами водопроводной водой. Во всех остальных сравнительных случаях зафиксировано увеличение средней массы редисок независимо от сорта. Увеличение средней массы редисок сорта Синий иней, выращенных при поливе обработанной искровыми разрядами атмосферной сточной водой по сравнению с необработанной водопроводной водой составило 18 %. Увеличение средней массы редисок сортов Французский завтрак и Жара, выращенных при поливе обработанной искровыми разрядами атмосферной сточной водой по сравнению с необработанной водопроводной водой, составило 15 и 16 % соответственно. Увеличение средней массы редисок сортов Французский завтрак и Жара, выращенных при поливе обработанной искровыми разрядами водопроводной водой по сравнению с необработанной, составило 8 и 6 % соответственно.

Заключение. Исследовано влияние полива водопроводной и атмосферной сточной водой после обработки искровыми разрядами на рост и развитие редиса трех сортов. В результате экспериментальных исследований получено увеличение средней массы редиса от 6 до 18 % в зависимости от сорта и типа обрабатываемой искровыми разрядами воды при поливе в сравнении с поливом необработанной водой.

Выявлена тенденция увеличения средней массы выращенных редисок различных сортов при поливе обработанной искровыми разрядами водой. Установлено, что полив обработанной атмосферной сточной водой оказал большее влияние на рост и развитие растений редиса, чем полив обработанной тем же способом водопроводной водой, что объясняется большим

содержанием нитратов в ней. Росту нитратов способствует обработка поливной воды плазмой искровых разрядов.

Следует отметить, что наиболее существенно выражен рост массы стеблей, а не корнеплодов редиса. В этой связи установлены перспективы предполагаемого дальнейшего развития темы, которые заключаются в проведении экспериментов с овощами, у которых основную пищевую ценность представляют не корни, а стебли и формируемые на них плоды, такие как салат, огурец, томат и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние активированной электрическим полем воды на показатели развития растений / Т. Ибраимов [и др.] // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. № 5. С. 67–72.
2. Дыдыкин А. С., Афанасьев П. А., Богатырев А. Н., Стехин А. А. Теоретические основы и практическое применение электрохимической активации воды // Мясная индустрия. 2012. № 1. С. 44–46.
3. Кудеяров В. Н., Семенов В. М. Проблемы агрохимии и современное состояние химизации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации // Агрохимия. 2014. № 10. С. 3–17.
4. Особенности современных технологий выращивания редиса / Д. А. Янаева [и др.] // Картофель и овощи. 2011. № 3. С. 16.
5. Effect of high-voltage spark discharges on reduction of the concentration of total bacterial count in wastewater / Belov A. et al. // Journal of water process engineering. 2022. No. 45. 102465. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102465
6. Reactive nitrogen species in plasma-activated water: generation, chemistry and application in agriculture / C. Bradu et al. // Journal of physics D-applied physics. 2020. No. 53(22). P. 223001. DOI: 10.1088/1361-6463/ab795a.
7. Zheng J. S. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in water by pulsed spark discharge // Scientific reports. 2017. No. 7. P. 10311. DOI: 10.1038/s41598-017-10784-2.
8. Effect of plasma activated water, hydrogen peroxide, and nitrates on lettuce growth and its physiological parameters / K. Kucerova et al. // Applied sciences-Basel. 2021. No. 11(5). P. 1985. DOI: 10.3390/app11051985.
9. Rashid M., Rashid M. M., Alam M. S., Talukder M. R. Stimulating effects of plasma activated water on growth, biochemical activity, nutritional composition and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) // Plasma chemistry and plasma processing. 2022. No. 42. P. 131–145. DOI: 10.1007/s11090-021-10216-0.
10. Rathore V., Tiwari B. S., Nema S. K. Treatment of pea seeds with plasma activated water to enhance germination, plant growth, and plant composition // Plasma chemistry and plasma processing. 2022. No. 42. P. 109–129. DOI: 10.1007/s11090-021-10211-5.

REFERENCES

1. Influence of water activated by an electric field on plant development indicators / T. Ibraimov et al. *Bulletin of science and practice*. 2022;8(5):67–72. (In Russ.).
2. Dydykin A. S., Afanasiev P. A., Bogatyrev A. N., Stekhin A. A. Theoretical foundations and practical application of electrochemical activation of water // *Meat industry*. 2012;(1):44–46. (In Russ.).
3. Kudeyarov V. N. Semenov V. M. Problems of agrochemistry and the current state of chemicalization of agricultural production in the Russian Federation. *Agrochemistry*. 2014;(10):3–17. (In Russ.).
4. Features of modern technologies for growing radishes / D. A. Yanaeva et al. *Potatoes and vegetables*. 2011;(3):16. (In Russ.).
5. Effect of high-voltage spark discharges on reduction of the concentration of total bacterial count in wastewater / A. Belov et al. *Journal of water process engineering*. 2022;(45):102465. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102465
6. Reactive nitrogen species in plasma-activated water: generation, chemistry and application in agriculture / C. Bradu et al. *Journal of physics D-applied physics*. 2020;5 (22):223001. DOI: 10.1088/1361-6463/ab795a.
7. Zheng J. S. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in water by pulsed spark discharge. *Scientific reports*. 2017;(7):10311. DOI: 10.1038/s41598-017-10784-2.
8. Effect of plasma activated water, hydrogen peroxide, and nitrates on lettuce growth and its physiological parameters / K. Kucerova et al. *Applied sciences-Basel*. 2021;11(5):1985. DOI: 10.3390/app11051985.
9. Rashid M., Rashid M. M., Alam M. S., Talukder M. R. Stimulating effects of plasma activated water on growth, biochemical activity, nutritional composition and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plasma chemistry and plasma processing*. 2022;(42):131–145. DOI: 10.1007/s11090-021-10216-0.
10. Rathore V., Tiwari B. S., Nema S. K. Treatment of pea seeds with plasma activated water to enhance germination, plant growth, and plant composition. *Plasma chemistry and plasma processing*. 2022;(42):109–129. DOI: 10.1007/s11090-021-10211-5.

Статья поступила в редакцию 10.02.2023; одобрена после рецензирования 07.03.2023; принята к публикации 15.03.2023.
The article was 10.02.2023; approved after 07.03.2023; accepted for publication 15.03.2023.

