

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.182

doi: 10.17072/1994-9952-2021-4-307-315

Влияние обогащенной кислородом воды «O₂ alive» на рост и развитие растений

Вера Иосифовна Каменщикова¹, Ольга Станиславовна Кудряшова^{2✉, 3}

^{1,2} Естественнаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, Россия

¹ nsi@psu.ru

² oskudr@psu.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-4915-7562>

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований по использованию воды «O₂ alive» для предпосевной обработки семян и усиления роста растений. Установлено, что предпосевная обработка семян водой «O₂ alive», повышает энергию прорастания, всхожесть семян до 80–100%, ускоряет наступление важнейших фенологических фаз развития растения, повышает способность растений усваивать вносимые в почву удобрения. Показано, что подкормка растений минеральным удобрением «Здравень» совместно с водой «O₂ alive» увеличивает продуктивность растений закрытого и открытого грунта на 30–80%, повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям (засуха, низкие температуры).

Ключевые слова: обогащенная кислородом вода, предпосевная обработка семян, продуктивность овощных культур

Для цитирования: Каменщикова В. И., Кудряшова О. С. Влияние обогащенной кислородом воды «O₂ alive» на рост и развитие растений // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 4. С. 307–315. <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2021-4-307-315>.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А20-120081990070-9).

ECOLOGY

Original article

Influence of water «O₂ alive» on growth and development of plants

Vera I. Kamenshchikova¹, Olga S. Kudryashova^{2✉, 3}

^{1,2} Institute of Natural Science of Perm State National Research University, Perm, Russia

¹ nsi@psu.ru

² oskudr@psu.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-4915-7562>

³ Perm State agricultural and technological University, Perm, Russia

Abstract. We present here the results of our investigations concerning the usage of «O₂ alive» water for the pre-sowing seeds treatment and plant growth-promoting effect. It has been found that the pre-sowing seeds treatment with the «O₂ alive» water results in the increase of the seed vigor and germinating ability of the seeds at about 80-100%, at the same time this procedure accelerates the onset of the most important phenophases of plant development and increases the ability of plant to appropriate a fertilizer added to soil. It has been shown that the simultaneous mineral fertilization («Zdraven» fertilizer) and the usage of the «O₂ alive» water increases the productivity of the protected and open-ground plants by about 30-80% and improves the plants flexibility to the unfavorable conditions (drought, low temperatures).

Keywords: oxygen enriched water, pre-sowing seed treatment, vegetable crop productivity

For citation: Kamenshchikova V. I., Kudryashova O. S. [Influence of water «O₂ alive» on growth and development of plants]. *Bulletin of Perm University. Biology*. Iss. 4 (2021): pp. 307-315. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2021-4-307-315>.

Acknowledgments: the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic no. ААААА 20-120081990070-9).

Введение

Повышение продуктивности овощных культур – одна из актуальных проблем овощеводов. В зоне рискованного земледелия с коротким вегетационным периодом, куда относится и Пермский край, получить хорошую рассаду, а в дальнейшем и высокий урожай овощных культур – трудоемкая работа. Весьма актуальна проблема сокращения срока созревания плодов у растений, что достигается подбором сортов с коротким вегетационным периодом, а также применением стимуляторов и усилителей роста.

Хорошо известно, что достижение высокого процента всхожести, скорости прорастания семян и в последующем развития здорового, сильного растения зависят, в частности, от химического состава, биологических, микробиологических и физико-химических свойств почвы и климатических условий. Хорошее прорастание семян, а в последующем – развитие растений, в значительной степени зависит от достаточного поступления кислорода к семенам и к корням растения [Куперман, Ржанова, 1963; Полевой, 1989]. Высокая уплотненность и влажность почвы ухудшают воздушный режим, что тормозит развитие растений.

В литературе описан ряд способов получения обогащенной кислородом воды, предназначенной для полива растений. Например, обогащение кислородом проводят путем многократного переливания (не менее 28 раз) водопроводной воды из емкости в емкость [Коваленко, 2015] или путем использования оксидатора [Кислородная ...]. Недостатком этих приемов является низкая насыщенность воды кислородом (не более 10 мг/л), что не обеспечивает достаточную степень усиления роста растений.

В патенте РФ 2430501 [2011] приведен состав средства для стимуляции проращивания семян сельскохозяйственных культур, который представляет собой анолит раствора глицина с pH 4.5–5.5, окислительно-восстановительным потенциалом +400...+550 мВ, обогащенный кислородом в количестве 8–10 мг/л. К недостаткам средства можно отнести использование в качестве одного из компонентов анолита, состав которого в значительной степени зависит от способа получения.

В ряде источников [Авторск. свидетельство РФ 990681, 1983; Авторск. свидетельство РФ 1532036, 1989] для использования в сельском хозяйстве предлагается обогащенная кислородом и обработанная магнитным полем вода. Однако описанные способы получения и контроль качества такой воды представляют определенную сложность, а степень обогащения кислородом невысока.

В патенте РФ 2305588 [2006] для обработки растений предлагается жидкая среда на водной основе, обогащенная газообразным кислородом и биологически активными веществами. Недостатком этого средства является невысокое содержание кислорода 12.4 мг/л, а также сложный многоэтапный процесс получения.

В настоящей статье представлены результаты исследований по использованию воды «O₂ alive» для предпосевной обработки семян и усиления роста растений, приготовленной путем насыщения газообразным кислородом природной минеральной воды [Stalinger, 1998]. Представляло интерес установить влияние насыщенной кислородом воды совместно с удобрением и без него на фазы развития растений и их продуктивность, и на основании полученных экспериментальных результатов разработать рекомендации по использованию воды «O₂ alive» в сельском хозяйстве.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований явилась вода «O₂ alive», концентрация кислорода в которой равна 20–39 мг/л, pH 6.5–8.5 (производитель ООО «Полиэкс-Пром», г. Пермь). Содержание растворенного в воде кислорода определяли йодометрическим методом [РД 52.24.419-2005]. Химический состав природной минеральной воды, использованной для приготовления воды «O₂ alive», указан в табл. 1.

Таблица 1
Химический состав природной минеральной воды
[Chemical composition of natural mineral water]

Наименование показателя	Показатель качества, мг/л
Общая минерализация (сухой остаток)	1420–1730
Хлориды	600–890
Кальций	250–350
Сульфаты	100–150
Магний	100–140
Натрий + калий	50–70
Кислород	25–35

Для подкормки растений использовали минеральное удобрение «Здравень турбо универсальный – для овощей, плодов и садовых культур» (производитель ООО «Ваше хозяйство», г. Нижний Новгород) состава: N – 13%; P – 10%; K – 20%; Mg – 2%; гумат натрия – 2%; Mn – 0.04%; B – 0.03%; Cu – 0.02%; Zn – 0.02%; Mo – 0.005% [Минеральное удобрение]. Используемый в опытах раствор содержал 15 г удобрения на 10 л воды (согласно рекомендации изготовителя).

Для выращивания рассады использовали грунт «Росток» (изготовитель ООО «Торфяная компания Пермского края», г. Краснокамск). Состав: верховой сфагновый торф низкой степени разложения; низинный торф высокой степени

разложения; известняковая (доломитовая) мука; комплексное минеральное удобрение с полным набором макро- и микроэлементов.

Для изучения действия воды «O₂ alive» на ростовые процессы растений использованы лук-севок, салат, редис, томаты, перец, кабачки, бальзамин.

Изучение и сравнение влияния предпосевной обработки семян и последующего полива водой «O₂ alive» или минеральной водой на всхожесть и энергию прорастания семян, скорость образования и крупность луковиц, корнеплодов и плодов, продуктивность культур определялась с помощью вегетационных и полевых мелко-деляночных опытов в период с мая по сентябрь 2018 г. на почвах, различных по механическому составу и плодородию.

Варианты проведения опытов:

1. Обработка семян и полив почвы минеральной водой (МВ).
2. Обработка семян и полив почвы минеральной водой и удобрением «Здравень» (МВ + «Здравень»).
3. Обработка семян и полив почвы водой «O₂ alive» (МВО₂).
4. Обработка семян и полив почвы водой «O₂ alive» и удобрением «Здравень» (МВО₂ + «Здравень»).

Полевые опыты проведены на участках с дерново-подзолистой тяжело суглинистой и подзолистой супесчаной почвой. Перед посевом почва тщательно обрабатывалась, участок разбивался на делянки размером 50×50 см с организацией укрытия. Количество воды для полива рассчитывалось исходя из влажности почвы. Семена перед посевом замачивались в минеральной воде (МВ – контроль) и в воде, насыщенной кислородом (МВО₂) на 24 ч. Контролируемые параметры: скорость появления проростков, изменение длины и массы надземной и корневой части растений определяли по методу Красильникова [1958].

Достоверность различий между показателями развития растений подтверждена статистическим анализом с использованием t-test. Наиболее показательными параметрами оказались масса ботвы и масса луковиц, корнеплодов и плодов.

Результаты и их обсуждение

Опыты с редисом и салатом

Полевой опыт заложен 25 мая на участке с дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвой. На каждой делянке посажено по 30 шт. семян редиса и 40 шт. семян салата. Перед посевом семена замачивались в МВ или МВО₂, почва предварительно увлажнялась МВ или МВО₂ из расчета 5 л на 1 м². Редис относится к скороспелым культурам, устойчивым к пониженным температурам, поэтому опыты по выращиванию редиса проводили дважды: 25 мая – 4 июля и 3 августа – 7 сентября.

В мае всходы редиса в вариантах с МВ, МВ+«Здравень» появились на 9-й день, салата – на 11-й день после посадки, в вариантах с МВО₂ и МВО₂+«Здравень» – на 7- и 9-й день, соответственно. В варианте с МВ количество всходов редиса меньше на 15%, всходов салата – на 10%, чем посажено семян. В варианте с МВО₂ наблюдалась 100%-ная всхожесть. 27 июня (через месяц после посева) в период интенсивного образования плода произведен полив растений МВ, МВ+«Здравень», МВО₂ и МВО₂+«Здравень».

Замеры массы редиса проведены 4 июля, на 40-й день после посадки. Медленный рост растений в весенний период обусловлен низкими температурами в г. Перми в первой половине июня. Согласно данным сайта <http://www.pogodaiklimat.ru>, среднесуточная температура в этот период составляла + 9.6°С. Слабое развитие растений выявлено в варианте, где семена замачивались минеральной водой без кислорода. На основании полученных данных (табл. 2), можно сделать вывод о положительном влиянии применения МВО₂ и совместного применения его с удобрением «Здравень» на развитие и продуктивность растений, даже при неблагоприятных погодных условиях.

18 июля, через 50 дней после посадки, произведены замеры массы и величины листьев салата (с выборкой по 20 штук в каждом варианте), которые показали, что масса растений в опытах с МВО₂ превышает массу растений в опытах с МВ в 1.7 раза (табл. 2). Растения в вариантах с МВО₂ по размерам и количеству листьев в 2–3 раза превышали растения в вариантах с МВ.

3 августа произведен посев семян редиса по аналогичной схеме на участках с дерново-подзолистой почвой. Количество растений в вариантах с МВ и МВО₂ – 50 шт. на 0.5 м², в вариантах с удобрением «Здравень» – 25 шт. на 0.25 м². В вариантах с минеральными удобрениями всходы появились на 4-й день после посева. На 7-й день после посева различия между вариантами прослеживаются отчетливо. Так, в вариантах с МВ и МВ+«Здравень», количество взошедших семян составляло 64 и 72% от числа посаженных, а в вариантах с МВО₂, МВО₂+«Здравень» – 60 и 80% соответственно. После десяти дней всхожесть семян достигла максимума и равнялась в вариантах МВ – 86%, МВ+«Здравень» – 92%, МВО₂ – 86% и МВО₂+«Здравень» – 96%.

Учет продуктивности редиса проводили через 35 дней после посева (табл. 2). Всхожесть семян редиса к моменту уборки находилась на уровне 80–90% от числа высевных, при максимуме 96% в варианте

МВО₂+«Здравень». Максимальная продуктивность редиса получена в вариантах с МВО₂. Учет надземной биомассы растения и корнеплода показал различия в его формировании в вариантах с минеральным удобрением, где в общей массе растения доля ботвы выше, чем в контроле (МВ) в 1.4 раза (табл. 2). Вероятно, минеральное удобрение «Здравень» удлиняет период созревания растения.

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян на развитие и продуктивность редиса и салата при различных сроках посева

[The effect of pre-sowing seed treatment on the development and productivity of radishes and lettuce at different sowing dates]

Длина растения, см	Масса растения, г	Масса ботвы, г	Масса корнеплода, г	Отклонение +/-	Коэффициент вариации V при n = 40
Редис (25 мая – 4 июля)					
МВ					
37.8	9.10	8.05	1.15	0.150	0.336
МВ+«Здравень»					
44.5	15.00	12.60	2.40	1.144	0.446
МВО ₂					
38.2	16.65	10.85	5.80	0.639	0.138
МВО ₂ +«Здравень»					
44.0	23.80	13.50	10.30	1.288	0.136
Редис (3 августа – 7 сентября)					
Масса растения, г	Масса ботвы, г	Масса корнеплода, г			
МВ					
16.94	4.70	12.24	0.626	0.051	
МВ+«Здравень»					
15.47	5.88	9.59	0.571	0.060	
МВО ₂					
21.78	5.71	16.07	0.690	0.043	
МВО ₂ +«Здравень»					
21.58	7.62	13.96	0.625	0.044	
Салат листовой (25 мая – 18 июля)					
Длина растения, см	Масса, г	Число листьев, шт.			
МВ					
19.95	4.63	4.95	2.531	0.344	
МВ+«Здравень»					
22.00	6.17	5.50	4.650	0.350	
МВО ₂					
24.00	7.91	6.60	3.320	0.230	
МВО ₂ +«Здравень»					
22.35	10.68	6.70	1.380	0.130	

Результаты опытов подтвердили положительное влияние предпосевной обработки семян водой «O₂alive» на всхожесть, продуктивность редиса даже при неблагоприятных погодных условиях. Применение минерального удобрения «Здравень» влияет, в основном, на прирост зеленой надземной части растений (табл. 2), а на фоне МВО₂ в различных опытах его влияние на продуктивность редиса положительно и максимально проявляется в непогоду.

Опыты с томатами

Томаты имеют длительный вегетационный период (100–120 дней), что обуславливает выращивание их рассадным способом. Для модельного опыта выбраны семена томатов агрофирмы «Агроника» (Россия, Санкт-Петербург) сорт «Боец» раннеспелый (98–100 дней). Семена перед посевом замачивались на 24 ч. в МВ или МВО₂. Через сутки высевали по 20 семян в пластиковые емкости. Субстратом для проращивания семян служил универсальный грунт «Росток».

Почву увлажняли МВ или МВО₂ до 60% от полной влагоемкости. Посев произведен 22 марта, 28 марта (на 6-е сут. после посева) появились всходы. В варианте с МВ – 12 шт., в варианте с МВО₂ – 18 шт. из 20 посеянных. На 10-е сут. после появления всходов, в фазу образования третьего листа произведена пи-

кировка (рассаживание) растений в пластиковые емкости 400 мл, каждая из которых содержала по 200 г увлажненного грунта.

Образование листьев на стеблях растений в вариантах с МВО₂ опережало на 1–2 листа вариант с МВ. В фазе 9-го листа (3 июня) растения рассадили в вегетационные сосуды емкостью 10 литров.

Перед закладкой модельного вегетационного опыта, предусматривающего полив водой «O₂ alive», проведена подготовка сосудов, почвы и теплицы. Почва формировалась следующим образом: огородную подзолистую супесчаную и дерновую почвы в соотношении 1:1 тщательно перемешивали, просеивали через сито с отверстиями 2 см. В каждый сосуд помещали 9 кг увлажненной смеси почв и высаживали растение (рисунок). В каждом варианте высаживалось по 10 растений.

В каждом варианте 5 растений поливали водой МВ или МВО₂ во время важнейших фенологических фаз (цветение и образования плодов). Остальные 5 растений 4 раза за вегетационный период дополнительно поливали раствором удобрения «Здравень». Через три месяца после посадки (23 июня) провели удаление пасынков. В каждом варианте не пасынковали по одному растению, чтобы установить различия во времени цветения, образования плодов и продуктивности растений, у которых не нарушен естественный цикл развития. В фазе полного созревания плодов (26 августа) проведен учет продуктивности растений.

Учет количества и размеры пасынков (их масса) в вариантах МВО₂ свидетельствуют о положительном влиянии воды «O₂ alive» на ростовые процессы томатов (табл. 3).

Фенологические наблюдения за развитием растений показали, что растения, семена которых прошли предпосевную обработку МВО₂, зацвели на 5–6 дней раньше, чем в варианте с МВ. 10 июля началось образование плодов, и через 10 дней их количество было в 2 и 3 раза больше в вариантах с МВО₂ и МВО₂+«Здравень» соответственно по сравнению с аналогичными вариантами с МВ. В вариантах с МВ фаза образования плодов наступила позднее на 10 дней, и образование завязей также запаздывало.



Схема термостабилизированной ячейки для выращивания растений
[Diagram of a thermostabilized cell for growing plants]

Таблица 3

Влияние предпосевной обработки семян томатов на число и массу пасынков
[The effect of pre-sowing treatment of tomato seeds on the number and weight of stepsons]

Показатели	Варианты			
	МВ	МВ+Здравень	МВО ₂	МВО ₂ +Здравень
Число удаленных пасынков у 4 растений	18	23	24	24
Масса пасынков с 1 растения, г	10.6	16.4	31.9	40.4
Средняя масса 1 пасынка г / % к МВ	2.36 / 100	2.86 / 121	5.33 / 224	6.73 / 285

Таким образом, обработка семян томата МВО₂ ускоряет наступление фаз развития растений, что особенно важно для зон с коротким летом. В фазе полного созревания отдельных плодов у растений (26 августа) произвели учет урожая (табл. 4).

Наблюдение за развитием растений показало положительное влияние воды «O₂ alive» на скорость образования плодов, их крупность и в меньшей степени на продуктивность (табл. 4). Подкормка удобрением «Здравень» способствовала нарастанию зеленой массы, затягивая время наступления фаз цветения и образования плодов, что привело к появлению большого количества мелких плодов. Обработка семян водой «O₂ alive» и последующая подкормка удобрением «Здравень» обеспечила урожай на 40% выше в сравнении с вариантом без удобрения. Вероятно, насыщение почвы кислородом, дополнительно вносимым с водой «O₂ alive» при поливе, активизирует корневую систему растений в потреблении питательных веществ, что способствует повышению продуктивности.

У растений без удаления пасынков выявлено более позднее образование плодов (на 10–15 дней позднее, чем у пасынкованных) во всех вариантах опыта. Это, вероятно, отрицательно сказалось как на крупности плодов, так и на продуктивности растений. Так в варианте с МВ, продуктивность растений без

удаления пасынков в 2.5 раза ниже, чем пасынкованных, а в варианте с МВО₂+«Здравень» – в 2.05 раза. Нарушение естественного развития растений при удалении пасынков, болезненно переносимое растением, частично компенсировалось внесением минерального удобрения и обработки семян водой, насыщенной кислородом, что и повысило продуктивность (табл. 4).

Таблица 4

Влияние предпосевной обработки семян и полива почвы минеральной водой и водой, обогащенной кислородом, на продуктивность пасынкованных и непасынкованных томатов

[The effect of pre-sowing seed treatment and soil irrigation with mineral water and oxygen-enriched water on the productivity of stepson and non-stepson tomatoes]

Показатели	Варианты			
	МВ	МВ+Здравень	МВО ₂	МВО ₂ +Здравень
Число плодов с 1 растения, шт. (пасынкованных / не пасынкованных)	13 / 5	11 / 13	12 / 10	19 / 11
Масса плодов с 1 пасынкованного растения, г;	498.3	519.7	546.2	751.6
отклонение +/-;	33.5	141.1	53.0	231.1
V / % к МВ	0.067 / 100	0.272 / 104	0.09 / 110	0.32 / 151
Масса плодов с 1 не пасынкованного растения, г	193.0 / 100	321.0 / 166	266.4 / 138	459.9 / 290
Масса 1 плода пасынкованных / не пасынкованных	38.3 / 18.6	47.2 / 24.7	45.6 / 26.4	39.5 / 41.8
Прирост продуктивности от пасынкования, отношение	2.50	1.65	2.05	1.69

После уборки урожая томатов зафиксировано бурное развитие корневой системы в сосудах МВО₂, что могло отрицательно сказаться на развитии и продуктивности растений из-за недостатка объема сосудов. При тепличном выращивании томатов из семян, обработанных водой МВО₂, следует увеличить площадь посадки для одного растения.

Опыт с луком-севком

Полевые мелко-деляночные опыты с луком-севком проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве в два срока посева (весенний и летний). В опытах контролировали следующие показатели: скорость появления всходов, появление стрелок, продуктивность.

В весенний посев для опыта взят лук-севок сорта «Стригуновский»; масса одной луковицы колебалась в пределах 2.9–3.1 г. В каждом варианте по 45 шт. луковиц замачивали на 24 ч. в МВ или МВО₂ и высаживали в подготовленный грунт на расстоянии 5 см между луковицами и 10 см – между рядами. Почву при посадке поливали нормированным объемом МВ или МВО₂ с добавлением удобрения «Здравень» (0.15%-ный раствор). Последующий полив водопроводной отстоянной водой проводили в первую декаду ежедневно в каждый рядок в зависимости от влажности почвы. Во всех вариантах внесение удобрения повторили через месяц после посадки.

При посеве 2 июня на дерновой слабо оподзоленной почве всходы появились на 3-й день при максимуме в вариантах с МВО₂. Через 10 дней после посева происходило интенсивное образование пера, максимальная высота которого наблюдалась в варианте МВО₂+«Здравень». 7 августа по мере полегания и увядания пера произведена уборка лука, который помещен на дозревание на 10 дней в проветриваемое помещение. 17 августа проведен учет продуктивности лука (табл. 5).

Из полученных данных (табл. 5) видно, что всхожесть и жизнеспособность лука в большинстве вариантов близка к 80% от числа посеянных, в отдельных вариантах (МВ+«Здравень») – на уровне 100%. Прирост биомассы при поливе МВО₂ или при внесении минерального удобрения составил 47%. Исключительно высокая прибавка продуктивности и массы одной луковицы установлена при совместном использовании кислородной воды и удобрения.

Вероятно, обработка семян водой «O₂ alive» в присутствии минерального удобрения повышает активность растений в потреблении питательных веществ, что положительно сказывается на продуктивности. В вариантах с МВ, особенно при добавлении удобрения, установлено повышенное образование стрелок, что может отрицательно повлиять на образование луковиц, снизив продуктивность.

Для выяснения влияния предпосевной обработки лука-севка водой «O₂ alive» на продуктивность в экстремальных условиях (при отсутствии ежедневного полива) 25 июня заложен опыт на подзолистой супесчаной почве. Полив почвы МВ и МВО₂ и подкормка удобрением осуществлялись только один раз

при посеве. В опыте использовали по 100 шт. лука-севка сорт «Штутгартен» весом 4.8–5.2 г, которые предварительно замачивали в растворах МВ и МВО₂. Уборка и учет урожая произведены 1 сентября.

Лук испытывал дефицит влаги (не было дождей), необходимой в первые фазы развития растений, что негативно отразилось на образовании пера. Высокий процент выживших луковиц и максимальная масса одной луковицы наблюдались в вариантах с МВО₂+«Здравень» и МВО₂ (табл. 5). Растения в этих вариантах имели более мощную корневую систему, способную потреблять влагу из углубленных, менее иссушаемых горизонтов. Известно, что в стрессовых ситуациях фазы развития растений протекают быстрее [Зеленин, 1980; Ганичкина, Ганичкин, 2011], прирост биомассы одной луковицы и продуктивность в варианте с МВО₂ выше, чем при весеннем посеве. Вероятно, формирование мощной корневой системы у лука в условиях засухи способствует быстрому вызреванию и повышению продуктивности. Максимальная продуктивность, как и при весеннем посеве, выявлена в варианте МВО₂+«Здравень».

Таблица 5

Влияние предпосевной обработки семян лука-севка на всхожесть и продуктивность при разных сроках посева

[The effect of pre-sowing treatment of onion seeds on germination and productivity at different sowing dates]

Показатели	Варианты			
	МВ	МВ+Здравень	МВО ₂	МВО ₂ +Здравень
Лук-севок сорт «Стригуновский» (весенний посев)				
% выживших луковиц	81	100	81	80
Масса 1 шт., г	16.69 / 82*	20.0 / 85*	20.5 / 82*	31.0 / 90*
Продуктивность, г на м ² / % к МВ	1364 / 100	2000 / 147	1660 / 118	2498 / 182
Лук-севок сорт «Штутгартен» (при отсутствии полива)				
% выживших луковиц	76	68	80	80
Масса 1 шт., г	23.2 / 78	23.8 / 79	26.2 / 81	29.4 / 83
Продуктивность, г на м ² / % к МВ	1763 / 100	1618 / 92	2096 / 119	2352 / 133

* Прирост за сезон, процент разности средней массы к массе высеваемого лука.

Таким образом, обработка луковиц водой «O₂ alive» повышает продуктивность и устойчивость к засухе, особенно при совместном использовании с минеральным удобрением, благодаря развитию мощной корневой системы и активному использованию влаги и питательных веществ из менее иссушаемых углубленных горизонтов почвы.

Заключение

Действие предпосевной обработки семян водой «O₂ alive» и ее влияние при совместном использовании с минеральным удобрением на фазы развития и продуктивность овощных культур изучено впервые. При постановке модельных лабораторных опытов проведен отбор минеральных удобрений, стимулирующих начальные ростовые процессы семян (гумат калия, молибдат аммония, «Здравень»). Наибольший эффект получен при совместном действии воды «O₂ alive» и минерального удобрения «Здравень», который в дальнейшем использован при закладке полевых опытов.

Постановкой вегетационных (при выращивании томатов), полевых мелко-деляночных опытов на почвах различного механического состава при выращивании лука-севка, салата и редиса установлено, что предпосевная обработка семян водой «O₂ alive» повышает энергию прорастания на 2–4 дня и всхожесть семян до 80–100%, ускоряет наступление фазы образования плодов на 7 дней (у томатов), способствует корнеобразованию, тем самым увеличивая способность растений усваивать вносимые в почву удобрения и влагу, повышая продуктивность на 30–80%. Обработка семян водой «O₂ alive» приводит к формированию у растений мощной корневой системы, что необходимо учитывать при посадке, увеличивая площадь питания для одного растения.

Использование удобрения «Здравень» совместно с МВ усиливает нарастание зеленой биомассы культур (томаты, лук, редис, салат), но существенно замедляет наступление фазы цветения (у томатов), что позволяет рекомендовать это удобрение в виде минеральной подкормки при выращивании лука на перо и салата. Для редиса и томатов использование удобрения «Здравень» приводит к удлинению вегетационного периода и необходимости более раннего посева семян при выращивании рассады.

Таким образом, предпосевная обработка семян водой «O₂ alive» и последующая подкормка минеральным удобрением «Здравень» могут быть использованы для повышения продуктивности растений закрытого и открытого грунта, повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям (засуха, низкие температуры).

На основании проведенных экспериментов получен патент РФ 2704835 «Композиция для предпосев-ной обработки семян и усиления роста растений (варианты)» [2019].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авторск. свидетельство РФ 990681. Б.И.: № 3. Устройство для комплексной активации жидкости, 1983.
2. Авторск. свидетельство РФ 1532036. Б.И.: № 48. Способ полива сельскохозяйственных культур, 1989.
3. Ганичкина О.А., Ганичкин А.В. Новая энциклопедия садовода и огородника. М.: Эксмо, 2011. 893 с.
4. Зеленин В.М. Лук. Пермь: Кн. изд-во, 1980. 45 с.
5. Кислородная вода Стэлмас O₂. URL: <https://www.healthwaters.ru/articles/voda-obogashchennaya-kislorodom/> (дата обращения: 24.05.2021).
6. Коваленко Н.Г. Влияние воды, обогащенной кислородом, на рост рассады. 2015. URL: <http://www.microarticles.ru/article/vlijanie-vodi-obogaschennoj-kislorodom-na-rost-rassadi.html>. (дата обращения: 24.05.2021).
7. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 462 с.
8. Куперман Ф.М, Ржанова Е.И. Биология развития растений. М.: Высш. шк., 1963. 425 с.
9. Минеральное удобрение «Здравень турбо универсальный – для овощей, плодов и садовых культур» URL: http://www.vhoz.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=163&Itemid=16 (дата обращения: 24.05.2021).
10. Патент РФ 2704835. Б.И.: № 31. Композиция для предпосевной обработки семян и усиления роста растений (варианты), 2019.
11. Патент РФ 2305588. Б.И.: № 9. Способ обработки жидкой среды и устройство для его осуществления, 2006.
12. Патент РФ 2430501. Б.И.: № 28. Способ стимуляции проращивания семян сельскохозяйственных культур, 2011.
13. Полевой В.В. Физиология растений. М.: Высш. шк., 1989. 464 с.
14. РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений иодометрическим методом.
15. Staldinger J. Verfahren und Vorrichtung zum Eintragen eines Gases-oder eines Gasgemisches in eine Flüssigkeit: Pat. AT 403349. 1998.

References

1. Kirm A.A., Tetsov E.A., Ruttas V.I., Kikas K.A. *Ustrojstvo dlya kompleksnoj aktivacii zhidkosti* [Device for complex liquid activation]. Copyright certificate of the Russian Federation 990681. B.I. No 3]. 1983. (In Russ.).
2. Rudenko N.E., Shcherbinin B.M. *Sposob poliva sel'skhozajstvennyh kul'tur* [Method of irrigation of agricultural crops]. *Avtorskoe svidetel'stvo RF* [Copyright certificate of the Russian Federation 1532036 // B.I. No 48]. 1989. (In Russ.).
3. Ganichkina O.A., Ganichkin A.V. *Novaya enciklopediya sadovoda i ogorodnika* [The new encyclopedia of the gardener]. Moscow, Eksmo Publ., 2011. 893 p. (In Russ.).
4. Zelenin V.M. *Luk*. [Onion. Vegetable grower's library]. Perm, Knizhnoe izd-vo Publ.. 1980. 45 p. (In Russ.).
5. *Kislorodnaja voda Stelmas O₂*. [Oxygen water Stelmas O₂]. Available at: <https://www.healthwaters.ru/articles/voda-obogashchennaya-kislorodom/> (accessed 24.05.2021). (In Russ.).
6. Kovalenko N.G. *Vlijanie vody, obogaschennoj kislorodom, na rost rassady* [Effect of oxygen-rich water on seedling growth]. 2015. Available at: <http://www.microarticles.ru/article/vlijanie-vodi-obogaschennoj-kislorodom-na-rost-rassadi.html>. (accessed 24.05.2021). (In Russ.).
7. Krasil'nikov N.A. *Mikroorganizmy pochvy i vysšie rastenija* [Soil microorganisms and higher plants] Moscow, Izd-vo AN SSSR Publ., 1958. 462 p. (In Russ.).
8. Kuperman F.M, Rzhanova E.I. *Biologija razvitija rastenij* [Biology of plant development]. Moscow, Vysšaja škola Publ., 1963. 425 p.
9. *Mineral'noe udobrenie «Zdraven' turbo universal'nyj - dlja ovoščej, plodov i sadovyh kul'tur»* [Mineral fertilizer "Zdraven turbo universalny - for vegetables, fruits and garden crops"]. Available at: http://www.vhoz.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=163&Itemid=16 (accessed 24.05.2021). (In Russ.).
10. Mikov A.I., Mikov K.A., Kudryashova O.S., Kamenshchikova V.I. *Kompozicija dlja predposevnoj obrabotki semjan i usilenija rosta rastenij (varianty)* [Composition for pre-sowing seed treatment and plant growth enhancement (variants)]. Patent RF 2704835. B.I. No 31. 2019. (In Russ.).
11. Blank P.E., Blank E.I. *Sposob obrabotki židkoj sredy i ustrojstvo dlja ego osuščestvlenija* [Method of processing a liquid medium and a device for its implementation]. Patent RF 2305588. B.I. No 9. 2006. (In Russ.).

12. Osadchenko I.M., Gorlov I.F., Harchenko O.V. i dr. *Sposob stimuljacii proraščivanija semjan sel'sko-chozjajstvennyh kul'tur* [Method for stimulating the germination of agricultural seeds] Patent RF 2430501 // B.I. No 28. 2011. (In Russ.).

13. Polevoj V.V. *Fiziologija rastenij* [Plant physiology] Moscow, Vysšaja škola Publ., 1989. 464 p. (In Russ.).

14. RD 52.24.419-2005. *Massovaja koncentracija rastvorennogo kisloroda v vodach. Metodika vypolnenija izmerenij jodometričeskim metodom* [Mass concentration of dissolved oxygen in water. The method of performing measurements by the iodometric method]. (In Russ.).

15. Staldinger J. Verfahren und Vorrichtung zum Eintragen eines Gases-oder eines Gasgemisches in eine Flüssigkeit. Patent AT 403349. 1998.

Статья поступила в редакцию 27.07.2021; одобрена после рецензирования 23.09.2021; принята к публикации 02.12.2021.

The article was submitted 27.07.2021; approved after reviewing 23.09.2021; accepted for publication 02.12.2021.

Информация об авторах

В. И. Каменщикова – кандидат биологических наук;

О. С. Кудряшова – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник.

Information about the authors

V. I. Kamenshchikova, candidate of biology;

O. S. Kudryashova – doctor of chemistry, professor, chief scientific officer.

Вклад авторов:

Каменщикова В. И. – подготовка и выполнение эксперимента; обработка полученных данных; написание исходного текста; итоговые выводы.

Кудряшова О. С. – обработка полученных данных; доработка текста; итоговые выводы.

Contribution of the authors:

Kamenshchikova V. I. – preparation and execution of the experiment; processing of the received data; writing the draft; final conclusions.

Kudryashova O. S. – processing of the received data; revision of the text; final conclusions.