

УДК 581.1: 581.5

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ ГАЗОННЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

М.Г. Половникова¹, О.Л. Воскресенская²

¹Кубанский государственный университет физической культуры,
спорта и туризма, Краснодар

²Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

В условиях городской среды в вегетативных органах газонных растений (клевер луговой, мятлик луговой) определяли содержание общего азота. В работе использовались растения трех возрастных состояний: виргинильные (v), средневозрастные генеративные (g₂) и субсенильные (ss). По мере усиления загрязнения среды и в ходе онтогенеза уменьшалось содержание общего азота в листьях и корнях газонных растений. При этом повышенное содержание общего азота в вегетативных органах было характерно для особей *Trifolium pratense* L. по сравнению с особями *Poa pratensis* L.

Ключевые слова: клевер луговой, мятлик луговой, онтогенез, городская среда, загрязнение, содержание общего азота.

DOI: 10.26456/vtbio139

Введение. Неотъемлемой частью современного города являются зеленые насаждения, среди которых особое внимание в последние годы уделяется газонным растениям. Они широко используются в общем ландшафтно-декоративном оформлении садов и парков, в том числе служат фоном для размещения древесно-кустарниковых и декоративных растений, а также самостоятельно оформляют территории. Создать красивый травостой и оценить роль растений в улучшении качества среды можно лишь на основе знания биологических особенностей видов (Лунц, 1982).

Адаптация растений к конкретным условиям существования достигается за счет физиолого-биохимических механизмов, одним из которых является минеральное питание растений. Экологические факторы, влияющие на химический состав растений, довольно разнообразны. Это почвы, почвообразующие горные породы, почвенные и подземные воды и газы, а также атмосферные твердые и жидкие частицы, то есть все источники корневого и внекорневого поступления химических элементов в растения. В городской среде минеральное питание растений затруднено тем, что часто ощущается недостаток необходимых, жизненно важных элементов, таких, как

азот, фосфор, калий, кальций и т.д. (Горышина, 1991). Поэтому изучение химического состава растений, произрастающих в районах с различной степенью антропогенной нагрузки, позволяет выявить изменения основных физиолого-биохимических процессов в растениях на разных этапах онтогенеза, вскрыть механизмы экологической устойчивости и возможности корректирования условий создания качественных дерновых покрытий в городах.

Методика. В ходе работы исследования физиолого-адаптационного процесса у растений в онтогенезе, экологическая толерантность по отношению к экологическим и антропогенным факторам базировались на концепции дискретного описания онтогенеза (Жукова, 1995).

Объектами изучения являлись газонные растения: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) – стержнекорневое многолетнее травянистое растение, представитель семейства Fabaceae, мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) – плотнодерновинно-длиннокорневищное многолетнее травянистое растение, представитель семейства Poaceae.

В онтогенезе данных растений выделяют четыре периода с десятью возрастными состояниями: латентный (семена), прегенеративный (проростки, ювенильные, имматурные, виргинильные растения), генеративный (молодые, средневозрастные, старые генеративные растения) и постгенеративный (субсенильные, сенильные растения). В нашей работе использовались растения трех возрастных состояний: виргинильные (v), средневозрастные генеративные (g₂) и субсенильные (ss). Определение онтогенетических состояний проводили на основе признаков-маркеров онтогенетических состояний: форма и размер листовой пластинки, ветвление побеговой и корневой систем (Жукова, 1995).

Район исследования. Исследования проводились на территории города Йошкар-Олы Республики Марий Эл. Для анализа были взяты пробы в условно чистой (ООПТ «Сосновая роща»), среднезагрязненной (парк им. XXX-летия ВЛКСМ) и загрязненной (АО «Завод Искож») зонах. Выбор районов исследования основывался на данных химического анализа атмосферного воздуха и почвы, которые были проведены нами на базе филиала Центра лабораторного анализа и технических измерений по Республике Марий Эл и на данных Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл.

Метод отбора проб. В каждом местообитании закладывалось десять площадок размером 1×1 м. На этих площадках отбиралось по 5-10 растений каждого онтогенетического состояния, которые в дальнейшем использовались в физиолого-биохимических исследованиях.

Метод сухого озоления. Перед озолением навеску растительного образца измельчали и взвешивали в тиглях на аналитических весах (навеска 0,2 г). Тигли помещали в муфельную печь при температуре 60-80 °С на 1-1,5 часа. Далее для полного озоления тигли выдерживали при температуре 400-450 °С в течение 4-5 ч. Полученную золу растворяли в 2 мл концентрированной соляной кислотой и данную вытяжку использовали для определения макроэлементов (Большой практикум..., 2006).

Метод определения общего азота. Содержание общего азота определяли фотоколориметрическим методом с помощью реактива Несслера. Оптическую плотность устанавливали при длине волны 410 нм. Содержание общего азота находили по калибровочной кривой и по графику рассчитывали концентрацию NH_3 в мг/50 мл. Содержание общего азота в растительном материале вычисляли в мг на г сухого вещества по соответствующей формуле (Большой практикум..., 2006).

В таблице представлены средние арифметические из 3 независимых экспериментов, каждый из которых проведен в 3-кратной биологической повторности, и их стандартные отклонения. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы «STATISTICA». Достоверность различий обсуждалась при 5% уровне значимости.

Результаты и обсуждение. Общее содержание азота сильно варьирует в разных растениях и в различных частях одного и того же растения. Из вегетативных органов богаче азотом листья, особенно молодые, меньше его в стеблях и корнях. Наиболее интенсивно растения поглощают и усваивают азот в период максимального образования и роста стеблей и листьев, поэтому недостаток азота в этот период сказывается в первую очередь на росте растений (Marshner, 1995). Особенно этот факт важен в условиях урбанизированной среды.

Содержание общего азота в вегетативных органах газонных растений изменяется в зависимости от условий внешней среды, видовых особенностей, возраста и некоторых других факторов, что подтверждается данными (табл.), полученными нами в ходе работы.

По мере исследования выявлено (табл.), что максимальное содержание общего азота в листьях среди изученных видов было характерно для виргинильных особей клевера лугового в условно чистом районе города (52,5 мг/г). По мере старения количество азота в данном местообитании уменьшилось на 15,9-17,6% соответственно. Тенденция снижения содержания общего азота по мере старения растений была отмечена и в других изученных районах. Так, у особей клевера лугового, произрастающих в парке, количество азота в виргинильном онтогенетическом состоянии достигало 29,6 мг/г, а в

средневозрастном генеративном состоянии было ниже на 10,2%. В той же мере происходило снижение количества азота в листьях у особей клевера лугового в субсенильном состоянии по сравнению со средневозрастными генеративными растениями, а с v-особями эта разница составила 20%.

Таблица

Содержание общего азота в вегетативных органах газонных растений в условиях городской среды (мг/г)

Вид	Условно чистый район			Среднезагрязненный район			Загрязненный район		
	v	g ₂	ss	v	g ₂	ss	v	g ₂	ss
Листья									
Клевер луговой	52,5± 0,08	44,2± 0,08	43,3± 0,07	29,6± 0,05	26,6± 0,06	23,7± 0,05	20,3± 0,06	18,6± 0,02	17,9± 0,01
Мятлик луговой	38,8± 0,04	35,0± 0,03	31,5± 0,03	22,5± 0,02	19,0± 0,01	18,3± 0,02	17,5± 0,03	16,8± 0,02	15,6± 0,01
Корни									
Клевер луговой	1,22± 0,004	3,65± 0,011	0,68± 0,004	0,38± 0,001	1,08± 0,002	0,65± 0,002	0,32± 0,002	0,69± 0,005	0,61± 0,005
Мятлик луговой	1,86± 0,003	1,22± 0,002	3,24± 0,004	1,08± 0,002	0,68± 0,001	2,16± 0,003	0,68± 0,001	0,34± 0,001	1,62± 0,002

У особей клевера лугового, произраставших в промышленной зоне г. Йошкар-Олы, количество азота в листьях было существенно ниже, чем у растений того же вида в условно чистом районе города, и составляло лишь 20,3 мг/г у виргинильных растений и 17,9-18,6 мг/г у растений в субсенильном и средневозрастном генеративном состояниях. Несмотря на установленную тенденцию к снижению содержания общего азота, статистически значимых различий между растениями разных онтогенетических состояний в условиях городской среды не обнаружено.

Значения содержания общего азота в листьях особей клевера лугового из условно чистого района статистически различались по сравнению со значениями, полученными для растений из среднезагрязненной и загрязненной зон.

При изучении содержания общего азота в листьях мятлика лугового (табл.) максимальное количество данного элемента минерального питания было обнаружено также у виргинильных растений, произраставших в контрольной зоне (38,8 мг/г). В ходе онтогенеза отмечалось снижение количества азота примерно на 10 и 19% в вегетативных тканях средневозрастных генеративных и субсенильных растений соответственно. Статистически значимыми были различия в показателях, характерных для особей в

прегенеративном и постгенеративном периодах развития. В парковой зоне высокие значения имели виргинильные особи (22,5 мг/г азота), растения генеративного и постгенеративного периодов в данном районе исследования, также как и все изученные растения в промышленной зоне, не имели статистически значимых различий и отличались низким содержанием азота (15,6-19,0 мг/г).

Исследование количества общего азота в корнях клевера лугового показало (табл.), что данный показатель был весьма переменчивым – от 0,32 до 3,65 мг/г. Максимум приходился на средневозрастные генеративные растения в лесопарке «Сосновая роща». Существенно ниже было содержание азота во всех других исследованных растениях в этом местообитании: у v -особей – в 2,9 раза, ss -особей – в 5,3 раза соответственно. Однако в условно чистом районе наблюдались максимальные значения данного элемента во всех возрастных состояниях.

Виргинильные и средневозрастные генеративные особи в среднезагрязненной и промышленной зонах города имели статистически значимые низкие значения исследуемого признака (0,32 и 0,38 мг/г) по сравнению с условно чистым районом. При рассмотрении субсенильных растений контрольной и парковой зоны разница составила 4,5%, тогда как в загрязненном районе этот показатель был ниже на 10,3%.

Общий азот в корнях мятлика лугового накапливался в большей мере в особях субсенильного онтогенетического состояния, где его количество составляло 1,62-3,24 мг/г с максимумом у растений в условно чистой зоне (табл.). В меньшей мере азот содержался в корнях растений, произрастающих в городском парке и промышленном районе города. Минимальное количество азота установлено для виргинильных и средневозрастных генеративных растений загрязненной зоны. Показатели этих особей были ниже в 2,4-4,8 раз соответственно, чем у субсенильных растений того же района исследования.

При сравнении количества азота, накопленного вегетативными органами *T. pratense* и *P. pratensis*, можно отметить, что в корнях содержание данного элемента минерального питания было существенно ниже, чем в листьях. Такое специфическое накопление общего азота в листьях и корнях клевера лугового и мятлика лугового по-видимому связано с видовыми особенностями.

При использовании трехфакторного дисперсионного анализа было установлено, что на содержание общего азота в вегетативных органах *T. repens* и *P. pratensis* влияют все три фактора: вид (листья – $p < 10^{-4}$; корни – $p < 10^{-4}$), местообитание (листья – $p < 10^{-4}$; корни – $p < 10^{-4}$) и онтогенетическое состояние (листья – $p < 10^{-4}$; корни – $p < 10^{-4}$).

Заключение. В результате проведенных исследований было установлено, что содержание общего азота в вегетативных органах у исследованных видов газонных растений было максимальным у растений в условно чистом местообитании. Это может быть обусловлено тем, что исследованный район по положению – высокая пойма левобережья р. Малая Кокшага, почвы здесь дерново-подзолистые, хорошо увлажненные, с высоким содержанием гумуса (Экология города Йошкар-Олы, 2007).

У растений, исследованных в среднезагрязненной зоне, количество азота у всех изученных видов было ниже. Несмотря на то, что в парке растения подвергаются уходу, по-видимому, специальных подкормок газонных растений здесь не проводится, а так как в городской среде систематически производится уборка опавших листьев и прочих органических остатков, обогащения почв соединениями азота здесь не происходит.

В промышленной зоне города все изученные растения характеризовались самым низким содержанием общего азота. Это может быть вызвано тем, что растения здесь находятся не только в условиях недостаточного минерального питания (в связи с бедностью урбанизированных почв), но и подвергаются систематическому негативному воздействию загрязнителей атмосферы и почвы в районе функционирования промышленных предприятий и интенсивного автотранспортного потока.

Во всех исследованных районах большим накоплением азота отличались виргинильные особи изученных видов, в ходе онтогенеза происходило некоторое снижение количества азота в листьях и корнях, что может быть вызвано их старением и расходом азота на процессы синтеза органических соединений. Поскольку элементы, участвующие в синтезе лабильных органических соединений, весьма активно поглощаются растениями на ранних этапах онтогенеза со скоростью, превышающей накопление сухого вещества. Поэтому проростки и молодые ткани содержат много азота, фосфора, калия и магния (Hirose, 1988; Маслова и др., 2010). При этом максимальное количество азота во всех районах было выявлено для особей клевера лугового, обеспеченность которого данным элементом минерального питания может быть связана с тем, что для бобовых характерно наличие в корневой системе азотфиксирующих бактерий, обеспечивающих их азотом (Клейн, 1981).

Таким образом, содержание общего азота в вегетативных органах газонных растений зависит не только от условий окружающей среды, но также и от видовых особенностей, и биологического возраста. С возрастом азот покидает стареющие клетки и концентрация азота в старых тканях обычно ниже, чем в молодых.

Список литературы

- Большой практикум по биоэкологии: учеб. пособие.* 2006. / О.Л. Воскресенская, Е.А. Алябышева, М.Г. Половникова. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т. Ч.1. 107 с.
- Горышина Т.К.* 1991. Растение в городской среде. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та. 152 с.
- Жукова Л.А.* 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар». 224 с.
- Клейн А.С.* 1981. Минеральное питание растений. М.: Наука. 56 с.
- Лунц Л.Б.* 1982. Городское зеленое строительство. М.: Стройиздат. 280 с.
- Маслова С.П., Табаленкова Г.Н., Головкин Т.К.* 2010. Дыхание и содержание азота и углеводов у корневищных многолетних растений в связи с реализацией разных адаптивных стратегий // Физиология растений. Т. 57. № 5. С. 676-686.
- Экология города Йошкар-Олы 2007.* / отв. ред. О.Л. Воскресенская. Йошкар-Ола. 300 с.
- Hirose T.* 1988. Modelling the Relative Growth Rate as Function of Plant Nitrogen Concentration // *Physiol. Plant.* V. 72. P. 185-189.
- Marshner H.* 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. L.: Acad. Press. 348 p.

TOTAL NITROGEN CONTENT IN VEGETATIVE ORGANS OF LAWN PLANTS IN URBAN ENVIRONMENT

M.G. Polovnikova¹, O.L. Voskresenskaya²

¹Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar

²Mari State University, Yoshkar-Ola

Total nitrogen content was determined in the vegetative organs of lawn plants (*Trifolium pratense* L., *Poa pratensis* L.) in the urban environment. We used plants of three age ranges: virginile (v), middle-aged generative (g₂), and subsenile (ss). As pollution increased as well as during ontogenesis, the total nitrogen content in the leaves and roots of lawn plants decreased. The increased content of total nitrogen in vegetative organs was typical for individuals *Trifolium pratense* L. compared with individuals *Poa pratensis* L.

Keywords: *Trifolium pratense*, *Poa pratensis*, ontogenesis, urban environment, pollution, total nitrogen content.

Об авторах:

ПОЛОВНИКОВА Марина Григорьевна – кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», 350015, Краснодар, ул. им. Буденного, 161, e-mail: marinapmg@rambler.ru.

ВОСКРЕСЕНСКАЯ Ольга Леонидовна – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой экологии, директор института естественных наук и фармации, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», 424002, Республика Марий Эл, Йошкар-Ола, ул. Осипенко, 60, e-mail: voskres2006@rambler.ru.

Половникова М.Г. Содержание общего азота в вегетативных органах газонных растений в условиях городской среды / М.Г. Половникова, О.Л. Воскресенская // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2020. № 1(57). С. 179-186.