

МРНТИ 34.31.27

УДК 57.04

DOI 10.70239/arsu.2024.t77.n3.23

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ «ЛЕГКОЙ» ВОДЫ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

ГЕМПЕЛЬ К.А. 

Гемпель К.А. – НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», кафедра химии и биотехнологии, г. Кокшетау, Казахстан

E-mail: gempelkarina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5102-6626>

Аннотация. Статья посвящена изучению физико-химических свойств легкой воды и её влияния на рост и развитие растений. Автор акцентирует внимание на том, что в природе вода не встречается в чистом виде, так как она всегда содержит различные химические элементы. Рассматриваются виды воды: химически и физически связанная, а также свободная вода. Особое внимание уделено изотопному составу воды, включая тяжелую воду, и её физическим характеристикам, таким как плотность, температура кипения и плавления. Описывается эксперимент по воздействию легкой воды, обедненной дейтерием, на рост комнатных роз. Исследование показало, что растения, поливаемые легкой водой, лучше развиваются по сравнению с контрольными группами, поливаемыми обычной водой. Автор приводит данные о результатах роста растений в течение 12 недель, что подтверждает уникальные свойства легкой воды, способствующей улучшению состояния растений. Кроме того, приводится анализ химического состава питьевой воды и фитохимический анализ содержания флавоноидов в растениях, поливаемых различными видами воды. В заключении подчеркивается, что легкая вода обладает значительными преимуществами по сравнению с обычной, что делает её перспективной для использования в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: легкая вода, изотопы, полутяжелая вода, тяжелая вода, водородная связь

Всем известно, что на Земле вода находится в трех агрегатных состояниях: жидкая, твердая и в виде пара и что молекула воды (H_2O) состоит из двух атомов водорода ($H1$) и одного атома кислорода ($O16$). В чистом виде вода, состоящая из водорода и кислорода, в природе практически отсутствует, т.к. любая вода содержит в своем составе растворенные химические элементы. Выделяют химически связанную воду, физически связанную воду и свободную воду. Химически связанная вода – это та вода, которая входит в состав минералов, а именно в ее кристаллическую решетку и в зависимости от степени связывания подразделяется на конституционную, кристаллизационную и свободную. Физически связанная вода входит в состав горных пород в виде гидратных оболочек, в свою очередь, подразделяясь на прочносвязанную и слабосвязанную. Свободная вода обладает свойствами жидкой воды и способна передвигаться под действием силы тяжести. Свободная вода подразделяется на капиллярную, гравитационную и воду вакуолей [1, 2].

Целью работы является изучение физико-химических свойств легкой воды и влияние легкой воды на рост и развитие растений, на примере комнатной розы.

В настоящее время изучением структуры воды занимаются ученые из ближнего и дальнего зарубежья, например такие ученые как Михайлова Р.И., Савостикова О.Н. и др. изучают влияние дистиллированной, талой, снеговой, активированной вод на живой организм. Также изучаются вопросы влияния на структуру воды материал, в котором хранится вода (Теленкова О.Г., 2011г.).

В состав воды входят элементарные и сложные ионы, газы, такие как двуокись углерода, сероводород, азот, метан, кислород, гелий и органические вещества, которые составляют физиологическую характеристику воды.

К физическим характеристикам воды относятся: запах, цвет, прозрачность, вкус; плотность, которая равна 0,99823 г/мл при 200С; 1,00000 г/мл при 40С и 0,99987 г/мл при 00С; температура плавления, равная 00С, температура кипения, равная 1000С, электропроводность и радиоактивность - показатель, характеризующий содержание в воде радиоактивных веществ (уран-234, 235, 238, радий-226, 228, торий, полоний-210, свинец-210, калий-40, суммарная альфа-и бета-активность).

К физико-химическим свойствам воды относятся кислотно-щелочное равновесие воды (рН) которая составляет основную жизненную среду живого организма (кровь, лимфа, слюна, межклеточная жидкость, спинномозговая жидкость и др.) и имеет слабощелочную реакцию и окислительно-восстановительный потенциал воды (ОВП). Это способность воды вступать в биохимические реакции. Она определяется наличием свободных электронов в воде.

К химическим свойствам воды относится способность молекулы воды вступать в химическую реакцию с металлами и их оксидами, с неметаллами и их оксидами, способность образовывать гидраты и кристаллогидраты, а также способность пропускать электрический ток.

Как мы знаем в молекуле воды атомы водорода присоединены к атому кислорода под углом 104,45. Так как атом кислорода более электроотрицателен, то электронное облако в молекуле воды смещено в сторону кислорода, поэтому у молекулы воды большой дипольный момент, который уступает только дипольности синильной кислоты. Также известен изотопный состав воды, состоящий из дейтерия и кислорода -18. Изотопы это химические элементы, которые имеют один и тот же порядковый номер, но различную атомную массу. Внешний вид изотопов водорода и кислорода показан на рисунке 1. В таблице 1 приведены цифровые значения изотопов воды.

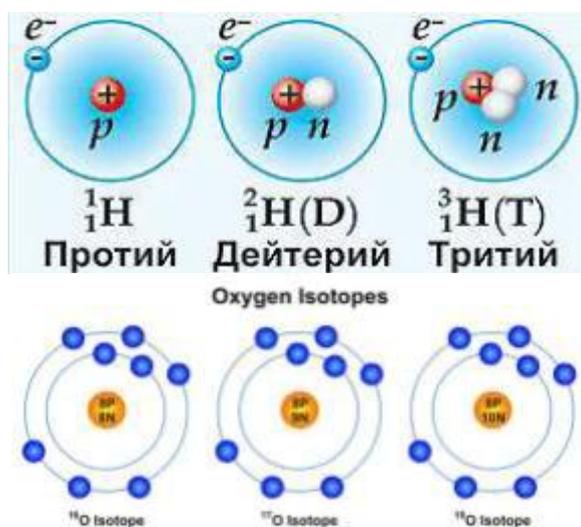


Рисунок 1. Изотопы водорода и кислорода

Таблица 1. Изотопы воды

Элемент	Водород		Кислород		
	H	D	¹⁶ O	¹⁷ O	¹⁸ O
Изотоп	H	D	¹⁶ O	¹⁷ O	¹⁸ O
Количество протонов в ядре	1	1	8	8	8
Количество нейтронов в ядре	0	1	8	9	10
Атомная масса	1	2	16	17	18

Еще в 1932 году американский физик - химик Гарольд Юри впервые обнаружил атомы тяжеловодородной воды в обычной природной воде, т.е. он открыл изотоп дейтерия и в 1934 году он был удостоен Нобелевской премии. Данное открытия дало начало для производства тяжелой воды, так как она нашла широкое применение в промышленности. Побочным продуктом при производстве тяжелой воды являлась «легкая» вода. В 1933 году Гилберт Льюис выделил чистую тяжеловодородную воду, путем многократного проведения электролиза обычной воды. При электролизе обычной воды, содержащей наряду с обычными молекулами воды незначительное количество молекул тяжелой (D₂O) и полутяжелой (HOD) воды, образованных тяжелым изотопом водорода, остаток постепенно обогащается

молекулами этих соединений. Этот способ производства тяжелой воды остается основным и сейчас, хотя используется в основном на окончательной стадии обогащения от 5-10 % до >99 % [3]. По физическим свойствам тяжелая вода отличается от обычной воды, например, температура его кипения составляет 101,3°C, температура замерзания 3,7°C. Поэтому воды окружающие нас, отличаются по изотопному составу. Это происходит из-за постоянного испарения и конденсации при круговороте воды. Относительное соотношение в природных водах тяжелой и обычной воды примерно 1/6000. Удельный вес обычной воды на 105 меньше, чем у тяжелой воды. Еще одно отличие от обычной воды, это максимальная плотность при +11,6°C [4]. Даже если тяжелая вода будет в очень малой концентрации, она все равно повлияет на организм и жизнедеятельность человека, причем негативно. Многие исследователи пришли к одному выводу, не зависимо друг от друга: дейтерий вреден для организма, он замедляет рост и деление клеток, ускоряя старение. Талая вода из снега содержит на 11% меньше дейтерия чем природные воды. Тяжелой воды в обычной воде очень мало – примерно 2,73 грамма в каждом литре. Более правильно было бы говорить о «более легкой» или «более тяжелой» воде по отношению к некоему стандарту. В научной литературе в качестве такого стандарта используют венский стандарт средне-океанической воды (VSMOW). Описание физических свойств воды приведены в таблице 2.

Таблица 2. Физические свойства воды

Физические свойства	$^1\text{H}_2^{16}\text{O}$	D_2^{16}O	$^1\text{H}_2^{18}\text{O}$
Плотность при 20 С, г/см ³	0.9970	1.1051	1.1106
Температура максимальной плотности, °С	3.98	11.24	4.30
Температура плавления при 1 атм, °С	0	3.81	0.28
Температура кипения при 1 атм, °С	100	101,42	100,14
Давление пара при 100 С,	760,00	721,60	758,10
Вязкость при 20 С,	1,002	1,247	1,056

С химической точки зрения, вода – это неорганическое бинарное соединение, состоящее из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Атом водорода имеет два изотопа, это протий и дейтерий, у кислорода существует три изотопа, это ^{16}O , ^{17}O и ^{18}O [5]. Молекула воды из-за наличия водородной связи остается в жидком состоянии в большом спектре температур [6]. Кроме молекул легкой (протиевой) воды - $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, состоящих из двух атомов легкого водорода ^1H (протия) и одного атома легкого кислорода ^{16}O , в природной воде присутствуют еще 8 видов воды (далее тяжелая вода) из комбинации остальных стабильных тяжелых изотопов водорода и кислорода [7]. Суммарное среднее количество тяжелых изотопных видов воды в природной воде составляет около 0,27%. Вода пресноводных источников представляет собой смесь примерно 330 мг/л тяжело-водородной и приблизительно 2 г/л тяжело-кислородной H_2^{18}O воды. Эти значения сопоставимы с допустимым содержанием солей в питьевой воде. Природная вода является смесью молекул $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, $^1\text{H}_2^{17}\text{O}$, $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$, $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$, $^1\text{H}^2\text{H}^{17}\text{O}$, $^1\text{H}^2\text{H}^{18}\text{O}$, $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$, $^2\text{H}_2^{17}\text{O}$, $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$, растворенных в них природных и искусственных химических веществ и взвеси, содержащей биологические объекты и неорганические и органические частицы. При удалении из природной воды всех тяжелых изотопных разновидностей остается вода состава $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, обычно ее называют «протиевая» или «легкая». В современной науке существует 9 модификаций воды:

1) Легкая вода с химической модификацией $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$; 2) Тяжелокислородная вода с химической модификацией $^1\text{H}_2^{17}\text{O}$, $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$; 3) Полутяжелая вода с химической модификацией $^1\text{HD}^{16}\text{O}$, $^1\text{HD}^{17}\text{O}$, $^1\text{HD}^{18}\text{O}$; 4) Тяжелая вода с химической модификацией D_2^{16}O , D_2^{17}O , D_2^{18}O .

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были взяты воды, используемые в быту населением г. Кокшетау:

1) питьевая вода со скважины 2-Б; 2) водопроводная вода; 3) «легкая» вода с

содержанием дейтерия 10 ppm.; 4) растения семейства розоцветных, в количестве 4-х экземпляров.

Скважина №2-Б месторождения «Кусколь», находится на южной окраине г. Кокшетау. Для приготовления 1 литра воды с содержанием дейтерия 75 ppm, были проведены следующие математические расчеты: исходили из того, что в нашем регионе вода содержит дейтерий 133 ppm, тогда $1 \times 75 = x \times 10 + (1-x) \times 133$, отсюда $x = 471$ мл легкой воды, т.е. для получения 1 литра воды с содержанием дейтерия 75 ppm, необходимо 471 мл легкой воды с содержанием дейтерия 10 ppm разбавить с 529 мл воды со скважины 2-Б.

Были взяты четыре одинаковые розы, одного и того же вида, с одинаковым объемом и ростом, они были пронумерованы. Они поливались в течении трех месяцев, три раза в неделю, смесью следующих вод: Роза №1 – «легкая» вода 75 ppm; Роза №2 – смесь воды: «легкая вода» 75 ppm и вода со скважины 2Б ; Роза №3 – смесь воды: 50% водопроводной и 50% воды со скважины 2Б ; Роза №4 – Водопроводная вода

Каждую неделю цветы измеряли линейкой и вели записи по их замерам. В таблице 2.1 приведены результаты изменений цветов в течении 12-ти недель.

Таблица 2.1. Изменение роста растений в течении 12-ти недель

№ Цветка		1–3 неделя	3–6 неделя	6–9 неделя	9–12 неделя
Неделя		значения в см	значения в см	значения в см	значения в см
№1	Объем	73 см	74,5 см	76 см	77,5 см
	Ширина	18 см	21 см	21,5 см	22 см
	Длина (рост цветка)	22 см	23 см	23,5 см	24,5 см
№2	Объем	72 см	72,5 см	73 см	73,5 см
	Ширина	19 см	19 см	19,5 см	20 см
	Длина (рост цветка)	21,5 см	22 см	22 см	22,5 см
№3	Объем	73 см	72 см	72,5 см	74 см
	Ширина	19,5 см	19,5 см	20 см	20 см
	Длина (рост цветка)	21 см	21,5 см	22 см	22 см
№4	Объем	72,5 см	73,5 см	73,5 см	73 см
	Ширина	18,5 см	18,5 см	19 см	19 см
	Длина (рост цветка)	22 см	22 см	22,5 см	22,5 см



Рисунок 2. Внешний вид розы до начала эксперимента (а) и после его окончания (б)

Анализируя данные приведенные в таблице, можно сказать, что хорошие результаты были у объекта №1, который поливали «легкой» водой, даже визуально данный цветок выглядел намного лучше, нежели остальные цветы. На начальном этапе эксперимента роза №1 имела длину 22 см, на конечном этапе – 24, объём растения изменился с 73 см на 77,5 см. Это свидетельствует о том, что свойства легкой воды, действительно уникальные, и они имеют преимущества над обычной водой. По окончании эксперимента, данный цветок перешел в фазу цветения, что видно на рисунке 2.1

Для проведения сравнительного анализа был проведен химический анализ питьевой

воды со скважины 2Б, результаты которого приведены в таблицах 2.2. и 2.3.

Таблица 2.2. Результаты количественного анализа питьевой воды со скважины 2Б на наличие катионов

Найдено катионов			
Компонент	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	%мг-экв/дм ³
Натрий + Калий	34,25	1,49	40,4
Калий	н.о.	н.о.	н.о.
Кальций	16,0	0,80	21,69
Магний	17,0	1,40	37,95
Аммоний	0,2	н.о.	н.о.
Железо (+2)	н.о.	н.о.	н.о.
Железо (+3)	н.о.	н.о.	н.о.

В составе питьевой воды со скважины 2Б отсутствуют катионы железа, что положительно сказывается на качестве напитков (чай, кофе и т.п.), а относительно небольшое содержание хлоридов обеспечивает постоянство осмотического давления во внутренней среде организма. Уровень кальция и магния (таблица 2.1 и 2.2) соответствуют норме. Соответствующий норме уровень кальция, магния поддерживает нормальное артериальное давление. Скважина №2Б месторождения «Кусколь» с глубиной залегания кровли водоносного горизонта в 80 метров, под толщей глин, гарантирует безопасность от загрязнения внешними факторами.

Таблица 2.3. Результаты количественного анализа питьевой воды со скважины 2Б на наличие анионов

Найдено анионов			
Компонент	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	%мг-экв/дм ³
Карбонаты	н.о.	н.о.	н.о.
Гидрокарбонаты	164,8	2,70	60,5
Хлориды	40,0	1,13	25,3
Сульфаты	1,0	0,02	0,4
Нитраты	н.о.	н.о.	н.о.
Нитриты	н.о.	н.о.	н.о.
Фториды	н.о.	н.о.	н.о.
Иодиды	н.о.	н.о.	н.о.
Бромиды	н.о.	н.о.	н.о.
Бор	н.о.	н.о.	н.о.

Далее были проведены фитохимический качественный анализ водно-спиртового и водного экстракта листьев розы комнатной на содержание флавоноидов. Общей реакцией на флавоноидные соединения является цианидиновая проба (проба Шинода), проводимая с помощью концентрированной соляной кислоты и металлического магния. Действие водорода в момент выделения приводит к восстановлению карбонильной группы и образованию ненасыщенного пиранового цикла, который под действием соляной кислоты превращается в оксониевое соединение, имеющее окраску от оранжевой (флавоны) до красно-фиолетовой (флаваноны, флавонолы, флаванололы).

Результаты исследования показали, что легкая вода, благодаря иной структуре (обедненная по дейтерию), обладает уникальными свойствами. Цветок №1, который поливали «легкой» водой показал наибольшее содержание флавоноидов.

Заключение

1. Изучили физико-химические свойства «легкой» воды. Определено, что физические характеристики «легкой» воды отличаются от воды тяжелой и воды обычной. Плотность воды

при температуре 20°C для H₂O–0,0070 г/см³; для D₂O-1,1051 г/см³; для «легкой» воды-1,1106 г/см³; t° кипения для H₂O-100°C; для D₂O-101,42 °C; для «легкой» воды-100,14 °C. По химическому составу в воде содержатся катионы: Na⁺, Ca²⁺, отсутствуют ионы Fe³⁺ и Mg²⁺, из анионов содержатся гидрокарбонаты, хлориды, сульфаты, отсутствуют нитраты, нитриты, фториды, иодиды, карбонаты.

2. Изучили влияние легкой воды на рост и развитие растений, на примере комнатной розы. На начальном этапе эксперимента роза № 1 имела длину 22 см, на конечном этапе – 24, объём растения изменился с 73см на77,5 см. Это свидетельствует о том, что свойства легкой воды, действительно уникальные, и они имеют преимущества над обычной водой.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Пятков Е.А., Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н. Химия и физиология воды. Учебное пособие. Кокшетау. «Мир печати». 2020. С.95.
2. Антонченко В.Я. и др. Основы биофизики воды. Киев. «Наукова думка» 2011. С. 180.
3. Пятков Е.А., Сергазина С.М., Лоскутова Г.А. // Легкая вода в Казахстане. ФГБОУ ВО «Алтайский гос.тех.университет им.И.И.Ползунова». Ползуновский вестник. №3. 2016. С.28-31.
4. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды. Журнал структурной химии, 2006. Т.47. С.5-35.
5. Уоттерсон Д.Г. Роль воды в функции клетки. Биофизика. 1991. Т.36. №1. С.5.
6. Сергазина С.М., Пятков Е.А. Камзе А.Р. // Щучье–Бурабай курорттық аймағының жер асты және жер үсті суларының химиялық құрамын зерттеу. Вестник КГУ им. Ш. Уалиханова №3. 2020. С.76-86.
7. Сергазина С.М., Токтабаева З. К., Нурмуханбетова Н.Н., Фахруденова И.Б. //Исследование физико- химических характеристик «Легкой воды» г. Кокшетау. «Химия ғылымы мен химиялық білім берудің өзекті мәселелері» Республикалық ғылыми конференция. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ. С.110-115. 04.04.2022.

References:

1. Pyatov E.A., Sergazina S.M., Nurmuhambetova N.N. Himiya i fiziologiya vody. Uchebnoe posobie. Kokshetau. «Mir pechati». 2020. S.95.
2. Antonchenko V.YA. i dr. Osnovy biofiziki vody. Kiev. «Naukova dumka» 2011. S. 180.
3. Pyatov E.A., Sergazina S.M., Loskutova G.A. // Legkaya voda v Kazahstane. FGBOU VO «Altajskij gos.tekh.universitet im.I.I.Polzunova». Polzunovskij vestnik. №3. 2016. S.28-31.
4. Malenkov G.G. Struktura i dinamika zhidkoj vody. ZHurnal strukturoj himii, 2006. T.47. S.5-35.
5. Uotterson D.G. Rol' vody v funkcii kletki. Biofizika. 1991. T.36. №1. S.5.
6. Sergazina S.M., Pätov E.A. Kamze A.R. // Şuche–Burabai kurorttyq aimağynyñ jer asty және жер үсті sularynyñ himialyq құрамын зерттеу. Vestnik KGU im. Ş. Ualihanova №3. 2020. S.76-86.
7. Sergazina S.M., Toktabaeva Z. K., Nurmuhambetova N.N., Fahrudanova İ.B. //İssledovanie fiziko- himicheskikh harakteristik «Legkoi vody» g. Kokşetau. «Himia ғылымы мен himialyq bilim berudiñ өзекті мәселелері» Respublikalyq ғылыми konferensia. L.N. Gumilev atyndağy EÜU. S.110-115. 04.04.2022.

«ЖЕҢІЛ» СУДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖӘНЕ ОНЫҢ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨСУІ МЕН ДАМУЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

ГЕМПЕЛЬ К.А. 

Гемпель К.А. – «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КЕАҚ, химия және биотехнология кафедрасы, Көкшетау қ., Қазақстан
E-mail: gempelkarina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5102-6626>

Аңдатпа. Мақала жеңіл судың физика-химиялық қасиеттерін және оның өсімдіктердің өсуі мен дамуына әсерін зерттеуге арналған. Автор табиғатта судың таза түрінде кездеспейтіндігіне назар аударады, өйткені оның құрамында әрдайым әртүрлі химиялық элементтер бар. Судың түрлері қарастырылады: химиялық және физикалық байланысқан, сондай-ақ бос су. Судың изотоптық құрамына, соның ішінде ауыр суға және оның тығыздығы, қайнау және балқу температурасы сияқты физикалық сипаттамаларына ерекше назар аударылады. Бөлме раушандарының өсуіне дейтериймен сарқылған жеңіл судың әсері туралы эксперимент сипатталған. Зерттеу көрсеткендей, жеңіл сумен суарылатын өсімдіктер қарапайым сумен суарылатын бақылау топтарымен салыстырғанда жақсы дамиды. Автор 12 апта ішінде өсімдіктердің өсу нәтижелері туралы деректерді береді, бұл өсімдіктердің денсаулығын жақсартуға көмектесетін жеңіл судың бірегей қасиеттерін растайды. Сонымен қатар, ауыз судың химиялық құрамына талдау және әртүрлі су түрлерімен суарылатын өсімдіктердегі флавоноидтардың құрамына фитохимиялық талдау жасалады. Қорытындылай келе, жеңіл судың әдеттегіден айтарлықтай артықшылығы бар, бұл оны ауыл шаруашылығында пайдалану үшін перспективалы етеді.

Ключевые слова: жеңіл су, изотоптар, жарғылай ауыр су, ауыр су, сутегі байланысы

THE STUDY OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF «LIGHT» WATER AND ITS EFFECT ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT

GEMPEL K.A. 

Гемпель К.А. – NAO «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov», Department of Chemistry and Biotechnology, Kokshetau, Kazakhstan

E-mail: gempelkarina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5102-6626>

Abstract. The article is devoted to the study of the physico-chemical properties of light water and its effect on plant growth and development. The author focuses on the fact that water does not occur in nature in its pure form, since it always contains various chemical elements. The types of water are considered: chemically and physically bound, as well as free water. Special attention is paid to the isotopic composition of water, including heavy water, and its physical characteristics such as density, boiling point and melting point. An experiment on the effect of light water depleted with deuterium on the growth of indoor roses is described. The study showed that plants watered with light water develop better compared to control groups watered with ordinary water. The author provides data on the results of plant growth for 12 weeks, which confirms the unique properties of light water, which helps to improve the condition of plants. In addition, an analysis of the chemical composition of drinking water and a phytochemical analysis of the content of flavonoids in plants watered with various types of water is provided. In conclusion, it is emphasized that light water has significant advantages over conventional water, which makes it promising for use in agriculture.

Key words: light water, isotopes, semi-heavy water, heavy water, hydrogen bonding