

ВЛИЯНИЕ ХЛОРОФИТУМА ХОХЛАТОГО (*CHLOROPHYTUM COMOSUM*) НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

© 2023

Чуенко Н.Ф.^{1,2}, Новикова И.И.¹, Дульцева Г.Г.³, Новиков Е.А.^{1,2}, Савченко О.А.¹

¹Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены (г. Новосибирск, Российская Федерация)

²Новосибирский государственный аграрный университет (г. Новосибирск, Российская Федерация)

³Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН (г. Новосибирск, Российская Федерация)

Аннотация. В данной работе рассмотрена оценка способности хлорофитума хохлатого (*Chlorophytum comosum*) к поглощению формальдегида в закрытых помещениях. В качестве модели для исследования газопоглощительной активности комнатных растений использовали хлорофитум хохлатый. В герметичную затравочную камеру объемом 0,7 м³ помещали растение хлорофитум хохлатый с площадью листовой поверхности 0,46 м². В качестве модельного источника загрязнения использовали 10% формальдегид, в течение трех дней ежедневно распыляемый в виде аэрозоля в концентрации, в 2,5 раза превышающей предельно допустимую (ПДК). Сразу же после распыления из камеры с растением в течение полутора часов производили забор проб воздуха. В качестве контроля использовали аналогичную камеру без растения. В течение полутора часов после распыления концентрация формальдегида в камере достоверно снижалась по сравнению с контролем. Скорость поглощения формальдегида растением была наиболее высокой в первый день эксперимента. Полученные результаты показывают, что хлорофитум хохлатый способен эффективно поглощать формальдегид из воздуха закрытых помещений до регламентированных уровней. Однако длительная экспозиция формальдегидом приводит к снижению поглотительной способности, не влияя на жизнеспособность самого растения. Хлорофитум хохлатый можно рекомендовать для улучшения воздушной среды закрытых помещений.

Ключевые слова: хлорофитум хохлатый; *Chlorophytum comosum*; воздушная среда закрытых помещений; загрязнение; формальдегид; поглотительная способность.

THE EFFECTS OF *CHLOROPHYTUM COMOSUM* ON THE INDOOR AIR QUALITY

© 2023

Chuenko N.F.^{1,2}, Novikova I.I.¹, Dultseva G.G.³, Novikov E.A.^{1,2}, Savchenko O.A.¹

¹Novosibirsk Research Institute of Hygiene (Novosibirsk, Russian Federation)

²Novosibirsk State Agricultural University (Novosibirsk, Russian Federation)

³Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation)

Abstract. In this paper, the authors assess the ability of *Chlorophytum comosum* to absorb formaldehyde in closed rooms. *Chlorophytum comosum* was used as a model for studying the gas-absorbing activity of indoor plants. A *Chlorophytum comosum* plant with a leaf area of 0,46 m² was placed in a sealed exposure chamber with a volume of 0,7 m³. As a model source of pollution, 10% formaldehyde was used, for three days daily sprayed in chamber in the form of an aerosol at a concentration that 2,5-fold exceeded a maximum permissible one. Immediately after spraying, air samples were taken for an hour and a half. A similar chamber without a plant was used as control. Within an hour and a half after spraying, the concentration of formaldehyde in the chamber with plant significantly decreased compared to the control chamber. The rate of absorption of formaldehyde by the plant was the highest on the first day of the experiment. The results obtained show that the *Chlorophytum comosum* plant is able to effectively absorb formaldehyde from indoor air, up to regulated levels. However, prolonged exposure to formaldehyde leads to a decrease in the absorption capacity, without affecting the viability of the plant itself. *Chlorophytum comosum* can be recommended for improving the indoor air environment.

Keywords: *Chlorophytum comosum*; indoor air; pollution; formaldehyde; absorption capacity.

Введение

Качество воздуха внутри закрытых помещений более важно для здоровья человека и его благополучия, чем качество воздуха вне помещений. Внутри жилых и производственных помещений человек проводит до 90% времени суток. Поэтому качество внутренней воздушной среды затрагивает интересы всего населения. Ухудшение здоровья людей может произойти из-за некачественных строительных материалов, конструкций и изделий. В состав строительных материалов входят: фенол, формальдегид (широко используется при производстве пластика (и пластиковых окон), бензол, толуол, (применяются в лакокрасочной промышленности).

Одним из наиболее распространенных загрязнителей воздуха является формальдегид – высокотоксичный канцерогенный газ с резким запахом, хорошо

растворимый в воде, негативно влияющий на органы дыхания, зрения, нервную систему, кожу и на наследственный аппарат всех живых организмов. Источники формальдегида в воздухе закрытых помещений разнообразны: в изготовлении древесно-стружечных плит (ДСП) применяются фенолформальдегидная и мочевиноформальдегидная основы, что приводит к выделению в воздух закрытых помещений вредных веществ (фенола, формальдегида, аммиака) с превышением ПДК. Эти и другие летучие соединения довольно быстро поглощаются организмом при дыхании, вызывая токсическую пневмонию. В каменных зданиях может быть повышена эмиссия радона-222, который выделяет альфа-частицы, поражающие эпителий дыхательных путей. При контакте с асбестом у человека возникает пневмокониоз (асбестоз), опасность которого заключается в его продолжительном скрытом пери-

оде, дышащемся от 10 до 20 и более лет и нередко заканчивающемся развитием злокачественных опухолей [1].

Интенсивное выделение летучих соединений из материалов обычно наблюдается в течение нескольких месяцев с момента изготовления. Эмиссия формальдегида из материала ДСП быстро уменьшается в течение 6–12 месяцев. Средняя скорость выделения карбонильных соединений из типичных источников внутри помещений составляет для формальдегида $2,7 \pm 1,5$ мг/час.

Среди мер по снижению загрязнения помещений формальдегидом наиболее действенной является уменьшение интенсивности внутренних источников эмиссии. Современные производства ДСП позволяют уменьшить выделение формальдегида в помещениях в 2–3 раза. При производстве фанеры, например, предлагается снизить эмиссию формальдегида за счет использования в клеевой композиции природного наполнителя, выполняющего функцию адсорбента формальдегида. Однако задача внедрения прогрессивных инженерных решений в части разработки и практического использования современных систем вентиляции по-прежнему остается значимой для закрытых помещений. Одним из наиболее доступных и экономически выгодным и альтернативным способом очистки воздуха в закрытых помещениях являются комнатные растения [2, с. 361; 3, с. 1419; 4; 5, с. 153; 6, с. 29; 7; 8, с. 235; 9]. Однако поглотительная способность комнатных растений до сих пор мало изучена. В мировой литературе нет доступной информации о влиянии площади листовой поверхности и ассортимента растений, которые способны очищать воздух закрытых помещений без вреда для здоровья.

Поэтому целью настоящей работы стала оценка способности хлорофитума хохлатого к поглощению формальдегида в закрытых помещениях.

Задачи исследования: 1) оценить скорость поглощения формальдегида хлорофитумом при острой экспозиции; 2) оценить влияние продолжительности экспозиции на поглотительную способность хлорофитума хохлатого.

Материалы и методы исследования

В эксперименте использовались две герметичные затравочные камеры объемом $0,7 \text{ м}^3$. В опытную камеру помещали комнатное растение с площадью листовой поверхности $0,46 \text{ м}^2$, в контрольной камере растение отсутствовало. Начальную концентрацию в затравочных камерах устанавливали в пределах 2,5 ПДК или $0,025 \text{ мг/м}^3$, что соответствует критической концентрации для дошкольных учреждений. Перед проведением эксперимента камеры были проверены на герметичность. Подачу раствора 10% водного формальдегида в обе камеры осуществляли с помощью распыления ингаляционным аспиратором OMRON. Отбор проб воздуха из камер делали после установки растения и распыления формальдегида. С помощью универсального газоанализатора ГАНК-4 осуществляли измерение концентрации формальдегида путем введения пробоотборной трубки в специальное отверстие ингаляционной затравочной камеры, которое потом герметично закрывалось. Замер формальдегида осуществлялся непрерывно с записью среднего результата за 5 минут. Все опыты проводились в помещении северной экспозиции в утреннее время для того, чтобы минимизировать влияние солнечного света. После окончания измерений исследуемое растение оставалось в ингаляционной камере до следующего дня (без доступа воздуха и кислорода). После

контрольного замера, необходимого для того, чтобы убедиться в отсутствии формальдегида в камере, проводили повторное распыление. Исследование проводили ежедневно в течение 3 дней в трехкратной повторности. Материалы исследования обрабатывали с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Статистическая обработка проводилась с использованием программы Statistica 10 (разработчик – StatSoft.Inc) [8, с. 235].

Полученные результаты и их обсуждение

Ковариационный анализ с временной точкой измерения и наличием растения в камере в качестве независимых переменных с поправкой на температуру и влажность в камере, учтенных в качестве ковариат, показал достоверное влияние очередности измерения и его взаимодействия с наличием растения в камере ($F_{9,97} = 3,1$; $P < 0,01$ и $F_{9,97} = 3,1$; $P < 0,01$ соответственно). Средняя концентрация формальдегида в камере с растением была достоверно ниже, чем в контроле ($t_{176} = 9,2$; $P < 0,001$) (рис. 1).

Использование в качестве независимых переменных временной точки измерения и дня наблюдений с температурой и влажностью, введенных в качестве ковариат, показало достоверное влияние обоих факторов: $F_{2,57} = 10,3$; $P < 0,001$ для дня наблюдений и $F_{9,57} = 8,9$; $P < 0,001$ для временной точки измерения. Во все дни наблюдений концентрация формальдегида в камере с растением снижалась в первые полтора часа после распыления, в первый день это снижение шло более быстрыми темпами, чем во второй и третий (рис. 1).

Динамика снижения концентрации формальдегида в камере в первый день наблюдений наиболее точно аппроксимировалась экспоненциальной регрессией с уравнением $y = 0,0283e^{-0,279x}$; $R^2 = 0,9712$. Во второй и третий день наблюдений снижение концентраций лучше описывалось линейной регрессией с уравнениями $y = -0,0017x + 0,0262$; $R^2 = 0,9768$ и $y = -0,0017x + 0,0281$; $R^2 = 0,9632$ (рис. 1).

Таким образом, анализ состава воздуха в затравочных камерах в течение полутора часов после распыления 10% раствора формальдегида в концентрации, в 2,5 раза превышающей ПДК, показал, что в камере с растением его концентрация уже в течение первого часа приходила в норму, а через сутки падала ниже порога обнаружения. Наиболее интенсивно, по экспоненциальной зависимости поглощение формальдегида шло в первый день эксперимента. Во второй и третий день поглотительная способность снижалась, но даже на третий день эксперимента уже через час после распыления концентрация формальдегида была ниже ПДК. Внешний вид и темпы роста самого растения после эксперимента не менялись, признаков значимого влияния формальдегида на состояние самого растения не выявлено. В контрольной камере концентрация формальдегида оставалась постоянной на протяжении всего времени эксперимента.

Полученные данные свидетельствуют о способности хлорофитума хохлатого удалять химические вещества (формальдегид, фенол, бензол, толуол) из воздушной среды [7; 9–16; 17, с. 345]. При этом, поглотительная способность хлорофитума хохлатого зависит от площади помещения и листовой поверхности комнатных растений. Кроме того, при поглощении газообразного формальдегида в листьях хлорофитума хохлатого происходит накопление хинонов, а в газовой фазе растение выделяет альдегиды с

числом атомов углерода 6–7, которые не являются токсичными, в отличие от исходного формальдегида [11; 14]. Таким образом, показано, что жизнедеятельность растений связана, видимо, с эффективным преобразованием формальдегида в органические кислоты, сахара и аминокислоты посредством метаболических реакций [18, с. 486]. Наибольшая поглотительная активность наблюдается у хлорофитума хохлатого, пахиры (*Pachira aquatica*), фикуса бенджамина (*Ficus benjamina*) [13–15].

Заключение

Полученные результаты показывают, что хлорофитум хохлатый способен эффективно поглощать формальдегид из воздушной среды закрытых помещений до регламентированного уровня. Например, для помещения площадью 56 м², высотой 3,2 м, с содержанием в воздухе формальдегида, превышающим ПДК в 1,3 раза, должно быть установлено не менее

9 взрослых растений хлорофитума хохлатого. Растения рекомендуются расставить с учетом обеспечения эффективного радиуса воздействия (не более 5 м), высота установки растений существенного значения не имеет (расчеты: площадь листьев – 0,1 м²; рекомендуемая площадь помещения на 1 растение хлорофитум хохлатый с содержанием в воздухе формальдегида, превышающим ПДК по значению в 1,3 раза, составляет не более 6,35 м², соответственно 56/6,35 = 8,82 ≈ 9 растений; пересчета количества растений с учетом фактической высоты помещений не требуется).

Длительная экспозиция формальдегидом приводит к снижению поглотительной способности хлорофитума хохлатого, но при этом не влияет на жизнедеятельность самого растения. Хлорофитум хохлатый обладает рядом положительных свойств, которые благоприятно влияют на воздушную среду закрытых помещений, и не требует специального ухода.

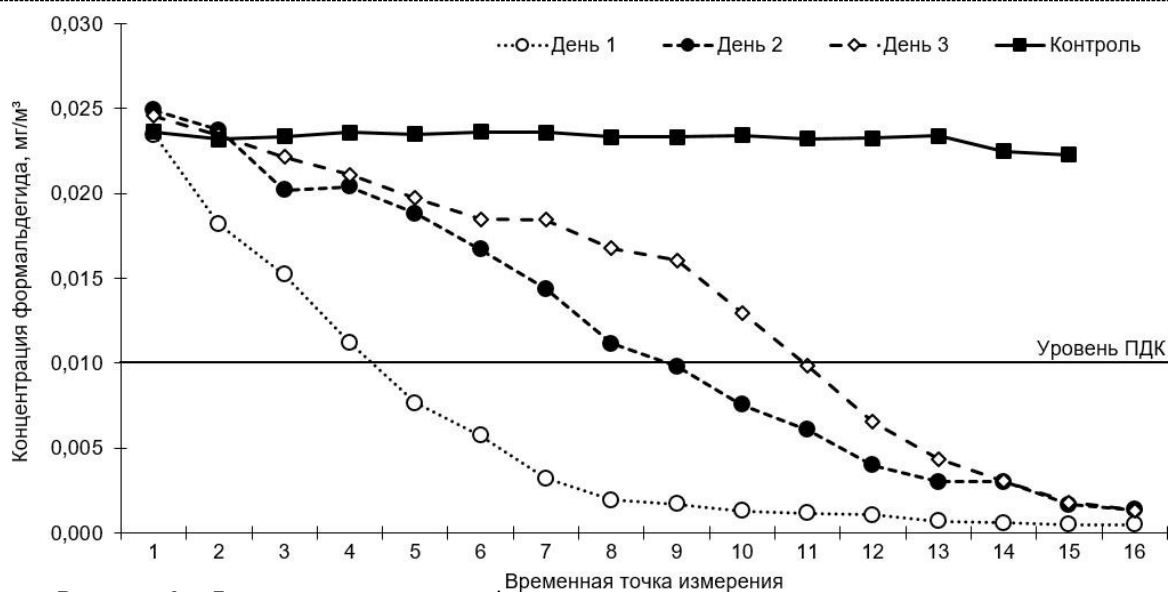


Рисунок 1 – Динамика концентрации формальдегида после распыления в камере с растением в разные дни эксперимента и в контрольной камере

Список литературы:

1. Гисматуллина А.И. Эмиссия формальдегида из древесно-стружечных плит // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): мат-лы междунар. молодёжной науч. конф. (7–8 ноября 2019 г.). В 6 т., т. 3. Казань, 2019. С. 418–420.
2. Цыбуля Н.В., Фершалова Т.Д., Давидович Л.А. Использование тропических растений для санации воздуха в экологически неблагоприятных условиях помещения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 2 (2). С. 360–364.
3. Чуенко Н.Ф., Черникова В.А. Оценка оздоровительного действия растений // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. VI всерос. (нац.) науч. конф. с междунар. уч. (г. Новосибирск, 20 декабря 2021 г.). Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. С. 1419–1420.
4. Novikova I., Chuenko N., Tsybulya N., Fershalova T., Lobkis M. Quantification of the health-improving action of phyto modules in the rooms of child care preschool facilities // Northern Asia Plant Diversity: Current Trends in Research and Conservation. 2021. Vol. 38. DOI: 10.1051/bioconf/20213800091.
5. Чуенко Н.Ф., Лобкис М.А., Цыбуля Н.В., Фершалова Т.Д., Новикова И.И. Оценка эффективности использования фитонцидных свойств растений для снижения микробной обсемененности воздуха с целью ми-

нимизации риска заболеваемости детей в условиях детских организованных коллективов // Science for Education Today. 2022. Т. 12, № 2. С. 152–171. DOI: 10.15293/2658-6762.2202.08.

6. Чуенко Н.Ф. Летучие выделения растений как лечебное воздействие на организм человека // Актуальные вопросы современной науки и образования: сб. ст. VIII междунар. науч.-практ. конф. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. С. 29–31.
7. Li S., Tosens T., Harley P.C., Jiang Y., Kanagendran A., Grosberg M., Jaamets K., Niinemets Ü. Glandular trichomes as a barrier against atmospheric oxidative stress: Relationships with ozone uptake, leaf damage, and emission of LOX products across a diverse set of species // Plant, Cell & Environment. 2018. Vol. 41, iss. 6. P. 1263–1277. DOI: 10.1111/pce.13128.
8. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами Excel: практикум. СПб.: Питер, 2003. 240 с.
9. Anderson L.G., Lanning J.A., Barrell R., Miyagishi J., Jones R.H., Wolfe P. Sources and sinks of formaldehyde and acetaldehyde: An analysis of Denver's ambient concentration data // Atmospheric Environment. 1996. Vol. 30, iss. 12. P. 2113–2123. DOI: 10.1016/1352-2310(95)00175-1.
10. Li J., Zhong J., Liu Q., Yang H., Wang Z., Li Y., Zhang W., Agranovski I. Indoor formaldehyde removal by three species of *Chlorophytum comosum* under dynamic fumigation system: part 2-plant recovery // Environmental Sci-

ence and Pollution Research International. 2021. Vol. 28, iss. 7. P. 8453–8465. DOI: 10.1007/s11356-020-11167-3.

11. Liang H., Zhao S., Su Y. Self-enhancement effect and mechanism of potted *Chlorophytum comosum* on formaldehyde removal from air // International Journal of Environmental Research. 2018. Vol. 12, iss. 3. P. 337–346. DOI: 10.1007/s41742-018-0096-9.

12. Brilli F., Fares S., Ghirardo A., de Visser P., Calatayud V., Muñoz A., Annesi-Maesano I., Sebastiani F., Aliverini A., Varriale V., Menghini F. Plants for sustainable improvement of indoor air quality // Trends in Plant Science. 2018. Vol. 23, iss. 6. P. 507–512. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.03.004.

13. Kim K.J., Khalekuzzaman M., Suh J.N., Kim H.J., Shagol C., Kim H.-H., Kim H.J. Phytoremediation of volatile organic compounds by indoor plants: a review // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2018. Vol. 59, iss. 2. P. 143–157. DOI: 10.1007/s13580-018-0032-0.

14. Torpy F., Clements N., Pollinger M., Dengel A., Mulvihill I., He C., Irga P. Testing the single-pass VOC removal efficiency of an active green wall using methyl ethyl ke-

tone (MEK) // Air Quality, Atmosphere & Health. 2018. Vol. 11, iss. 2. P. 163–170. DOI: 10.1007/s11869-017-0518-4.

15. Chen Y., Tao S., Zeng F., Xie L., Shen Z. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of *Schefflera octophylla* extracts // Journal of Ethnopharmacology. 2015. Vol. 171. P. 42–50. DOI: 10.1016/j.jep.2015.04.050.

16. Dhayalan A., Gracilla D.E., Dela Pena R.A., Malison M.T., Pangilinan C.R. Phytochemical constituents and antimicrobial activity of the ethanol and chloroform crude leaf extracts of *Spathiphyllum cannifolium* (Dryand. ex Sims) Schott. // Journal of Pharmacy & BioAllied Sciences. 2018. Vol. 10, iss. 1. P. 15–20. DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_95_17.

17. Дмитриева В.Л., Бакова Е.Ю., Дмитриев Л.Б., Бакова Н.Н. Мирт обыкновенный *Myrtus communis* L. Метод газо-жидкостной хроматографии для определения компонентного состава // Доклады ТСХА: сб. ст. Вып. 290, ч. IV. М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2018. С. 345–347.

18. Коваленко С.П. Физико-химические процессы – вероятные родоначальники жизни // Биоорганическая химия. 2020. Т. 46, № 5. С. 486–504. DOI: 10.31857/s0132342320040144.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Чуенко Наталья Федоровна , научный сотрудник отдела токсикологии с санитарно-химической лабораторией; Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены (г. Новосибирск, Российская Федерация); аспирант кафедры экологии; Новосибирский государственный аграрный университет (г. Новосибирск, Российская Федерация). E-mail: natali26.01.1983@yandex.ru.	Chuenko Natalya Fedorovna , researcher of Toxicological Department with Sanitary-Chemical Laboratory; Novosibirsk Research Institute of Hygiene (Novosibirsk, Russian Federation); postgraduate student of Ecology Department; Novosibirsk State Agricultural University (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: natali26.01.1983@yandex.ru.
Новикова Ирина Игоревна , доктор медицинских наук, профессор, директор; Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены (г. Новосибирск, Российская Федерация). E-mail: novikova_ii@niig.su.	Novikova Irina Igorevna , doctor of medical sciences, professor, director; Novosibirsk Research Institute of Hygiene (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: novikova_ii@niig.su.
Дульцева Галина Григорьевна , кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории наночастиц; Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН (г. Новосибирск, Российская Федерация). E-mail: dultseva@kinetics.nsc.ru.	Dultseva Galina Grigorievna , candidate of chemical sciences, senior researcher of Nanoparticles Laboratory; Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: dultseva@kinetics.nsc.ru.
Новиков Евгений Анатольевич , доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела токсикологии с санитарно-химической лабораторией; Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены (г. Новосибирск, Российская Федерация); заведующий кафедрой экологии; Новосибирский государственный аграрный университет (г. Новосибирск, Российская Федерация). E-mail: eug_nov@ngs.ru.	Novikov Evgeny Anatolyevich , doctor of biological sciences, professor, chief researcher of Toxicological Department with Sanitary-Chemical Laboratory; Novosibirsk Research Institute of Hygiene (Novosibirsk, Russian Federation); head of Ecology Department; Novosibirsk State Agricultural University (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: eug_nov@ngs.ru.
Савченко Олег Андреевич , кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела токсикологии с санитарно-химической лабораторией; Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены (г. Новосибирск, Российская Федерация). E-mail: savchenko_oa@niig.su.	Savchenko Oleg Andreevich , candidate of biological sciences, leading researcher of Toxicological Department with Sanitary-Chemical Laboratory; Novosibirsk Research Institute of Hygiene (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: savchenko_oa@niig.su.

Для цитирования:

Чуенко Н.Ф., Новикова И.И., Дульцева Г.Г., Новиков Е.А., Савченко О.А. Влияние хлорофитума хохлатого (*Chlorophytum comosum*) на качество воздуха в закрытых помещениях // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 2. С. 102–105. DOI: 10.55355/snv2023122116.