

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИШЕК И СЕМЕННЫХ ЧЕШУЙ ВИДОВ РОДА ЕЛЬ И ИХ ФОРМ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ОМСКА

Аннотация. Изучение шишек и семенных чешуй видов и форм ели включало в себя морфометрические показатели, такие как длина, ширина, вес (до усушки и в раскрытом состоянии), аналогично и семенные чешуи измерялись, с дополнительным описанием окраинной линии. Также было определено количество семенных чешуй в шишках. Составлены сводные таблицы, показывающие существенные различия по длине и ширине шишек (критерий Стьюдента). Проведен корреляционный анализ различных показателей с размером семенных чешуй. Отбор образцов проводился на территории памятника природы регионального значения «Областной дендрологический сад имени Герберта Ивановича Гензе». Исследования проводились по методике А.А. Молчанова, В.В. Смирнова (1967) в летне-осенний период. *Ель сибирской форма зеленая, ель сибирская форма голубая, ель сербская, ель колючая форма зеленая и ель канадская* характеризуются средними и крупными размерами шишек, что свидетельствует о высокой адаптационной способности данных видов. Длина шишек у *ели колючей форма сизая* и *ели колючей форма золотистая* ниже средних показателей, это говорит о низкой адаптационной способности интродуцентов в лесостепи Западной Сибири. Корреляционный анализ показал умеренную зависимость показателей веса семенных чешуй и веса шишки после усушки ($K = 0,60$). Между показателями веса семенных чешуй и длиной шишки после усушки проявилась слабая степень связи ($K = 0,39$). Также показатели размеров семенных чешуй коррелируют с размерами шишки ($K > 0,8$) – сильная степень связи. Критерий Стьюдента не показал существенные различия по ширине шишек между изученными видами и формами ели, кроме *ели колючей форма зеленая* с видами *ель сербская и ель канадская*, а также у *ели колючей форма сизая* с *елью канадской* были выявлены существенные различия при 1% уровне значимости. По длине шишек можно выделить 2 группы, существенно различные между собой и сходные внутри. В первую группу входят формы *ели сибирской* и *ели колючей*, во вторую группу – *ель сербская* и *ель канадская*.

Ключевые слова: Picea; интродуцент; ель; шишки; чешуи; корреляция.

Сведения об авторе: Илона Гунаровна Скосырева¹, аспирант; Аркадий Иванович Григорьев², профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой экологии и природопользования.

Место работы: ^{1,2}Омский государственный педагогический университет.

Контактная информация: ^{1,2}644099, г. Омск, ул. Набережная Тухачевского, д. 14; e-mail: ¹ilonaskos@gmail.com, ²grigoriev@omgpu.ru.

Введение

Представители рода *Picea* ведут свое начало с мелового периода, а в настоящее время ареал их сильно разобщен. Многовековое произрастание ели в разных по климатическим и почвенным условиям убежищам (рефугнамах) значительно усилило гетерогенность ее рода, а последующее расселение обособившихся видов в другие почвенно-климатические области способствовало развитию у них сильно выраженного полиморфизма (Казимиров 1983). Особое значение имеют работы по внутривидовому полиморфизму древесных пород в связи с созданием лесных культур, в особенности за пределами их ареала, т. е. при наличии искусственной географической изоляции (Григорьев 2008). В связи с актуальностью данных исследований мы рассматриваем изменчивость шишек и семенных чешуй у видов и форм рода ель, а именно: *Ель сибирская форма зеленая* – *Picea obovata Ledeb. v. viridis*, *Ель сибирская форма голубая*, *Picea obovata Ledeb. v. coerulea*, *Ель колючая форма зеленая* – *Picea pungens Engelm. v. viridis*, *Ель колючая форма сизая* –

Picea pungens Engelm. v. glauca Beissn., *Ель колючая форма золотистая* – *Picea pungens Engelm. v. aurea Niem.*, *Ель сербская* – *Picea otorica Purk.*, *Ель канадская* – *Picea Canadensis Britton*.

Генеративное развитие растений – определенный этап онтогенеза, тесно связанный как с трофическими, так и с гормональными факторами. В общем обмене веществ питательные вещества и физиологически активные соединения представляют лишь звенья единой системы, каждое из которых выполняет свою особую роль. Доминирующее значение в переходе к генеративной фазе имеют гормональные факторы, трофические же оказывают лишь количественное регулирующее воздействие на зацветание растений. Таким образом, гормональные факторы способствуют переходу растения к генеративной фазе, но немаловажную роль для интродуцентов играют трофические факторы. Так, в исследовании С.А. Мамаева и П.П. Попова (1989) ели сибирской было выявлено, что отклонения от благоприятных условий для вида вызывают реакцию растения в виде снижения размера шишек (Мамаев, Попов 1989). По их

данным и современным исследованиям П.П. Попова (2005) на примере ели европейской и ели сибирской, фенотипы ели с заостренной формой семенной чешуи, как правило, более быстро растущие, чем ели с округлой формой семенной чешуи (Попов 2005).

По результатам изучения структуры и разнообразия популяций ели европейской и сибирской по фенотипам П.П. Поповым (2017), на обширных пространствах их общих ареалов на востоке Европы и в Сибири выявлена большая изменчивость показателя внутривидового разнообразия по частоте фенотипов особей (Попов 2017). Наиболее высокий уровень разнообразия отмечен в районах распространения гибридных или промежуточных популяций, наиболее низкий – в районах распространения популяций елей европейской и сибирской без генетического взаимовлияния, и средний уровень разнообразия оказался характерным для районов распространения переходных популяций по этим признакам.

По мнению Д.Е. Румянцева (2011), проблема усыхания еловых лесов не может быть решена за счет создания культур ели европейской, представленной остроочешуйчатыми формами, которые считались более засухоустойчивыми, чем округлоочешуйчатые (Румянцев 2011). Вместе с тем, он отмечает, что в популяции ели из заповедника «Кивач» достаточно четко проявляется тенденция к более быстрому росту остроочешуйчатых форм. Субъективная визуально-описательная оценка формы семенных чешуй ели, к тому же различными методическими приемами, обусловила практически несопоставимые результаты исследования. К настоящему времени нет целостной картины популяционно-географической изменчивости, например, формы семенных чешуй ели европейской на всем протяжении ареала с севера на юг, независимо от государственной принадлежности территории (Попов 2010).

Целью наших исследований являлось изучение морфометрических показателей шишек и семенных чешуй видов и форм рода ель в условиях интродукции на территории памятника природы регионального значения «Областной дендрологический сад им. Герберта Ивановича Гензе» (г. Омск).

В задачи исследования входило выявить зависимость размера семенных чешуй и параметров шишки, а также закономерность влажности шишек у видов елей и их фенотипов.

Материалы и методы

Исследования и отбор шишек проводились в г. Омске на территории памятника при-

роды регионального значения «Областной дендрологический сад им. Герберта Ивановича Гензе». Фенологические наблюдения, отбор хвои проводились по методике А.А. Молчанова, В.В. Смирнова (Молчанов, Смирнов 1967) в летне-осенний период с таких видов и форм ели, как *ель сибирская*, *ель сибирская форма голубая*, *ель колючая форма зеленая*, *ель колючая форма сизая*, *ель колючая форма золотистая*, *ель сербская*, *ель канадская*. С каждого вида и формы ели отбиралось в полевых условиях более 50 шишек, а для камерального изучения – по 10 шишек из отобранного количества.

Результаты исследований

Морфометрические показатели шишек (рис. 1) и семенных чешуй – это устойчивые признаки, которые характеризуют не только вид, но и полиморфизм внутри ареала. Результаты исследования морфометрических показателей шишек отражены в таблице 1.

Под номером 3 (рис. 1) изображена шишка *ели сибирской форма зеленая*, а под номером 5 – *ель сибирская форма голубая. Picea obovata*. Шишки цилиндрические-яйцевидные, длиной 6–8 см, в молодом возрасте пурпурные, чешуи сверху широко закругленные, цельнокрайние или слегка вырезанные (Крюссман 1986). На территории дендрологического сада было рассмотрено две формы (зеленая и голубая) *ели сибирской*. Средний размер шишки *ели сибирской формы зеленой* 7,59 см, а *ели сибирской форма голубая* 6,45 см (табл. 1), что свидетельствует о положительной адаптационной способности данного вида. Если сравнивать со значениями средних показателей длины шишек *ели сибирской формы зеленой* автора Е.Л. Зенковой (Зенкова 2010) (средняя длина шишки 6,5 см), исследующей западную часть Тюменской области, то показатели в нашем регионе немного выше. Здесь наблюдается тенденция к довольно ясно выраженному уменьшению длины шишек в зависимости от географического положения (Попов 2010).

Ель сербская – номер 6 (рис. 1). *Picea omorica*. Шишки яйцевидно-продолговатые, длиной 3–6 см, блестящие, коричневые, многочисленные уже на молодых побегах. Чешуйки закругленные, слабозубчатые [8]. Длина шишек вида после усушки 4,34 (табл. 1), высокая адаптационная способность.

Ель колючая представлена тремя формами: под номером 1 – форма сизая, 2 – форма зеленая, 4 – форма золотистая (рис. 1). *Picea pungens*. Шишки удлиненные, длиной 8–10 см, шириной 3 см, ярко коричневые. Семенные чешуи неправильно ромбической формы: с ши-

роким клиновидным основанием и более узкой треугольной или двухлопастной вершиной, с волнисто-выемчатым краем, по спинке рельефно-струйчатые. Кроющие чешуйки очень малы (Каппер 1949). Средняя длина шишки после усушки у *ели колючей форма зеленая* 8,80 см (табл. 1), что свидетельствует об успешной акклиматизации вида. Ниже нормы длина шишек у *ели колючей форма сизая* (7,22 см) и *ели колючей форма золотистая* (6,60 см), это говорит о низких адаптационных показателях.

Ель канадская – *Pinaceae Picea canadensis* (Mill.) Britton (также *ель сизая* (*Picea*

glauca), *ель канадская*, *ель белая*) показана под номером 7 (рис. 1). Шишки слабо цилиндрические, длиной 3–7 см и шириной до 2,5 см. Цвет шишек зелёный или красноватый, зрелая шишка коричневая. Семена чёрные, длиной 2–3 мм, со светло-коричневым крылом длиной 5–8 мм (Васильев, Уханов 1949). Длина шишки после усушки *ели канадской* на территории дендрологического сада 3,97 см (табл. 1), что является средним показателем и свидетельством хорошей адаптации вида в условиях лесостепи Западной Сибири.

Таблица 1

Основная характеристика строения шишек и семенных чешуй у видов рода ель и их форм

| Морфологическая характеристика шишек и семенных чешуй | Ель сибирская | | Ель колючая | | | Ель сербская | Ель канадская |
|---|---------------|---------------|--|--|------------------|-------------------|---------------|
| | форма зеленая | форма голубая | форма зеленая | форма сизая | форма золотистая | | |
| Длина шишек до усушки, см | 8,05 | 6,65 | 9,28 | 7,73 | 7,04 | 4,74 | 4,30 |
| ±m _x , см | 0,90 | 0,81 | 0,96 | 0,88 | 0,84 | 0,69 | 0,65 |
| Длина шишек после усушки, см | 7,59 | 6,45 | 8,80 | 7,22 | 6,60 | 4,34 | 3,97 |
| ±m _x , см | 0,87 | 0,80 | 0,94 | 0,85 | 0,81 | 0,66 | 0,63 |
| Ширина шишек до усушки, см | 2,39 | 1,78 | 2,82 | 2,53 | 2,69 | 1,71 | 1,38 |
| ±m _x , см | 0,49 | 0,42 | 0,53 | 0,50 | 0,52 | 0,41 | 0,37 |
| Ширина шишек в раскрытом состоянии, см | 3,32 | 2,90 | 4,34 | 3,90 | 3,64 | 2,49 | 2,31 |
| ±m _x , см | 0,57 | 0,54 | 0,66 | 0,62 | 0,60 | 0,50 | 0,48 |
| Степень заострения семенных чешуек, град. | 59° | 103,5° | 49,3° | 47,5° | 51,5° | 105,5° | 96° |
| ±m _x , град. | 2,43 | 3,22 | 2,22 | 2,18 | 2,27 | 3,25 | 3,10 |
| Число семенных чешуек в шишках, шт. | 155,5 | 120,6 | 169,7 | 167,3 | 160,5 | 60,7 | 68,1 |
| ±m _x | 3,94 | 3,47 | 4,12 | 4,09 | 4,01 | 2,46 | 2,61 |
| Длина семенных чешуек, см | 1,74 | 1,15 | 1,92 | 1,63 | 1,73 | 1,14 | 1,16 |
| | 1,51 | 1,09 | 1,77 | 1,55 | 1,40 | 1,08 | 1,11 |
| | 1,35 | 0,96 | 1,57 | 1,35 | 1,26 | 0,97 | 0,99 |
| ±m _x , см | 0,39 | 0,33 | 0,42 | 0,39 | 0,37 | 0,33 | 0,33 |
| Ширина семенных чешуек, см | 1,58 | 1,07 | 1,45 | 1,32 | 1,22 | 1,15 | 1,00 |
| | 1,24 | 0,94 | 1,35 | 1,28 | 1,01 | 1,03 | 0,88 |
| | 0,93 | 0,77 | 1,11 | 1,08 | 0,71 | 0,89 | 0,67 |
| ±m _x , см | 0,35 | 0,31 | 0,37 | 0,36 | 0,32 | 0,32 | 0,30 |
| Отношение ширины семенных чешуй к их длине | 0,82 | 0,86 | 0,77 | 0,82 | 0,72 | 0,96 | 1,26 |
| ±m _x , см | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,29 | 0,27 | 0,31 | 0,35 |
| Образующая (окраинная) линия | Цельнокрайние | Цельнокрайние | Зазубренные, верх семен. чешуй вогнут внутрь | Зазубренные, верх семен. чешуй вогнут внутрь | Зазубренные | Слабо зазубренные | Цельнокрайние |

С размерами шишек связано количество семян в шишке, и чем крупнее шишка, тем больше в ней находится всхожих семян, при этом более важно оценивать показатель длины и веса (Мамаев, Попов 1989). Вес и влажность шишек и семенных чешуй представлены в таблице (табл. 2). Проведенный корреляционный анализ показал умеренную зависимость показателей веса семенных чешуй и веса шишки после усушки ($K = 0,60$). Между показателями веса семенных чешуй и длиной шишки после усушки проявилась слабая степень связи ($K = 0,39$). Несмотря на высокий коэффициент влажности шишек (табл. 2) коэффициент корреляции с показателями веса шишек и семен-

ных чешуй ($K < 0,3$) – практически отсутствует степень связи.

Характер окраинной линии семенных чешуй шишек форм *ели сибирской* цельнокрайней (табл. 1), а образующие линии форм *ели колючей* разнятся, являются зазубренными, но у форм зеленой и сизой верх семенных чешуй вогнут внутрь. У *ели сербской* слабозазубренная окраинная линия семенных чешуй, а у *ели канадской* – цельнокрайняя (табл. 1). Размер семенных чешуй тесно связан с величиной шишки (Мамаев, Попов 1989). Величина коэффициента корреляции $K > 0,8$ – сильная степень связи показателей размеров семенных чешуй с параметрами шишки (табл. 3).

Таблица 2

Вес и влажность шишек и семенных чешуй

| Характеристики шишек и семенных чешуй | Ель сибирская | | Ель колючая | | | Ель сербская | Ель канадская |
|---------------------------------------|------------------------|--------|-------------|--------|--------|--------------|---------------|
| | Вес шишки до усушки, г | 15,882 | 6,529 | 15,115 | 13,376 | 10,46 | 4,867 |
| $\pm m_x$, g | 1,26 | 0,81 | 1,23 | 1,16 | 1,02 | 0,70 | 0,42 |
| Вес шишки после усушки, г | 10,46 | 3,691 | 10,394 | 8,56 | 6,935 | 3,325 | 1,213 |
| $\pm m_x$, g | 1,02 | 0,61 | 1,02 | 0,92 | 0,83 | 0,58 | 0,35 |
| Вес семенных чешуй, г | 0,08 | 0,027 | 0,027 | 0,037 | 0,065 | 0,032 | 0,015 |
| $\pm m_x$, g | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| Влажность шишек (W), % | 51,8 | 76,9 | 45,4 | 56,3 | 50,8 | 46,4 | 45,2 |
| $\pm m_x$, % | 2,27 | 2,77 | 2,13 | 2,37 | 2,25 | 2,15 | 2,13 |

Таблица 3

Величина коэффициента корреляции

| Коэффициент корреляции | Длина шишек после усушки, см | Ширина шишек в раскрытом состоянии, см | Вес шишки после усушки, г |
|---------------------------|------------------------------|--|---------------------------|
| Длина семенных чешуй, см | 0,88 | 0,94 | 0,93 |
| Ширина семенных чешуй, см | 0,82 | 0,83 | 0,82 |

$T_{\text{факт.}}$ – это критерий Стьюдента, показывающий существенные различия по длине, при уровне значимости 5% или 1%. У *ели сибирской* форма *зеленая* по длине шишки в сухом состоянии (в раскрытом состоянии) выявлено достоверное различие с *елью канадской* при 1%-ном уровне значимости критерия Стьюдента ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{теор.}}$).

Между остальными изученными видами и формами различия являются не существенными, тогда как у *ели сибирской* форма *голубая* и *ели колючая* форма *золотистая* достоверные различия выявлены с *елью сербской* и *елью канадской* при 5%-ном уровне значимости.

Вместе с тем, у *ели колючей* форма *зеленая* эти различия с последними двумя видами достоверны при 1%-ном уровне значимости.

У *ели колючей* форма *сизая* достоверны различия при 5%-ном уровне значимости с *елью сербской* и 1%-ном уровне значимости с *елью канадской*.

Наряду с этим, следует отметить, что *ель сербская* и *ель канадская* по длине шишек име-

ет большое сходство, и различия между ними являются несущественными.

Таким образом, по длине шишек можно выделить 2 группы, существенно различные между собой и сходные внутри. В первую группу входят формы *ели сибирской* и *ели колючей*, во вторую группу – *ель сербская* и *ель канадская*.

Также был рассмотрен критерий Стьюдента, показывающий существенные различия по ширине шишек при уровне значимости 5% или 1%. Между изученными видами и формами ели различия являются не существенными по ширине шишки в сухом состоянии (в раскрытом состоянии). Достоверны различия по ширине при 1%-ном уровне значимости лишь у *ели колючей* форма *зеленая* с видами *ель сербская* и *ель канадская*, а также у *ели колючей* форма *сизая* с *елью канадской*.

Заключение

В результате исследований морфометрических показателей шишек и семенных чешуй

видов и форм рода ель в условиях интродукции на территории памятника природы регионального значения «Областной дендрологический сад им. Герберта Ивановича Гензе» (г. Омск) мы составили сводную таблицу (табл. 1) и провели корреляционный анализ зависимости размера семенных чешуй от размеров шишки, а также изучили критерий Стьюдента ($t_{\text{факт.}}$), показывающий существенные различия по длине и ширине шишки при уровне значимости 5% или 1%.

Ель сибирской форма зеленая, ель сибирская форма голубая, ель сербская, ель колючая форма зеленая и ель канадская характеризуются средними и крупными размерами шишек, что свидетельствует о высокой адаптационной способности данных видов. Длина шишек у *ели колючей форма сизая* и *ели колючей форма золотистая* ниже средних показателей, это говорит о низкой адаптационной способности интродуцентов в лесостепи Западной Сибири.

Корреляционный анализ показал умеренную зависимость показателей веса семенных чешуй и веса шишки после усушки ($K = 0,60$). Между показателями веса семенных чешуй и длиной шишки после усушки проявилась слабая степень связи ($K = 0,39$). Также показатели размеров семенных чешуй коррелируют с размерами шишки ($K > 0,8$) – сильная степень связи.

Критерий Стьюдента не показал существенных различий по ширине шишек между изученными видами и формами ели, кроме *ели колючей форма зеленая* с видами *ель сербская* и *ель канадская*, а также у *ели колючей форма сизая* с *елью канадской* были выявлены существенные различия при 1%-ном уровне значимости. А по длине шишек можно выделить 2 группы, существенно различные между собой и сходные внутри. В первую группу входят формы *ели сибирской* и *ели колючей*, во вторую группу – *ель сербская* и *ель канадская*.

ЛИТЕРАТУРА

- Беляева Н. Г., Черненкова Т. В. 2018. Связь свойств местообитаний и состава сообществ хвойно-широколиственных лесов // Экология 2, 101–109.
- Васильев Я. Я., Уханов В. В. 1949. Род *Picea* – Ель // Деревья и кустарники СССР. Т. I. Голосеменные. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции / Ред. тома С.Я. Соколов, Б.К. Шишкин. М.; Л.: Изд-во АН СССР.
- Григорьев А. И. 2008. Эколого-физиологические основы адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири. Омск: Изд-во ОмГПУ.
- Дега Н. С., Онищенко В. В., Петропавловский Б. С. 2018. Влияние техногенной трансформации воздушной среды на устойчивость хвойных лесов Карачаево-Черкесии // Устойчивое развитие горных территорий 1(35), 69–76.
- Зенкова Е. Л. 2010. Географическая изменчивость шишек и семенных чешуй ели сибирской на восточном пределе генетического влияния ели европейской // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения 1, 133–138.
- Казимиров Н. И. 1983. Ель. М.: Лесная промышленность.
- Каппер О. Г. 1954. Хвойные породы. М.: Гослесбумиздат.
- Крюссман Г. 1986. Хвойные породы / Пер. с нем. Ред. и предисл. Н.Б. Гроздовой. М.: Лесная промышленность.
- Мамаев С. А., Попов П. П. 1989. Ель сибирская на Урале (внутривидовая изменчивость и структура популяций). М.: Наука.
- Молчанов А. А., Смирнов В. В. 1967. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука.
- Попов П. П. 2005. Ель европейская и сибирская: Структура, интерградация и дифференциация популяционных систем. Новосибирск: Наука.
- Попов П. П. 2011. Популяционно-географическая изменчивость шишек ели европейской и сибирской // Лесоведение 5, 54–60.
- Попов П. П. 2017. Структура и разнообразие популяций елей европейской и сибирской по фенотипам // Экология 5, 325–330.
- Попов П. П., Александров А. Х. 2010. Изменчивость длины шишек и форм семенных чешуй ели европейской в зависимости от географической широты // Лесоведение 4, 66–73.
- Румянцев Д. Е. 2011. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике: Автореф. дис. ...д-ра биол. наук. М.

REFERENCES

- Belyaeva, N.G., & Chernenkova, T.V. Relationship between habitat properties and composition of communities in conifer–broadleaf forest. In: Russ. J. Ecol., 2018 (49), issue2, pp. 111–118.
- Vasilyev, Ya.Ya., & Ukhanov, V.V. Rod *Picea* – Yel [Genus *Picea* – Spruce]. In: Derevyia i kustarniki SSSR. T. I. Golosemennyye. Dikorastushchiye, kultiviruyemyie i perspektivnyye dlya introduktsii [Trees and Shrubs of the

USSR. Vol. I. Gymnosperms. Wild-growing, Cultivated and Promising for Introduction]. Ed. by S.Ya. Sokolov, B.K. Shishkin. Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR, 1949. (In Russian).

Grigoryev, A.I. Ekologo-fiziologicheskiye osnovy adaptatsii drevesnykh rasteniy v lesostepi Zapadnoy Sibiri [Ecological and Physiological Basis for Adaptation of Woody Plants in the Forest-Steppe of Western Siberia]. Omsk: Izdatelstvo OmGPU, 2008. (In Russian).

Dega, N.S., Onishchenko, V.V., & Petropavlovsky, B.S. Vliyaniye tekhnogennoy transformatsii vozduшной sredy na ustoychivost khvoynykh lesov Karachayevo-Cherkessii [Influence of technogenic transformation of the air on the stability of coniferous forests of Karachay-Cherkessia]. In: Ustoychivoye razvitiye gornyykh territoriy, 2018 (1), issue 35, pp. 69-76. (In Russian).

Zenkova, Ye.L. Geograficheskaya izmenchivost shishek i semennykh cheshuy yeli sibirskoy na vostochnom predele geneticheskogo vliyaniya yeli yevropeyskoy [Geographical variability of cones and seed scales of Siberian spruce on the eastern limit of the genetic influence of European spruce]. In: Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya, 2010, pp. 133-138. (In Russian).

Kazimirov, N.I. Yel [Spruce]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1983. (In Russian).

Kapper, O.G. Khvoynnye porody [Conifer Species]. Moscow: Goslesbumizdat, 1954. (In Russian).

Krussman, G. Khvoynnye porody [Conifer Species]. Ed. and trans. from German by N.B. Grozdova. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1986. (In Russian).

Mamaev, S.A., & Popov, P.P. Yel sibirskaya na Urale (vnutrividovaya izmenchivost i struktura populyatsiy) [Siberian Spruce in the Urals (Intraspecific Variability and Structure of Populations)]. Moscow: Nauka, 1989. (In Russian).

Molchanov, A.A., & Smirnov, V.V. Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy [Methods of studying the growth of woody plants]. Moscow: Nauka, 1967. (In Russian).

Popov, P.P. Yel yevropeyskaya i sibirskaya: Struktura, intergradatsiya i differentsiatsiya populyatsionnykh sistem [European and Siberian Spruce: Structure, Intergration and Differentiation of Population Systems]. Novosibirsk: Science, 2005. (In Russian).

Popov, P.P. Populyatsionno-geograficheskaya izmenchivost shishek yeli yevropeyskoy i sibirskoy [Population-geographical variability of cones of European and Siberian spruce]. In: Lesovedenie, 2011 (5), pp. 54-60. (In Russian).

Popov, P.P. Struktura i raznoobrazie populyatsiy yeley yevropeyskoy i sibirskoy po fenotipam [Structure and diversity of populations of European and Siberian spruce on phenotypes]. In: Ekologiya, 2017 (5), pp. 325-330. (In Russian).

Popov, P.P., & Alexandrov, A.Kh. Izmenchivost dliny shishek i form semennykh cheshuy yeli yevropeyskoy v zavisimosti ot geograficheskoy shirotы [Variability of the length of cones and the shape of seed scales in European spruce depending on geographical latitude]. In: Lesovedenie, 2010 (4), pp. 66-73. (In Russian).

Rumyantsev, D.E. Potentsial ispolzovaniya dendrokronologicheskoy informatsii v lesnoy nauke i praktike [Potential for using dendrochronological information in forest science and practice]: Author's abstract of thesis for Doctoral Degree in biological sciences. Moscow, 2011. (In Russian).

I.G. Skosyeva, A.I. Grigoriev
Omsk, Russia

VARIABILITY OF CONES AND SEEDS CALES IN *PICEA* SPECIES AND THEIR FORMS IN CONDITIONS OF THE CITY OF OMSK

Abstract. The study addressed the morphometric indicators of cones and seed scales, such as length, width, and weight (before opening and after drying). Similarly, seed scales were measured, the marginal lines were described, and the number of seed scales in the cones was counted. The summary tables showed significant differences in the length and width of cones (Student's criterion). The correlation analysis was used to quantify the association between various indicators and the seed scale size. The samples were collected in the Genze Dendrological Garden, a natural landmark of regional significance. The study was carried out using Molchanov and Smirnov's (1967) method in the summer-autumn period. *Siberian spruce (both blue and green forms)*, *Serbian spruce*, *Colorado spruce (green form)*, and *Canadian spruce* had medium and large cones, which indicates a high adaptive capacity of these species. The length of cones in *blue-grey and golden forms of Colorado spruce* was below the average, indicating a low adaptive ability of the introduced species in the West Siberian foreststeppe. The correlation analysis showed a moderate dependence of the weight of seed scales and the weight of cones after drying ($K = 0.60$). A small dependence was found between the weight of seed scales and the length of cone after drying ($K = 0.39$). The size of seed scales strongly correlated with the size of cones ($K > 0.8$). Student's t-test did not reveal significant differences in the width of cones in the studied species and forms of spruce, except for *green form of Colorado spruce* as compared to *Serbian spruce* and *Canadian spruce*, and *blue-grey form of Colorado spruce* as compared to *Canadian spruce*, showing notable differences at 1% significance point. By the length of cones, the studied species can be categorized into two essentially different groups, the first one including all forms of *Siberian spruce* and *Colorado spruce* and the second one including *Serbian spruce* and *Canadian spruce*.

Key words: *Picea*; introduced species; spruce; cones; scales; correlation.

About the authors: Ilona Gunarovna Skosyreva, Postgraduate Student; Arkady Ivanovich Grigoriev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management.

Place of employment: Omsk State Pedagogical University.

Скосырева И.Г., Григорьев А.И. Изменчивость шишек и семенных чешуй видов рода ель и их форм в условиях города Омска // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2019. № 2. С. 37–43.

Skosyreva I.G., Grigoriev A.I. Variability of cones and seedscales in picea species and their forms in conditions of the city of Omsk // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 37–43.

УДК 582.623.2 + 57.034

А.А. Афонин
г. Брянск, Россия

ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ В НАСАЖДЕНИЯХ ИВЫ КОРЗИНОЧНОЙ (*SALIX VIMINALIS* L.) ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

Аннотация. Дана характеристика ивы корзиночной с утилитарной точки зрения. Обоснована необходимость применения пестицидов с пролонгированным действием в насаждениях интенсивного типа. Для снижения пестицидной нагрузки предложено планировать агролесотехнические мероприятия с учетом сезонной динамики нарастания однолетних побегов. Цель – выявление закономерностей сезонной динамики суточного прироста однолетних побегов ивы корзиночной. Материал: модельная инбредная популяция ивы корзиночной. Методы: селекционные, структурно-морфологические, методы гармонического анализа. Установлено, что сезонная динамика суточного прироста побегов $\Delta L(t)$ носит циклический характер. Выявлена трехуровневая структура сезонных биоритмов суточного прироста побегов. Вклад низших гармоник с периодом колебаний 32...96 суток в общую цикличность $\Delta L(t)$ составляет 65%. Вклад средних гармоник с периодом колебаний 16...24 суток в общую цикличность $\Delta L(t)$ составляет 23%. Вклад высших гармоник с периодом колебаний менее 14 суток в общую цикличность $\Delta L(t)$ составляет 6%. Для оптимизации пестицидной нагрузки в насаждениях ивы корзиночной рекомендуется учитывать биоритмы нарастания побегов с периодичностью колебаний порядка 16...24 суток.

Ключевые слова: *Salix viminalis*; ива корзиночная; хронобиология; биоритмы; суточный прирост; сезонная динамика; ангармонический; квазипериодический; квазициклический.

Сведения об авторе: Алексей Алексеевич Афонин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биологии.

Место работы: Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского.

Контактная информация: 241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14, тел. 8(4832)666816, e-mail: aфонin.salix@gmail.com.

Ива корзиночная, или прутьевидная – *Salix viminalis* L. 1753 – общеизвестный представитель кустарниковых ив секции *Vimen* Dum. 1825 (*Viminella* Ser. 1824) (Скворцов 1968; Андиферов 1984). Прут ивы корзиночной традиционно используется для плетения (Керн 1915). В каталоге “Checklist for Cultivars of *Salix*...” (Kuzovkina 2015) описано 28 культиваров, из них для выращивания на прут рекомендуются десять клонов. Ива корзиночная перспективна для создания энергетических плантаций (Фучило и др. 2009; Афонин, Булавинцева 2011b; Карп et al. 2011; Németh et al. 2013). Ива корзиночная может произрастать в самых неблагоприятных условиях (Mikó et al. 2014), поэтому она широко используется как биоремедиатор почв (Zhao, Yang 2017), загрязненных тяжелыми металлами (Hammer et al. 2003; Mieczek et al. 2010; Jama, Nowak 2012). В коре ивы корзиночной содержится целый комплекс биологи-

чески активных компонентов (Созинов, Кузьмичева 2016), например, полифенолы – антиоксиданты (Pnicka et al. 2014). Ива корзиночная характеризуется высоким уровнем географической и внутривидовой изменчивости (Сукачев 1934; Скворцов 1968; Trybush et al. 2012; Berlin et al. 2014). Высокий уровень внутривидового разнообразия и способность к образованию межвидовых гибридов способствуют успешной селекции рассматриваемого вида (Царев и др. 2003; Rönnberg-Wästljung et al. 2003; Fuchylo et al. 2016). При проектировании устойчивых высокопродуктивных насаждений следует учитывать взаимодействия «генотип–среда» (Rönnberg-Wästljung 2001; Fabio et al. 2017; Фучило и др. 2018).

Для повышения устойчивости и продуктивности ивовых насаждений необходимо обеспечить защиту растений от вредителей. Листья ив поражаются фитофагами, например,