

**ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ СЕРЫ И АЗОТА В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ КРАСНОДНЕВА ГИБРИДНОГО (*HEMEROCALLIS HYBRIDA*) В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ**

L.L. Sedelnikova, O.L. Tsandekova

**THE DYNAMICS OF ACCUMULATION OF SULFUR AND NITROGEN IN VEGETATIVE ORGANS OF *HEMEROCALLIS HYBRIDA* IN THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC ENVIRONMENT**

**Седельникова Л.Л.** – д-р биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. интродукции декоративных растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

**Цандекова О.Л.** – канд. с.-х. наук, науч. сотр. Института экологии человека ФИЦ угля и угле-химии СО РАН, г. Кемерово. E-mail: zandekova@bk.ru

**Sedelnikova L.L.** – Dr. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Introduction of Ornamental Plants, Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk. E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

**Tsandekova O.L.** – Cand. Agr. Sci., Staff Scientist, Institute of Human Ecology, FRC of Coal and Coal Chemistry, SB RAS, Kemerovo. E-mail: zandekova@bk.ru

В статье представлены результаты содержания общего азота и серы в надземных и подземных органах у двух сортов красоднева гибридного (*Heimerocallis hybrida*), произрастающих вблизи автодорог и промышленных зон Бердска и Советского района Новосибирска. Главными источниками загрязнения данных территорий являются такие, как автотранспорт, гидроэлектростанция, малые и крупные промышленные предприятия, – что оказывает воздействие на экологическое состояние среды. Цель настоящего исследования состояла в сравнительном изучении содержания общего азота и серы в вегетативных органах *Heimerocallis hybrida* в условиях урбанизированной среды. Отбор растительных образцов проводили согласно общепринятым методикам. Содержание общего азота (N) определяли методом Кьельдаля, модифицированным З.В. Чмелевой и С.Л. Тютчевым; количественное содержание общей серы (S) – спектрофотометрическим методом. Проанализированы сравнительные данные поглощательной способности листового аппарата и корней у сортов *Speak to me* и *Regal Air* в семи географических пунктах. Обнаружили повышенное содержание общего азота и серы в листьях данных сортов в наиболее напряженных и загруженных автотранспортом дорожных участках с промышленными предприятиями (ул. Южная, ул. Шлюзовая, Опытный завод), которое в 2–2,3 раза выше по сравнению с контролем. Аккумулирующая способ-

ность листьев повышалась в 1,5–2 раза вблизи автотранспортных магистралей Советского района города Новосибирска. Выявлена межсортовая специфика в накоплении исследуемых элементов у *Heimerocallis hybrida*. Отмечено наибольшее содержание общего азота в надземных органах сорта *Regal Air*, общей серы – в подземных органах сорта *Speak to me*. Полученные результаты могут быть использованы в экологическом биотестировании при оценке состояния антропогенного воздействия на окружающую среду в условиях повышенного воздействия автотранспорта и промышленных предприятий.

**Ключевые слова:** *Heimerocallis hybrida*, лист, корневище, сера, азот, урбанизированная среда.

The results of general nitrogen and sulfur content in elevated and underground organs in 2 species of *Heimerocallis hybrida* growing close to highways and industrial zones of Berdsk and Sovetsky district of Novosibirsk are presented in the study. The main sources of pollution of these territories are such as motor transport, hydroelectric power station, small and large industrial enterprises, making impact on ecological condition of the environment. The purpose of the research was in comparative studying of the content of general nitrogen and sulfur in vegetative bodies of *Heimerocallis hybrida* in the conditions of urbanized environment. The selection of vegetable samples was made according to the standard techniques. The content of

general nitrogen (N) was determined by Kyeldal's method modified by Z.V. Chmeleva and S.L. Tyuterev; quantitative content of general sulfur (S) by spectrophotometric method. Comparative data of absorbing ability of leaf device and roots in the species of 'Speak to me' and 'Regal Air' in seven geographical points were analyzed. Raised content of general nitrogen and sulfur on the leaves of these species in the most intense and road sites loaded by motor transport with industrial enterprises (Yuzhnaya St., Shlyuzovaya St., Experimental plant) 2–2.3 times higher than in control were found. Heat-sink ability of leaves increased by 1.5–2 times near motor transportation highways of Sovetsky district of the city of Novosibirsk. Interhigh-quality specifics in accumulation of studied elements in *Hemerocallis hybrida* were revealed. The greatest content of general nitrogen in elevated bodies of the species of 'Regal Air', general sulfur – in underground bodies of the species of 'Speak to me' was noted. Received results can be used in ecological biotesting for the assessment of the condition of anthropogenous impact on the environment in the conditions of increased influence of motor transport and industrial enterprises.

**Keywords:** *Hemerocallis hybrida*, a leaf, a rhizome, sulfur, nitrogen, urbanized environment.

**Введение.** В условиях растущей урбанизации с каждым годом усиливается антропогенное воздействие на окружающую среду. В связи с этим все больше возникает необходимость изучения жизнедеятельности растений, произрастающих в городских условиях. Растения играют значительную роль в обезвреживании атмосферы от токсикантов и нормализации экологической обстановки, что приобретает особую актуальность в оздоровлении. Известно влияние выхлопных газов автотранспорта на загрязнение воздуха, городских почв, растений и территорий, прилегающих к автодорогам [1–6]. Имеются сведения, что в городских условиях уменьшается биосинтез флавоноидов, содержание аскорбиновой кислоты, увеличивается накопление тяжелых металлов в генеративных и вегетативных органах травянистых и древесно-кустарниковых растений [7–11]. Среди веществ и соединений, поступающих в атмосферу из различных источников в виде газопылевых выбросов, основную долю составляет диоксид серы, оксиды азота и пыли различного химического состава. В связи с возрастанием автотранспортной нагрузки озеленение придорожных тер-

риторий Новосибирской области требует особого внимания. Данных о накоплении загрязняющих веществ в вегетативных органах цветочно-декоративных растений, которые используются в озеленении придорожных и промышленных территорий, пока недостаточно, что послужило основанием для данного исследования.

**Цель исследования:** сравнительное изучение содержания общего азота и серы в вегетативных органах красоднева гибридного (*Hemerocallis hybrida*) в урбанизированной среде Советского района г. Новосибирска и Бердска.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования служил красоднев гибридный – *Hemerocallis hybrida* hort. (сорта *Speak to me* и *Regal Air*), сем. Красодневоцветных (*Hemerocallidaceae*) – корневищный длительновегетирующий, летне-осеннецветущий многолетник. Для анализа взяты надземные (листья) и подземные (корневища с корнями) органы в период окончания осенней вегетации (16.09.2014 г.). Опытные растения выращивали в течение 2014 г. на расстоянии 30–50 м от автодорог главного назначения и промышленных зон Советского района Новосибирска и Бердска. Контролем служили растения, выращиваемые на экспозиционном участке лаборатории интродукции декоративных растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Участок расположен в районе п. Кирова, в 30–50 м от дороги второстепенного значения.

Использовано восемь вариантов, которые представлены в таблицах 1–4: 1 – контроль; 2 – Бердск, ул. Боровая; 3 – Бердск, ул. Южная; Советский район, г. Новосибирск; 4 – ул. Шлюзовая; 5 – завод Железобетонных изделий (ЖБИ); 6 – Опытный завод; 7 – лесной массив Наукограда Кольцово; 8 – район Научно-производственного объединения (НПО) «Вектор» (Кольцово).

Собранные образцы сушили, перемалывали в молотилке до мелкой фракции и определяли содержание общего азота (N) методом Кьельдала, модифицированным З.В. Чмелевой и С.Л. Тютеревым [12]. Количественное содержание общей серы (S) определяли спектрофотометрическим методом [13]. Анализы проведены в лаборатории экологического биомониторинга Института экологии человека СО РАН (г. Кемерово). Статистический анализ данных выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При анализе данных по накоплению общего азота и серы в надземных и подземных органах нами рассмотрены их индивидуальные различия по сортам. Так, по содержанию азота в надземных органах все опытные образцы сорта

*Speak to me* превышали контроль, особенно в вариантах 3, 5, 6 (в зонах с высокой нагрузкой автотранспортного движения и расположенными к дороге промышленными комплексами) – были выше в 1,5–1,9 раза (табл. 1).

Таблица 1

**Средние значения ( $M \pm m$ ) содержания общего азота в вегетативных органах сорта *Speak to me*, % массы сухого вещества**

Номер варианта	Место произрастания	Органы	
		Надземные	Подземные
1	Контроль	0,83±0,080	1,39±0,067
2	Бердск, ул. Боровая	1,00±0,047	0,87±0,038
3	Бердск, ул. Южная	1,65±0,054	0,84±0,084
4	Новосибирск, ул. Шлюзовая	1,21±0,089	1,54±0,050
5	Новосибирск, завод ЖБИ	1,29±0,033	0,76±0,042
6	Новосибирск, Опытный завод	1,50±0,095	1,21±0,029
7	Кольцово, лесной массив	0,98±0,061	1,21±0,058
8	Кольцово, НПО «Вектор»	1,24±0,124	1,68±0,064

Отмечено, что в подземных органах аккумулирующая способность азота меньше в 1,1–1,8 раза в вариантах 2, 3, 5–7, а в вариантах 4 и 8 – в 1,1–1,2 раза больше, чем в контроле. Причем вблизи Научно-производственного объединения (НПО) «Вектор» (Кольцово) содержание азота в подземных органах наибольшее (1,68 %) по сравнению с другими вариантами. При сравнении данных по содержанию азота в вегетативных органах сорта *Speak to me* установлено, что если аккумулирующая способность листьев этого сорта была в 1,4–2 раза меньше в пределах

как контрольного, так и опытных вариантов, то во столько же раз она была больше в корневищах с корнями и наоборот. Что касается аккумулирующей способности листьев серы у сорта *Speak to me* в условиях урбанизированной среды, то она повышалась во всех опытных вариантах. Наибольшее значение серы (0,107–0,125 %) установлено в вариантах 3, 4, 6 (соответственно ул. Южная, ул. Шлюзовая, Опытный завод), что в 2–2,3 раза выше по сравнению с контролем (табл. 2).

Таблица 2

**Средние значения ( $M \pm m$ ) содержания общего серы в вегетативных органах сорта *Speak to me*, % массы сухого вещества**

Номер варианта	Место произрастания	Органы	
		Надземные	Подземные
1	Контроль	0,054±0,002	0,107±0,002
2	Бердск, ул. Боровая	0,102±0,002	0,065±0,003
3	Бердск, ул. Южная	0,110±0,006	0,074±0,002
4	Новосибирск, ул. Шлюзовая	0,107±0,006	0,115±0,005
5	Новосибирск, завод ЖБИ	0,104±0,003	0,036±0,004
6	Новосибирск, Опытный завод	0,125±0,003	0,061±0,002
7	Кольцово, лесной массив	0,065±0,002	0,070±0,002
8	Кольцово, НПО «Вектор»	0,074±0,002	0,064±0,003

В вариантах 2, 3, 5–8 отмечено в 1,4–2,9 раза меньше серы в корневищах, однако в варианте 3, где растения произрастали в условиях более загрязненной среды, ее накопление больше в 1,4–3 раза относительно других вариантов и контроля. Выявлена противоположная зависимость по содержанию серы в надземных и подземных органах. Так, если в надземных органах содержание серы больше в 1,2–1,8 раза, то в подземных – в 1,5–2,0 раза меньше, и наоборот (см. табл. 2).

Сорт *Regal Air* по содержанию азота в надземных органах имел наибольшие показания, чем в подземных, что в 1,6–1,7 раза выше в районе автодороги по направлению по ул. Южная (г.

Бердск), вблизи завода ЖБИ и Опытного завода (табл. 3). Наименьшее его содержание было в районе Кольцово – НПО «Вектор» (0,87 %). В остальных опытных вариантах в листьях содержание азота было выше, чем в контроле. В подземных органах сорта *Regal Air* отмечено повышение содержания элемента в 5,1 раза в районе завода ЖБИ, в остальных направлениях вблизи автодорог – его снижение в 1,3–2,1 раза относительно контроля.

Содержание серы в надземных органах сорта *Regal Air* во всех опытных вариантах было выше относительно контроля, особенно в вариантах 4 и 5 (в 1,6–1,8 раза) (табл. 4).

Таблица 3

**Средние значения ( $M \pm m$ ) содержания общего азота в вегетативных органах сорта *Regal Air*, % массы сухого вещества**

Номер варианта	Место произрастания	Органы	
		Надземные	Подземные
1	Контроль	0,92±0,072	2,18±0,056
2	Бердск, ул. Боровая	1,40±0,052	1,31±0,089
3	Бердск, ул. Южная	1,61±0,051	1,15±0,104
4	Новосибирск, ул. Шлюзовая	1,55±0,079	1,57±0,034
5	Новосибирск, завод ЖБИ	1,62±0,093	11,15±0,104
6	Новосибирск, Опытный завод	1,18±0,046	0,72±0,064
7	Кольцово, лесной массив	1,14±0,050	1,60±0,070
8	Кольцово, НПО «Вектор»	0,87±0,054	1,10±0,033

Таблица 4

**Средние значения ( $M \pm m$ ) содержания общего серы в вегетативных органах сорта *Regal Air*, % массы сухого вещества**

Номер варианта	Место произрастания	Органы	
		Надземные	Подземные
1	Контроль	0,064±0,003	0,066±0,003
2	Бердск, ул. Боровая	0,088±0,003	0,122±0,004
3	Бердск, ул. Южная	0,078±0,003	0,107±0,002
4	Новосибирск, ул. Шлюзовая	0,103±0,004	0,100±0,007
5	Новосибирск, завод ЖБИ	0,121±0,002	0,096±0,002
6	Новосибирск, Опытный завод	0,086±0,003	0,096±0,004
6	Кольцово, лесной массив	0,064±0,001	0,093±0,003
7	Кольцово, НПО «Вектор»	0,065±0,003	0,110±0,003

У подземных органов аккумулирующая способность серы выше в корневищах, чем в листьях. Максимальные значения выявлены в вариантах 2, 3 и 7, что в 1,5–1,8 раза больше, чем в контроле. Отмечена индивидуальная особенность по содержанию данных веществ в органах при выращивании сортов в условиях урбанизированной среды. Так, у раннецветущего сорта *Regal Air* аккумулирующая способность серы в подземных органах была выше в 1,4–1,7 раза во всех опытных вариантах по сравнению с данными по надземным органам. У сорта *Speak to me* наблюдали варьирование содержания серы и азота по органам: если их было больше в листьях, то тогда меньше в корневищах относительно всех вариантов, и наоборот. Аккумулирующая способность у данного сорта была меньше в надземных органах, однако в подземных органах она была в 1,5–1,9 раза больше по сравнению с данными в одном и том же варианте. Оба сорта, используемые в озеленении, отличались устойчивостью к внешним факторам среды, однако сорт *Regal Air* обладает более высокими декоративными качествами.

Таким образом, анализ экспериментальных данных показал, что у *H. hybrida* аккумулирующая способность в городской среде выше по содержанию общего азота и серы, причем наибольшее накопление в листьях растений отмечено по азоту. В зоне воздействия выбросов автотранспорта наибольшее усиление наблюдали в районе автомагистрали по Бердскому шоссе, которое более нагружено автотранспортом, особенно по ул. Шлюзовая, в районе завода ЖБИ, Опытного завода. Известно, что ПДК диоксида азота в Советском районе составляла 0,04 [14]. Аккумулирующая способность листовой поверхности по сере и азоту способствовала, в некоторой степени, очищению и восстановительному балансу городской среды. В связи с этим, широкое использование *Hermerocallis hybrida* не только во внутриквартальном озеленении, но и вдоль автомобильных дорог значительно улучшит экологическую обстановку, благоустройство и здоровый эмоциональный жизненный уровень населения. Широкое исследование механизмов устойчивости цветочно-декоративных растений с помощью постоянного мониторинга значительно усилит санитарно-гигиеническое состояние техногенных зон Новосибирской области.

## Выводы

1. В содержании общего азота и серы в подземных и надземных органах сортов *Speak to me* и *Regal Air* отмечена сортоспецифичность. Наибольшее содержание азота (1,29–1,65 %) и серы (0,107–0,125 %) наблюдалось в листьях сортов *Speak to me* и *Regal Air* (1,55–1,62 и 1,31–1,6 % соответственно) в наиболее напряженных и загруженных автотранспортом дорожных участках (ул. Южная, Шлюзовая, Опытный завод), что в 2–2,3 раза выше по сравнению с контролем.

2. Накопление общего азота и серы в листьях и корневищах у данных сортов происходит аддитивно, однако аккумулирующая способность листьев повышена в 1,5–2 раза вблизи автотранспортных магистралей Советского района г. Новосибирска.

3. Количественное накопление общей серы и общего азота в листьях и корневищах *Speak to me* и *Regal Air* служит биотестированием при оценке состояния в условиях антропогенного воздействия на окружающую среду выбросами автотранспорта.

## Литература

1. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
2. Горьшина Т.К. Растение в городе. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 148 с.
3. Пивкин В.М., Чиндяева Л.Н. Экологическая инфраструктура сибирского города (на примере Новосибирской агломерации). – Новосибирск: Сибпринт, 2002. – 184 с.
4. Седельникова Л.Л., Цандекова О.Л. Аккумулирующая способность листьев декоративных растений в городской среде // Вестн. АГАУ. – 2015. – № 7 (129). – С. 80–83.
5. Bell J.N.B., Power S.A., Doley D. Plants and Atmospheric Pollution // Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition). – 2017. – V. 3. – P. 332–340.
6. Elkiey T., Ormrod D.P. Sulphate, total sulphur and total nitrogen accumulation by petunia leaves exposed to ozone, sulphur dioxide and nitrogen dioxide // Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological. 1981. – V. 24, I. 3. – P. 233–241.

7. Байкалова Т.В., Байкалов П.С., Коротченко И.С. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове, листьях березы под воздействием промышленности г. Красноярска // Вестн. КрасГАУ. – 2017. – № 5. – С. 123–130.
8. Зубарева Е.В. Влияние автотранспорта на содержание аскорбиновой кислоты в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях г. Красноярска // Вестн. КрасГАУ. – 2017. – № 5. – С. 131–136.
9. Копылова Л.В. Накопление тяжелых металлов *Caragana arborescens* Lam. в условиях антропогенного воздействия (Забайкальский край) // Ученые записки Забайкальского гос. ун-та. Сер. «Биологические науки». – 2017. – Т. 12. – № 1. – С. 20–25.
10. Седельникова Л.Л., Чанкина О.В. Содержание тяжелых металлов в вегетативных органах красоднева гибридного (*Hemerocallis hybrida*) в урбанизированной среде // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 2. – С. 34–43.
11. Седельникова Л.Л., Чанкина О.В. Изменчивость коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов вегетативными органами *Hemerocallis hybrida* // Ученые записки Забайкальского гос. ун-та. Сер. «Биологические науки». – 2017. – Т. 12. – № 1. – С. 45–51.
12. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1985. – 255 с.
13. Мочалова А.Д. Спектрометрический метод определения серы в растениях // Сельское хозяйство за рубежом. – 1975. – № 4. – С. 17–21.
14. Сыева С.Я., Храмова Е.П., Дорогина О.В. Пятилистники Горного Алтая. – Новосибирск, 2013. – 179 с.
5. Bell J.N.B., Power S.A., Doley D. Plants and Atmospheric Pollution // Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition). – 2017. – V. 3. – P. 332–340.
6. Elkley T., Ormrod D.P. Sulphate, total sulphur and total nitrogen accumulation by petunia leaves exposed to ozone, sulphur dioxide and nitrogen dioxide // Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological. 1981. – V. 24, I. 3. – P. 233–241.
7. Bajkalova T.V., Bajkalov P.S., Korotchenko I.S. Soderzhanie tjazhelyh metallov v pochvennom pokrove, list'jah berezy pod vozdejstviem promyshlennosti g. Krasnojarska // Vestn. KrasGAU. – 2017. – № 5. – S. 123–130.
8. Zubareva E.V. Vlijanie avtotransporta na sodержanie askorbinovoj kisloty v hvoe sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) v uslovijah g. Krasnojarska // Vestn. KrasGAU. – 2017. – № 5. – S. 131–136.
9. Kopylova L.V. Nakoplenie tjazhelyh metallov Caragana arborescens Lam. v uslovijah antropogenogo vozdejstvija (Zabajkal'skij kraj) // Uchenye zapiski Zabajkal'skogo gos. un-ta. Ser. «Biologicheskie nauki». – 2017. – T. 12. – № 1. – S. 20–25.
10. Sedel'nikova L.L., Chankina O.V. Soderzhanie tjazhelyh metallov v vegetativnyh organah krasodneva gibridnogo (*Hemerocallis hybrida*) v urbanizirovannoj srede // Vestn. KrasGAU. – 2016. – № 2. – S. 34–43.
11. Sedel'nikova L.L., Chankina O.V. Izmenchivost' koeficienta biologicheskogo pogloshhenija tjazhelyh metallov vegetativnymi organami *Hemerocallis hybrida* // Uchenye zapiski Zabajkal'skogo gos. un-ta. Ser. «Biologicheskie nauki». – 2017. – T. 12. – № 1. – S. 45–51.

### Literatura

1. Artamonov V.I. Rasteniya i chistota prirodnoj sredy. – М.: Nauka, 1986. – 172 s.
2. Goryshina T.K. Rastenie v gorode. – L.: Izd-vo LGU, 1991. – 148 s.
3. Pivkin V.M., Chindjaeva L.N. Jekologicheskaja infrastruktura sibirskogo goroda (na primere Novosibirskoj aglomeracii). – Novosibirsk: Sibprint, 2002. – 184 s.
4. Sedel'nikova L.L., Candekova O.L. Akkumulirujushhaja sposobnost' list'ev dekorativnyh rastenij v gorodskoj srede // Vestn. AGAU. – 2015. – № 7 (129). – S. 80–83.
12. Pleshkov B.P. Praktikum po biohimii rastenij. – М.: Kolos, 1985. – 255 s.
13. Mochalova A.D. Spektrometricheskij metod opredelenija sery v rastenijah // Sel'skoe hozjajstvo za rubezhom. – 1975. – № 4. – S. 17–21.
14. Syeva S.Ja., Hramova E.P., Dorogina O.V. Pjatilistniki Gornogo Altaja. – Novosibirsk, 2013. – 179 s.