



Рисунок 2 – Динамика изменения коэффициентов перехода радионуклидов из донных отложений в рыбу Баренцева моря

Из рисунков 1 и 2 видно, что на графиках динамики коэффициентов перехода из воды и донных отложений в морскую рыбу Баренцева моря не наблюдается выраженного направленного изменения, положительного или отрицательного тренда. Это может указывать на постепенное установление равновесия в распределении техногенных радионуклидов между компонентами экосистемы Баренцева моря.

Расчитанные коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ из воды и донных отложений в компоненты морской среды в дальнейшем будут использоваться для расчета контрольных уровней содержания радионуклидов в воде и донных отложениях Баренцева моря, обеспечивающих радиационную безопасность морских организмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Jensen, L.K., Steenhuisen, F., Standring, W., et al.* Monitoring of radioactivity in the Arctic. In: AMAP Assessment 2015: Radioactivity in the Arctic. Oslo, AMAP, 2016, p. 35 – 57.
2. *Gwynn, J.P., Nikitin, A.I., Shershakov, V.M.* et al. Main results of the 2012 joint Norwegian – Russian expedition to the dumping sites of the nuclear submarine K-27 and solid radioactive waste in Stepovogo Fjord, Novaya Zemlya. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2016, Vol. 151, p. 417 – 426.
3. *Kryshch, A.I., Sazykina, T.G.* Comparative analysis of doses to aquatic biota in water bodies impacted by radioactive contamination. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2012, Vol. 108, p. 9 – 14.
4. *Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment.* IAEA Technical Reports Series No. 422. IAEA, Vienna, 2004.

ОНТОГЕНЕЗ ТУИ ЗАПАДНОЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ONTOGENESIS OF TUI OCCASTERNA UNDER URBAN ENVIRONMENT

**Р. С. Бондарук^{1,2}, И. Э. Бученков^{1,2}, В. О. Лемешевский^{1,2}
R. S. Bondaruk^{1,2}, I. E. Butchenkow^{1,2}, V. O. Lemiasheuski^{1,2}**

¹Белорусский государственный университет, БГУ

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь
giv@iseu.by

¹Belarusian State University, BSU

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

Городская среда отличается своеобразием экологических факторов, специфичностью техногенных воздействий, приводящих к значительной трансформации окружающей среды. Растения являются основным фактором экологической стабилизации городской среды благодаря своей жизнедеятельности, и, прежде всего, фотосинтезу и способности к аккумуляции загрязняющих веществ. Цель работы – изучение онтогенеза

туи западной в условиях городской среды. В ходе исследований установлено, что онтогенез особей *Thuja occidentalis* семенного происхождения в городской среде неполный и включает 3 периода (латентный, прегенеративный и генеративный) и 6 онтогенетических состояний: se, p, j, im, v, g. Онтогенез особей туи западной вегетативного происхождения включает 2 периода (прегенеративный и генеративный) и 2 онтогенетических состояния (v, g).

The urban environment is distinguished by the originality of environmental factors, the specificity of man-made impacts, leading to a significant transformation of the environment. Plants are the main factor in the ecological stabilization of the urban environment due to their vital activity, and, above all, photosynthesis and the ability to accumulate pollutants. The purpose of the work is to study the ontogenesis of the western thuja in an urban environment. In the course of the research, it was found that the ontogeny of *Thuja occidentalis* individuals of seed origin in the urban environment is incomplete and includes 3 periods (latent, pregenerative and generative) and 6 ontogenetic states: se, p, j, im, v, g. The ontogeny of individuals of the western arborvitae of vegetative origin includes 2 periods (pregenerative and generative) and 2 ontogenetic states (v, g).

Ключевые слова: городская среда, туя западная, онтогенез.

Keywords: urban environment, western thuja, ontogeny.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-193-197>

Древесные растения играют важную роль в создании благоприятной для людей среды обитания. В городских ландшафтах они выполняют важнейшие средообразующие и средозащитные функции, формируют своеобразный микроклимат. Однако насаждения, произрастающие на урбанизированных территориях, испытывают на себе постоянное отрицательное влияние техногенного загрязнения, поэтому с каждым годом все большее значение приобретает проблема изучения жизнедеятельности различных видов растений в городских условиях [2].

Особую ценность в улучшении качества городской среды представляют хвойные растения. Большинство из них являются вечнозелеными, что повышает их роль в озеленении городов, особенно расположенных в зоне умеренного климата, так как они участвуют в очистке воздуха от пыли и вредных соединений даже в зимнее время.

Использование хвойных растений в озеленении городов зачастую затруднено их высокой чувствительностью к ряду загрязняющих веществ, что определяется преимущественно значительной продолжительностью жизни хвои. Но все же некоторые виды хвойных отличаются значительной устойчивостью к техногенному загрязнению. В связи с этим, изучение эколого-биологических особенностей данных растений в районах с различной антропогенной нагрузкой позволит провести оценку перспективности применения данных видов и различных их форм и сортов для улучшения качества окружающей среды [3].

В настоящее время отмечается ярко выраженная тенденция повышения градостроительной роли насаждений. В качестве конструктивного полноправного градостроительного элемента насаждения участвуют в организации территории города, в формировании городского ландшафта, могут быть центром или осью пространственного решения городского ансамбля, его обрамлением.

Целенаправленное использование многофункциональности зеленых насаждений находит отражение в двух современных тенденциях: в конкретизации и более детальной проработке системы размещения насаждений в генеральных планах городов и в проектах планировки жилых районов; в комплексном развитии зеленых зон, которые включают все внутри- и внешнегородские насаждения. Генплан города должен отражать целостность и единство системы озеленения, отводить резервные площади с тем, чтобы разрастающиеся промышленные и жилые районы не заняли в будущем предназначенные под озеленение участки. Кроме того, генплан должен предусматривать сохранение существующих и создаваемых насаждений во вновь образующихся районах [4].

Зеленые насаждения играют огромную роль в формировании архитектурно-художественного облика города, придают последнему индивидуальные, своеобразные черты. Они оттеняют, подчеркивают, выявляют наиболее ценные здания, сооружения, памятники, декорируют глухие стены, заборы, старые здания, промышленные объекты. Зеленые насаждения участвуют в оформлении городских площадей и других композиционных центров, с их помощью проявляются особенности или сглаживаются недостатки рельефа. Они украшают берега рек и водоемов.

Объекты зеленого строительства сами должны являться и часто являются самостоятельными произведениями садово-паркового искусства. Эстетическое и эмоциональное значение насаждений обусловлено возможностью с их помощью чередовать впечатления от окружающих пространств, вводить в урбанизированную среду природные элементы [5].

Широкое распространение туй в дизайнерском оформлении различных урбанизированных участков обусловлено рядом неоспоримых преимуществ:

- круглогодичная декоративность;
- насыщение воздуха фитонцидами;
- неприхотливость к условиям произрастания;
- устойчивость к сильным морозам и ветрам.

В ландшафтном проектировании урбанизированных территорий различные формы и сорта туи западной используются по-разному:

- для организации рокариев и альпинариев используют карликовые формы и сорта туй. Наиболее эффектно в ландшафтном дизайне среди камней выглядят шаровидные карликовые сорта: Хозери, Литл Доррит, Данника;
- для живых изгородей и зеленых экранов, защиты от ветра, уличного шума используют сорта, хорошо переносящие обрезку и имеющие густую крону: Смарагд, Еллоу Риббон, Брабант;
- как солитеры. Имеется достаточное количество сортов туи западной, которые благодаря своей высокорослости и раскидистости кроны, успешно используются как доминантные, позволяющие расставить акценты: Корник, Рейнголд, Санкист.

Городская среда отличается своеобразием экологических факторов, специфичностью техногенных воздействий, приводящих к значительной трансформации окружающей среды. Растения туи хотя и подвергаются комплексному химическому, физическому, биогенному воздействию вследствие загрязнения атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, но, тем не менее, остаются основным фактором экологической стабилизации городской среды благодаря своей жизнедеятельности, и, прежде всего, фотосинтезу и способности к аккумуляции загрязняющих веществ [2, 3].

Урбанизированный ландшафт, как наиболее затронутый антропогенным преобразованием, является весьма мозаичным, поэтому на функциональное состояние древесных растений значимое влияние оказывают микроклиматические условия конкретного места произрастания. Кроме того, растительные организмы находятся под воздействием определенного уровня загрязнения атмосферного воздуха, почв и снежного покрова, формирующегося на территориях специального назначения – в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий, вдоль магистралей. Таким образом, на онтогенез и состояние древесных растений в условиях городской среды оказывает влияние не только уровень техногенного загрязнения, а целый комплекс факторов.

В связи с этим исследования проводили на территориях, различающихся по степени антропогенной нагрузки: Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Лошицкий парк г. Минска, зеленые насаждения в районе Тракторного завода г. Минска.

Эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха, является снег. При снеготаянии эти вещества попадают в почву и воду. Состав твердой фазы снега определяется не только атмосферным компонентом, но и химическими средствами, применяемые в борьбе с гололедом.

Кроме наличия загрязняющих веществ в воздухе, почве и снежном покрове, неблагоприятным для древесных и кустарниковых насаждений фактором являются повышенные температуры, освещение в ночное время, значительная плотность снежного покрова в зимний период.

Обозначенные выше характеристики, определяющие качество произрастания растений туи в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, Лошицком парк г. Минска, среди зеленых насаждений в районе Тракторного завода г. Минска, рассмотрены и описаны нами ранее [1]. В процессе этих исследований нами установлено, что на изученных участках наблюдается высокий уровень загрязнения почв, снежного покрова, атмосферного воздуха. Агрохимические и физические свойства почв в этих районах также далеки от оптимальных для нормального развития растений: возрастают значения рН почв, изменяется содержание элементов минерального питания, снижается влажность [1].

Вместе с тем, туя размножается в культуре не только семенами, но и вегетативным путем, поэтому в ее онтогенезе можно выделить ряд семенного происхождения и ряд вегетативного происхождения. Так как в озеленении городских территорий чаще используются различные сорта и формы туи западной (*Thuja occidentalis*), изучение онтогенетических состояний проводили на растениях, относящихся к данному виду.

В связи с тем, что в условиях интродукции и выращивания в городских условиях у туи западной не наблюдается естественного возобновления или оно весьма незначительное, начальные этапы онтогенеза растений семенного происхождения исследовались нами в лабораторных условиях. Начальные этапы онтогенеза особой вегетативного происхождения изучались на растениях, выращенных из черенков.

Онтогенетический ряд семенного происхождения. Семена (se) мелкие, узкие, плоские, овальные, желтовато-бурые, с двумя узкими мелкими, соломенно-желтыми боковыми крылышками, превышающими семя по длине. Поверхность семени покрыта смоляными пузырьками. Размер семени с крылышками в среднем $5 \times 3 \times 1$ мм (рис. 1). Семена созревают в год опыления (во второй половине сентября). Всхожесть семян составляет в среднем около 75 %. Прорастание семян происходит по надземному типу.

Проростки (р) представляют собой неветвящиеся растения с двумя семядолями (рис. 2). Семядоли линейные, каждая длиной 8-10 мм и шириной до 2 мм, плоские, на верхушке закругленные. Окраска семядолей: сверху – матово-зеленая, снизу – светло-зеленая. Гипокотиль – светло-зеленый, тонкий, 8-21 мм длиной, 0,5 мм толщиной. Высота растений – $1,9 \pm 0,42$ см. Первые хвоинки игловидные, образуются в год прорастания. Корневая система стержневая, с 3-5 боковыми корнями второго порядка, которые по размерам значительно уступают главному корню.

Ювенильные (j) особи образуются в год прорастания семян и имеют неветвящийся побег первого порядка высотой около 3-5 см с листьями ювенильного типа. Хвоинки располагаются первоначально супротивно, последующие собраны в мутовках по 3 или 4, короткие, острые, линейно игловидные, сверху сизоватые, снизу зеленые, блестящие, с выделяющейся средней жилкой, их длина составляет около 8 мм, толщина 1-2 мм. Побеги второго порядка формируются весной следующего года. На концах побегов сначала появляются игловидные листья, а затем первые чешуевидные (рис. 3). Семядоли обычно уже отмирают. Корневая система стержневая с боковыми

корнями второго-третьего порядков. Продолжительность нахождения растений в данном онтогенетическом состоянии от 6 месяцев до нескольких лет.



Рисунок 1 – Семена *Thuja occidentalis*



Рисунок 2 – Проростки *Thuja occidentalis*



Рисунок 3 – Ювенильные особи *Thuja occidentalis*



Рисунок 4 – Имматурные особи *Thuja occidentalis*



Рисунок 5 – Виргинильные особи *Thuja occidentalis*



Рисунок 6 – Побеги генеративной особи *Thuja occidentalis*

Имматурные (im) особи имеют листья как ювенильного (игловидные хвоинки), так и взрослого типа (чешуевидные). Побеги второго-четвертого порядка ветвления высотой около 8-25 см (рис. 4). Корневая система смешанного типа. Продолжительность нахождения растений в этом состоянии – от 7 месяцев до 3-5 лет.

Виргинильные (v) и генеративные растения (g) *T. occidentalis* как генеративного, так и вегетативного происхождения характеризуются одинаковыми морфометрическими параметрами и описаны ниже.

Онтогенетический ряд вегетативного происхождения. Этот ряд выделяется в связи с тем, что туя западная в культуре размножается преимущественно вегетативным путем (используются черенки длиной 12-25 см – 2-3-летние побеги с верхушечной точкой роста).

Виргинильные (v) особи как генеративного, так и вегетативного происхождения имеют почти полностью сформированные черты взрослого дерева, но еще не приступили к образованию семян. У них хорошо развиты ствол и крона (рис. 5). Деревья достигают 1-1,2 м высоты. Система побегов состоит из ветвей пятого-седьмого порядков. На главном побеге формируется более 25 боковых побегов. У ряда растений, преимущественно вегетативного происхождения, возможно появление новых скелетных осей, развивающихся из подземных спящих почек базальной части побега. Первоначально, они уступают по размерам главному стволу, но затем становятся равноценными. Таким образом, возникает жизненная форма многоствольного дерева. В отличие от других видов древесных растений, у которых максимальный прирост отмечен для виргинильных растений, особям туи западной в данном возрастном состоянии характерен годовой прирост около 10 см.

Генеративные (g) особи – деревья высотой около 1,3-1,5 м, имеют узкую пирамидальную крону, максимальная ширина ее находится ближе к основанию. Растения впервые приступают к образованию семян, генеративные органы локализованы в верхней части кроны (рис. 6). У растений формируются побеги шестого-девятого порядка. В нижней части кроны появляются сухие побеги. Начинается растрескивание корки в нижней части ствола. Крона пирамидальная, постепенно меняется на яйцевидную. Шишки располагаются равномерно по всей кроне. Семяношение стабильное. Корневая система поверхностная, представлена системой придаточных корней. Продолжительность онтогенеза растений данного вида в культуре более 60 лет.

Субсенильные (sb) и сенильные (s) растения на территории изучаемых нами районов не обнаружены.

Таким образом онтогенез особей *Thuja occidentalis* семенного происхождения в городской среде неполный и включает 3 периода (латентный, прегенеративный и генеративный) и 6 онтогенетических состояний: семена (se), проростки (p), ювенильные растения (j), имматурные растения (im), виргинильные растения (v), генеративные растения (g). Онтогенез особей туи западной вегетативного происхождения включает 2 периода (прегенеративный и генеративный) и 2 онтогенетических состояния – виргинильные растения (v) и генеративные растения (g).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарук, Р.С. Разнообразие жизненных форм *Juniperus communis* L. как показатель экологической пластичности в условиях городской среды / Р.С. Бондарук, И.Э. Бученков, Е.Р. Грицкевич // Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 21-й международной научной конференции, г. Минск, Республика Беларусь. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – Ч.2. – С.338-342.
2. Бухарина, И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварничина, К.Е. Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. 2007. – 216 с.
3. Герасимов, А.О. Устойчивость хвойных пород в уличных посадках Санкт-Петербурга: дис... к.б.н. / А.О. Герасимов. – СПб, 2003. – 181 с.
4. Горышина, Т.К. Растение в городской среде / Т.К. Горышина – Л. : Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. – 152 с.
5. Карасев, В.Н. Эколого-физиологическая диагностика состояния городских зеленых насаждений / В.Н. Карасев, Карасева М.А., Маторкин А.А. / Глобальные проблемы национальной безопасности России в 21 веке. – Седьмые Вавиловские чтения. – Материалы Всерос. междисциплинарной конференции. – Ч.2. – Йошкар-Ола, 2003. – С.201-203.
6. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И.Г. Серебряков. – М. : Высш. шк., 1962. – 380 с.