

вычайно полезен и нужен, особенно больным людям. Здоровье человека и увеличение продолжительности жизни является в настоящее время самой актуальной проблемой человечества. Она зависит, прежде всего, от условий жизни, окружающей среды, экологического и экономического благополучия, рациона питания и медицинского обслуживания и лечения, в том числе и радонового.

Основные запасы лечебных радоновых вод обнаружены в трещиноватой зоне пород кристаллического фундамента, обогащенной радиоактивными элементами. Воды вскрыты на территории Гродненской области (Новогрудок, Привалки, Поречье, Дятлово, Рыбаки, Новоелья), Минской области (Несвиж) и Брестской области (Молчадь, Барановичи). Водовмещающими породами являются трещиноватые гнейсы, граниты, гранитогнейсы, диориты и габбро. Самый перспективный район ограничивается на юге Гродненской области линией Новоелья–Дятлово–Щучин и простирается в северном направлении до границы с Литвой. Подземные воды, содержащие радон, вскрыты в неглубокозалегающих от поверхности породах фундамента и добываются из четырех источников-скважин глубиной 270–311 метров.

Воды холодные (9–11°C), слабоминерализованные (0,4–0,6 г/л), слаборадоновые (185–1480 Бк/л), ионно-солевой состав гидрокарбонатный магниево-кальциевый. Воды напорные, самоизливающиеся (статические уровни на 0,4–0,7 м превышают отметки земной поверхности). Запасы 40,6–304,0 м³/сут. Водообильность скважин варьируется в широких пределах (0,6–4,0 л/сут при понижении 7–50 м). Используются они при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата, сердечнососудистых, неврологических, гинекологических и урологических заболеваний.

Данные воды приурочены непосредственно к сводовой части Белорусского кристаллического массива. Водовмещающие отложения – граниты, гранодиориты и гранитогнейсы архейского возраста. Месторождение (здесь впоследствии был построен санаторий «Радон») источника – в пределах зоны активного водообмена, где подземные воды трещинного типа циркулируют в тектонически нарушенных зонах горных пород. Непосредственно на территории санатория «Радон» лечебные воды вскрыты скважинами № 3 и № 4. Кроме того, радоновые гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды вскрыты скважиной № 36 в районе города Дятлово Гродненской области, скважиной № 18 в Несвиже Минской области и скважинами № 7 и № 8 у деревни Молчадь Барановичского района Брестской области (месторождения Новоельянинское).

Понятие «радоновая вода» объединяет некоторые подклассы лечебных минеральных вод гидрокарбонатного класса. Например, в деревне Рыбаки Гродненской области вскрыты гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды на глубинах около 145–150 метров, их минерализация не более 0,3–0,4 г/л, объемная активность радионуклидов не превышает значений от 200–250 до 1300–1500 Бк/л [5; 8].

Для более полномасштабного понимания распространения радона на территории Беларуси необходимо завершить районирование радоноопасных участков, составить карты радоногидрологического опробования, оптимизировать проведение научных исследований и усилить контроль над содержанием природных радионуклидов в питьевой воде и воздухе. В целом же проблемы повышенного содержания радона волнуют сегодня людей не только в Беларуси, но и во многих других странах мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автушко, М.И. Геохимическое поле радона в поровом воздухе почв над погребенной трубкой взрыва / М.И. Автушко, К.Н. Буздалкин // *Литасфера*. – 1995. – № 3. – С. 158–160.

2. Автушко, М.И. Проявление линейных нарушений в концентрациях радона в покровных отложениях Воложинского грабена / М.И. Автушко, А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 6. – С. 92–94.
3. Богдасаров, А.А. Радон: минусы и плюсы коварной невидимки / А.А. Богдасаров. – Брест : Брестская типография, 2008. – 64 с.
4. Гофман, Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений / Дж. Гофман. – Мн. : Высшая школа, 1994. – 574 с.
5. Кудельский, А.В. Радиоактивное загрязнение и прогноз состояния природных вод Беларуси / А.В. Кудельский // Природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 41–51.
6. Лобач, Д.Б. Радон в Беларуси / Д.Б. Лобач // Промышленная безопасность. – 2006. – № 12. – С. 13–14.
7. Матвеев, А.В. Линеаменты территории Беларуси / А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко. – Мн. : ИГН НАН Беларуси. – 2001. – 124 с.
8. Ясовеев, М.Г. Экомониторинг минеральных вод и лечебных грязей / М.Г. Ясовеев. – Мн. : Медэлектроника, 2002. – С. 392–396.

A.A. Bogdasarov, M.A. Bogdasarov. Radon: Physical and Chemical Characteristics and Geological Aspects of Health Problems

The article is devoted to inert radioactive gas radon. In this paper we give a characterization of physical and chemical characteristics, the geological conditions of education, the prospects for the use of radon. The article deals with the negative aspects of radon exposure on the human organism, methods of protection against radon hazard, issues of radon therapy and the prospects of its development on the territory of Belarus.

УДК 546.287

В.В. Коваленко, Н.П. Ерчак**РОСТРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ
ГИДРООКСАЛАТА ДИМЕТИЛ(2-ТИЕНИЛ)-
γ-[(N-МЕТИЛ)-N'-ПИПЕРАЗИНОПРОПИЛ]СИЛАНА**

Получен и охарактеризован ^1H , ^{13}C , ^{29}Si ЯМР-спектроскопически гидрооксалат диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана. Изучена рострегулирующая активность названного соединения на культуре редиса в полевых условиях. Определены концентрации водных растворов гидрооксалата, дающих стимулирующий эффект в отношении энергии прорастания семян редиса, всхожести и урожайности корнеплодов. Установлено, что обработка семян редиса 0,00001 М раствором изучаемого соединения достоверно повышает урожайность корнеплодов редиса. Сопоставлена активность соединения в лабораторных и полевых условиях.

Введение

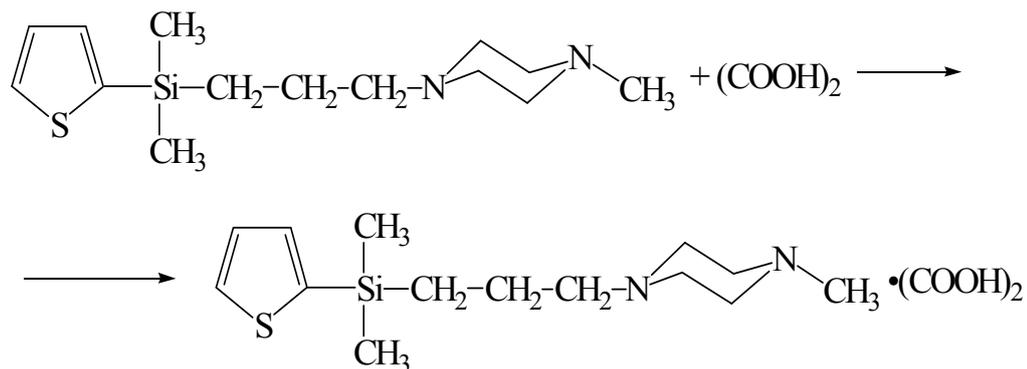
Кремнийорганические соединения представляют значительный интерес как регуляторы роста растений [1–4].

Нами были получены и изучены на предмет регулирующей рост растений активности новые кремнийорганические соединения – гидрооксалаты γ-аминопропилсиланов, содержащие в составе молекулы один и два бензильных заместителя. Были определены концентрации их водных растворов, дающих стимулирующий эффект в отношении энергии прорастания семян, всхожести, общего прироста длины зародышевых корешков и урожайности корнеплодов редиса [5–8].

Нами был также получен гидрооксалат диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана. Данное соединение представляет значительный интерес. Во-первых, до наших исследований изучение рострегулирующей активности гетероароматических производных кремния не проводилось. Во-вторых, благодаря наличию в молекуле гетероциклических систем тиофена и N-метил-N'-пиперазина обладает специфическими электронными эффектами, способными придать ему интересные и полезные свойства. Ранее нами было показано, что в лабораторных условиях обработка семян редиса растворами гидрооксалата диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана повышает энергию прорастания на 10–14%, всхожесть семян – на 17–18%, а также достоверно повышает общий прирост длины зародышевых корешков [9]. Настоящая работа посвящена изучению рострегулирующей активности гидрооксалата диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на культуре редиса в полевых условиях.

Синтез и идентификация гидрооксалата диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана

Гидрооксалат диметил(2-тиенил)-γ-[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана был получен в результате взаимодействия эквимольных количеств N-метил-N'-γ-[[диметил(2-тиенил)силил]пропилпиперазина со щавелевой кислотой в ацетоне при комнатной температуре:



Спектр ЯМР синтезированного соединения зарегистрирован на спектрометре Varian MERCURY-plus. Внутренний стандарт TMC.

Спектр ЯМР ^1H (DMSO, 25 °C, 400 MHz), δ (ppm): 0 (s, 6 H, $\text{Si}(\text{CH}_3)_2$); 0.42 (t, 2 H, SiCH_2); 1.22 (m, 2H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$); 2.25 (s, 3 H, NCH_3); 2.38-2.62 (m, 8 H, $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NCH}_3$); 2.80 (t, $^3\text{J}=5.7$ Hz, 2 H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$); 6.94 (t, $^3\text{J}=4.7$ Hz, 1 H, H_4); 7.03 (d, $^3\text{J}=3.3$ Hz, 1 H, H_3); 7.55 (d, $^3\text{J}=4.7$ Hz, 1 H, H_5).

Спектр ЯМР ^{13}C (DMSO, 25 °C, 100.6 MHz), δ (ppm): -5.0 ($\text{Si}(\text{CH}_3)_2$); 13.7 ($\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$); 19.8 ($\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$); 50.2-52.8 ($\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NCH}_3$); 59.7 ($\text{SiCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}$); 128.9 (C_3); 131.8 (C_4); 135.4 (C_2); 138.0 (C_1); 163.9 (COOH).

Спектр ЯМР ^{29}Si (DMSO, 25 °C, 79.5 MHz), $\delta=3.9$ ppm.

Изучение рострегулирующей активности

Исследования рострегулирующей активности проводились на культуре редиса (сорт «Белый с розовым кончиком»). Изучалось влияние четырех различных концентраций (0,001 М; 0,0001 М; 0,00001 М и 0,000001 М) гидрооксалата. Мелкоделяночные полевые опыты закладывались в условиях защищенного грунта (под пленкой (спанбонд) в четырехкратной повторности, по 50 семян редиса в каждой повторности, с использованием рендомизированного (случайного) метода распределения вариантов [10]. Условием воздействия являлось замачивание семян в растворах изучаемого вещества. Время экспозиции – 1 час. В качестве контроля использовались растения, полученные из семян, которые замачивались в дистиллированной.

Рострегулирующая активность оценивалась по следующим морфобиологическим критериям роста и развития растений: энергия прорастания семян – способность семян быстро и одновременно прорасти (определяется как процент нормально проросших семян за определенное время); всхожесть – способность семян образовывать нормально развитые проростки (определяется как отношение нормально проросших семян к общему числу семян, взятых для проращивания) [11; 12], масса корнеплодов [10].

Влияние растворов исследуемых веществ на эти показатели изучалось путем фенологических наблюдений и биометрических измерений. Статистическая обработка велась по Рокицкому [13]. Вычислялись средние значения результатов определения энергии прорастания, всхожести семян, массы корнеплодов, стандартное отклонение, ошибка среднего арифметического. Точность отличий между данными контроля и опыта определялась на основе критерия Стьюдента.

Данные по влиянию растворов изучаемого соединения на показатель энергии прорастания семян редиса в полевых условиях представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние растворов гидрооксалата диметил(2-тиенил)- γ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на показатель энергии прорастания семян редиса

Вариант эксперимента	Энергия прорастания, %	
Контроль	79	–
0,001 М	79	–
0,0001 М	83	+4
0,00001 М	84	+5
0,000001 М	80	+1

Очевидно, что стимулирующее действие гидрооксалата в условиях полевого эксперимента проявляется в меньшей степени, чем в условиях лабораторного опыта. Если обработка семян редиса 0,00001 М раствором соединения повышала энергию прорастания на 13% по сравнению с контролем в лабораторном эксперименте [9], то в полевом – на 5%. Однако, как видим из приведенных в таблице 1 данных, стимулирующее действие малых концентраций гидрооксалата сохраняется.

Данные по влиянию растворов изучаемого соединения на показатель всхожести семян редиса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние растворов гидрооксалата диметил(2-тиенил)- γ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на показатель всхожести семян редиса

Вариант эксперимента	Всхожесть, %	
Контроль	80	–
0,001 М	79	-1
0,0001 М	85	+5
0,00001 М	85	+5
0,000001 М	80	–

Анализируя представленные в таблице 2 результаты, следует отметить стимулирующее действие в отношении показателя всхожести семян 0,0001 М и 0,00001 М растворов гидрооксалата, которые повышали данный показатель на 5% по сравнению с контролем. В условиях лабораторного опыта растворы названных концентраций повышали всхожесть на 17% и 18% соответственно по сравнению с контролем [9].

Данные по влиянию растворов изучаемого соединения на показатель урожайности корнеплодов редиса представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние растворов гидрооксалата диметил(2-тиенил)- γ -[(N-метил)-N'-пиперазинопропил]силана на массу корнеплодов редиса

Масса корнеплодов, г				
Контроль	0,001 М	0,0001 М	0,00001 М	0,000001 М
16,02 \pm 1,17	16,11 \pm 1,07	18,80** \pm 0,69	19,65* \pm 0,24	17,04 \pm 0,94
* при уровне значимости $p < 0,01$				
** при уровне значимости $p < 0,05$				