

УДК 630\*231

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.47

## **ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПОДРОСТА ЕЛИ РАЗНЫХ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ДРЕВОСТОЯ**

*А.С. Матвеева, асп.*

*Н.В. Беляева, д-р с.-х. наук, проф.*

*Д.А. Данилов, канд. с.-х. наук, доц.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С.М. Кирова, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021;  
e-mail: petkina92@mail.ru, galbel06@mail.ru, stown200@mail.ru

В статье рассмотрены особенности взаимосвязи полога древостоя и возрастной структуры феноформ подроста ели. Анализ проведен для условий зеленомошной группы типов леса в лесном фонде Ленинградской области. Учет подроста по выборочно-статистическому методу осуществлен на круговых площадках (по 10 м<sup>2</sup> каждая), заложенных на одинаковом расстоянии друг от друга по свободному ходу. При выполнении учетных работ подрост ели под пологом распределен по трем группам высот (мелкий, средний, крупный) и трем фенологическим формам (ранняя, переходная, поздняя). Исследования естественного возобновления ели под пологом леса проведены в 2011, 2014 и 2015 гг. на территории опытного лесного хозяйства «Сиверский лес» в Карташевском, Орлинском, Дружносельском и Онцевском участковых лесничествах Гатчинского лесничества Ленинградской области (объекты заложены в 1929, 1970 и 1980 гг.), а также на территории экологического стационара, расположенного в Лисинском участковом лесничестве Учебно-опытного лесничества Ленинградской области (объекты заложены в 1981–1982 гг.). Полученные материалы свидетельствуют о том, что средний возраст подроста ели по фенологическим формам различается. Наименьший средний возраст отмечен у подроста поздней формы, у подроста ранней и переходной форм средний возраст больше на 2–4 года. Подобная закономерность характерна как для жизнеспособного, так и нежизнеспособного подроста. Установлено, что с увеличением относительной полноты, возраста и запаса древостоев увеличивается возраст подроста всех фенологических форм независимо от категорий крупности и состояния жизнеспособности. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что на возрастную структуру подроста ели влияет режим освещенности под пологом древостоя. Наиболее высокий возраст молодого поколения ели отмечен в условиях кисличного типа леса.

*Ключевые слова:* хвойный древостой, естественное возобновление ели, фенологические формы и возрастная структура подроста ели.

### *Введение*

Ель в нашей стране является второй после сосны важнейшей древесной породой. Она отличается весьма широкой амплитудой внутривидовой изменчивости и содержит много морфологических, фенологических и иных форм [4, 19, 34–36, 38, 39, 44]. Следовательно, многообразие форм необходимо использовать и учитывать при назначении лесохозяйственных мероприятий по повышению продуктивности ельников и их устойчивости [4–6, 16, 43].

---

*Для цитирования:* Матвеева А.С., Беляева Н.В., Данилов Д.А. Возрастная структура подроста ели разных фенологических форм в зависимости от состава и строения древостоя // Лесн. журн. 2018. № 1. С. 47–60. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.47

Имеющиеся в литературе данные достаточно противоречивы. Одни исследователи считают, что у фенологических форм подроста ели генетическая обусловленность [28, 30, 32, 33, 37, 41, 42], другие предполагают, что на их фенологическую структуру влияют внешние факторы [3, 23, 27, 29]. По данным одних авторов в насаждениях преобладает ранняя форма ели, другие утверждают, что поздняя форма [8–10].

Некоторые ученые считают, что рост в высоту у различных фенологических форм подроста ели одинаковый [2, 21, 40]. Результаты, полученные другими, свидетельствуют, что ранняя форма ели имеет больший прирост, чем поздняя [15, 18, 26]. Встречаются упоминания о том, что на ход роста и состояние разных фенологических форм ели влияют погодные условия [14, 17, 24, 25] и район ее ареала [1, 15, 20, 27–29, 31, 44, 45].

Исследования, проведенные нами в древостоях с различным составом и строением, а также в различных типах леса, позволили выявить закономерности влияния материнского древостоя на структуру подроста ели по возрасту и высоте, его жизнеспособность и распределение по фенологическим формам.

#### *Объекты и методы исследования*

Фенологические признаки молодого поколения ели изучали в ельниках, сосняках и березняках зеленомошной группы типов леса. Учет естественного возобновления ели под пологом древостоев проводили весной 2011 г. (пробные площади (ПП) А, Б, В), 2014 г. (ПП 1, ПП 6, ПП 18, ПП Л) и 2015 г. (ПП 1Л, 2Л, 17А, 17В, 18А, 18В, 19А, 19В) двумя методами (сплошной пересчет и выборочно-статистический метод) с использованием разработок А.В. Грязькина и Н.В. Беляевой [12].

Методика выделения фенологических форм различна [7, 11]. В наших исследованиях для выделения фенологических форм использовалась методика А.В. Грязькина [11]. Выделение фенологических форм производили с применением феноиндикаторов: к ранней форме относили биотипы ели, у которых терминальная почка начинала распускаться до зацветания черемухи обыкновенной, к поздней – после зацветания рябины обыкновенной или в начале пыления сосны обыкновенной, к переходной – все остальные случаи.

При проведении первого учета на каждый экземпляр подроста ели прикрепляли бирку с номером. При регистрации фенологической формы подроста одновременно фиксировали его номер. Так можно проследить, как изменяется феноформа каждого отдельного экземпляра подроста по годам. Наши исследования показали, что в последующие годы фенологическая форма подроста оставалась неизменной (учеты с 2011 по 2015 г.).

Соотношение по фенологическим формам на всех объектах исследования: ранняя форма – 30 %, переходная – 30 %, поздняя – 40 % (табл. 1).

Возраст подроста определяли и по годичным рубцам с точностью до 1 года.

Сплошной пересчет выполняли и на лентах шириной 5 м, разделенных на квадраты  $5 \times 5$  м.

Учет подроста по выборочно-статистическому методу осуществляли на круговых площадках (площадь каждой –  $10 \text{ м}^2$ ), закладываемых на одинаковом расстоянии друг от друга по свободному ходу [13, 22].

Таблица 1

## Численность и встречаемость подроста ели разных фенологических форм

Преобладающая порода	Численность (без учета сухого)		Встречаемость, %
	экз./га	%	
<i>Ранняя форма</i>			
Ель	773±78	31,0	57,0
Сосна	158±43	36,5	19,6
Сосна + Ель	448±62	20,5	35,4
Ель + Береза	882±80	24,2	76,8
Среднее по всем ПП	533±65	29,4	42,5
<i>Переходная форма</i>			
Ель	512±79	22,7	49,4
Сосна	184±43	33,0	22,5
Сосна + Ель	481±57	35,9	60,3
Ель + Береза	1500±150	40,6	83,9
Среднее по всем ПП	461±65	29,6	46,7
<i>Поздняя форма</i>			
Ель	1080±105	46,3	69,1
Сосна	238±42	30,5	23,0
Сосна + Ель	775±82	43,6	65,1
Ель + Береза	1132±110	35,2	80,4
Среднее по всем ПП	783±83	41,0	56,5

Учет естественного возобновления ели под пологом леса проводили на 23 ПП на территории опытного лесного хозяйства «Сиверский лес» в Карташевском, Орлинском, Дружносельском и Онцевском участковых лесничествах Гатчинского лесничества Ленинградской области (объекты серии ПП 1 были заложены в 1929 г., серий ПП 6, 1Л, 2Л, 17А, 17В, 18А, 18В, 19А, 19В – в 1970 г., серии ПП 18 – в 1980 г.), а также на территории экологического стационара, расположенного в Лисинском участковом лесничестве Учебно-опытного лесничества Ленинградской области (ПП А, Б, В, Д – заложены в 1981–1982 гг.).

Схема закладки учетных площадок (шт.) на пробных площадях: ПП 1Л – 61, 2Л – 60, 17А – 60, 17В – 60, 18А – 57, 18В – 59, 19А – 45, 19В – 48, 1А – 56, 1В – 39, 1С – 50, 1D – 54, 1Е – 45, 6-2 – 60, 6-3 – 62, 6-9 – 70, 18-1 – 41, 18-2 – 62, 18-3 – 75; на секциях экологического стационара: Б – 469, В – 453, Д – 420.

Таксационная характеристика древостоев по данным последнего обследования представлена в табл. 2.

*Результаты исследования и их обсуждение*

В ходе исследования установлено, что в целом возраст подроста ели ранней и переходной форм больше, чем поздней (табл. 3–5). Данная закономерность характерна как для жизнеспособного, так и нежизнеспособного подроста. Возраст подроста поздней формы независимо от состояния жизнеспособности в среднем на 2–4 года меньше (табл. 3).

Сравнение представленных в табл. 1 и 2 данных показало, что под пологом древостоя наибольший возраст имеет подрост ели переходной формы, относящийся к категории нежизнеспособного. При этом выявлена закономерность увеличения возраста жизнеспособного подроста от поздней формы к ранней. В среднем (по всем объектам) подрост ранней формы старше переходной и поздней на 2,0–3,5 года.

Таблица 2

## Характеристика объектов исследования

Год	ПП	Ярус	Состав дровостоя	Возраст преобладающей породы	Класс бонитета	Тип леса	Относительная полнота
2009	1А	I	10Б+Ос+С	123	Ia	Б.КС	1,2
	1В	II	10Е		I	Е.КС	0,5
	1С	I	9Е1С	123	I	Е.КС	0,5
	1D	I	9Е1С	123	I	Е.КС	0,6
	1E	I	8Е2С	123	I	Е.КС	0,7
	1E	I	10Е+С	123	I	Е.КС	0,4
2011	А	I	9Е1Б ед. II, Ол	90	II	Е.КС	0,6
	Б	I	8Е2С+Б	90	II	Е.КС	0,6
	В	I	7Е3С+Б	90	II	Е.КС	0,3
2014	6-2	I	10С	75	I	С.БР	0,9
	6-3	I	10С	78	I	С.БР	0,7
	6-9	I	10С	82	Ia	С.БР	0,8
	18-1	I	5Е4С10с+Б	89	II	Е.ЧС	0,8
	18-2	I	7Е3С+Ос,Б	89	I	Е.ЧС	1,0
	18-3	I	5Е4С10с+Б	89	II	Е.ЧВ	0,7
	Л	I	9Е1Б+Ос	45	I	Е.ЧС	0,2
	1Л	I	10С	97	Ia	С.ЧВ	1,2
	2Л	II	9Е1Б		III	Е.ЧС	0,6
	17А	I	9Е1С+Б,Ос	111	Ia	С.ЧВ	0,9
2015	17В	I	8С1Е1Б	85	I	С.ЧВ	1,2
	18А	II	10С	85	I	С.ЧВ	1,2
	18А	II	5Е5Б	96	I	С.ЧОС	1,0
	18А	I	10С		I	С.ЧОС	1,0
	18В	II	7Е2Б1Ос		I	С.ЧОС	1,0
	19А	I	4С4Е2Б	96	Ia	С.ЧС	0,7
	19А	I	5С2Е2Б1Ос	86	Ia	С.ЧС	0,7
	19В	I	6С2Е2Б	86	I	С.ЧВ	0,6

Примечание: Б.КС – березняк кисличный, Е.КС – ельняк кисличный, С.БР – сосняк бруснично-ельный, Е.ЧС – ельняк черничный свежий, Е.ЧВ – ельняк черничный влажный, С.ЧВ – сосняк черничный влажный, С.ЧОС – сосняк черничный осушенный, С.ЧС – сосняк черничный свежий.

Для проверки закономерности влияния фенологических форм на возрастную структуру жизненных категорий состояния был проведен однофакторный дисперсионный анализ, который показал статистически значимую зависимость только для переходной и поздней форм елового подроста и не выявил ее для ранней формы (табл. 3 и 6).

Таблица 3

**Возраст (лет) подроста ели всех фенологических форм по состоянию**

Преобладающая порода	Жизнеспособный подрост	Нежизнеспособный подрост
<i>Ранняя форма</i>		
Ель	16,8	11,7
Сосна	18,1	17,0
Сосна + Ель	18,8	21,2
Ель + Береза	24,0	22,1
Среднее	18,0	16,3
<i>Переходная форма</i>		
Ель	13,6	18,1
Сосна	17,3	19,6
Сосна + Ель	16,0	16,0
Ель + Береза	24,7	25,6
Среднее	16,2	18,6
<i>Поздняя форма</i>		
Ель	10,4	10,3
Сосна	18,6	19,5
Сосна + Ель	15,9	15,8
Ель + Береза	19,6	22,5
Среднее	14,4	14,6

Примечание. Для ранней феноформы фактический критерий Фишера  $F_{\phi} = 1,290$ , теоретический  $F_T = 2,140$  ( $p = 5\%$ ); для переходной – соответственно  $F_{\phi} = 3,021$ ,  $F_T = 2,320$  ( $p = 5\%$ ); для поздней –  $F_{\phi} = 7,660$ ,  $F_T = 2,130$  ( $p = 5\%$ ).

Подрост ели независимо от фенологических форм и состояния жизнеспособности старше под пологом сосновых древостоев (елово-березовый древостой представлен одним опытным участком, поэтому его нельзя сравнивать с другими). Наименьший возраст подроста – под пологом еловых древостоев (табл. 4).

Таблица 4

**Средний возраст (лет) подроста ели всех фенологических форм по категориям жизнеспособности под пологом хвойных древостоев**

Материнские древостои	Жизнеспособный подрост	Нежизнеспособный подрост
Еловые	13,6	13,4
Сосновые	18,0	18,7
Сосново-еловые	16,9	17,7
Среднее	16,2	16,6

Скорее всего, это связано со степенью освещенности под пологом ельников [5]. Чем ниже освещенность, тем меньше средний возраст подроста ели, так как происходит интенсивный отпад.

Также было установлено, что под пологом еловых древостоев наибольший возраст имеет подрост переходной фенологической формы, под пологом сосняков – поздней формы, под пологом смешанных сосново-еловых древостоев – подрост ели ранней формы (табл. 5).

Таблица 5

**Средний возраст (лет) подроста ели по фенологическим формам под пологом хвойных древостоев**

Материнские древостои	Фенологическая форма			Среднее
	ранняя	переходная	поздняя	
Еловые	14,2	15,8	10,3	13,4
Сосновые	17,5	18,4	19,1	19,7
Сосново-еловые	20,0	16,0	15,8	17,3
Среднее	17,2	16,7	15,1	–

Опираясь на полученные результаты, можно предположить, что под пологом сосновых древостоев складываются наиболее благоприятные условия для роста и развития подроста ели.

В ходе дальнейших исследований было установлено, что с увеличением относительной полноты древостоя возраст как жизнеспособного, так и нежизнеспособного подроста всех фенологических форм повышается. С увеличением возраста древостоя возраст подроста ранней и переходной форм независимо от категорий состояния растет, поздней – снижается. С увеличением запаса древостоя возраст подроста всех фенологических форм независимо от категорий состояния повышается.

Как видно из данных рис. 1–3, в брусничном и кисличном типах леса прежде всего появляется подрост переходной формы, в остальных типах леса – ранней формы. При этом среди жизнеспособного подроста старше всех подрост ранней формы во всех типах леса, кроме брусничного.

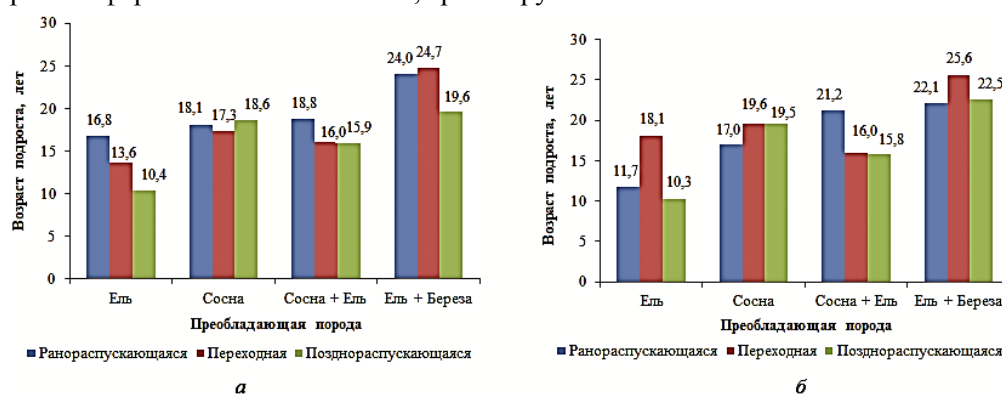


Рис. 1. Возраст жизнеспособного (а) и нежизнеспособного (б) подроста ели разных фенологических форм в древостоях с разными преобладающими породами

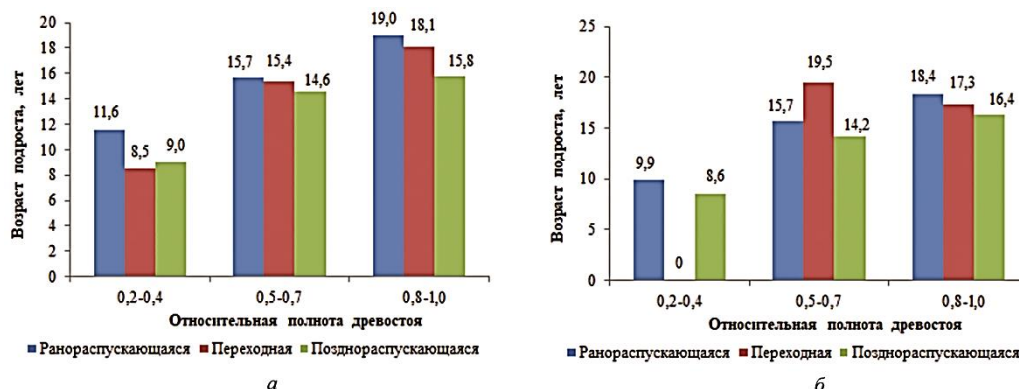


Рис. 2. Возраст жизнеспособного (а) и нежизнеспособного (б) подроста ели разных фенологических форм в зависимости от относительной полноты древостоя

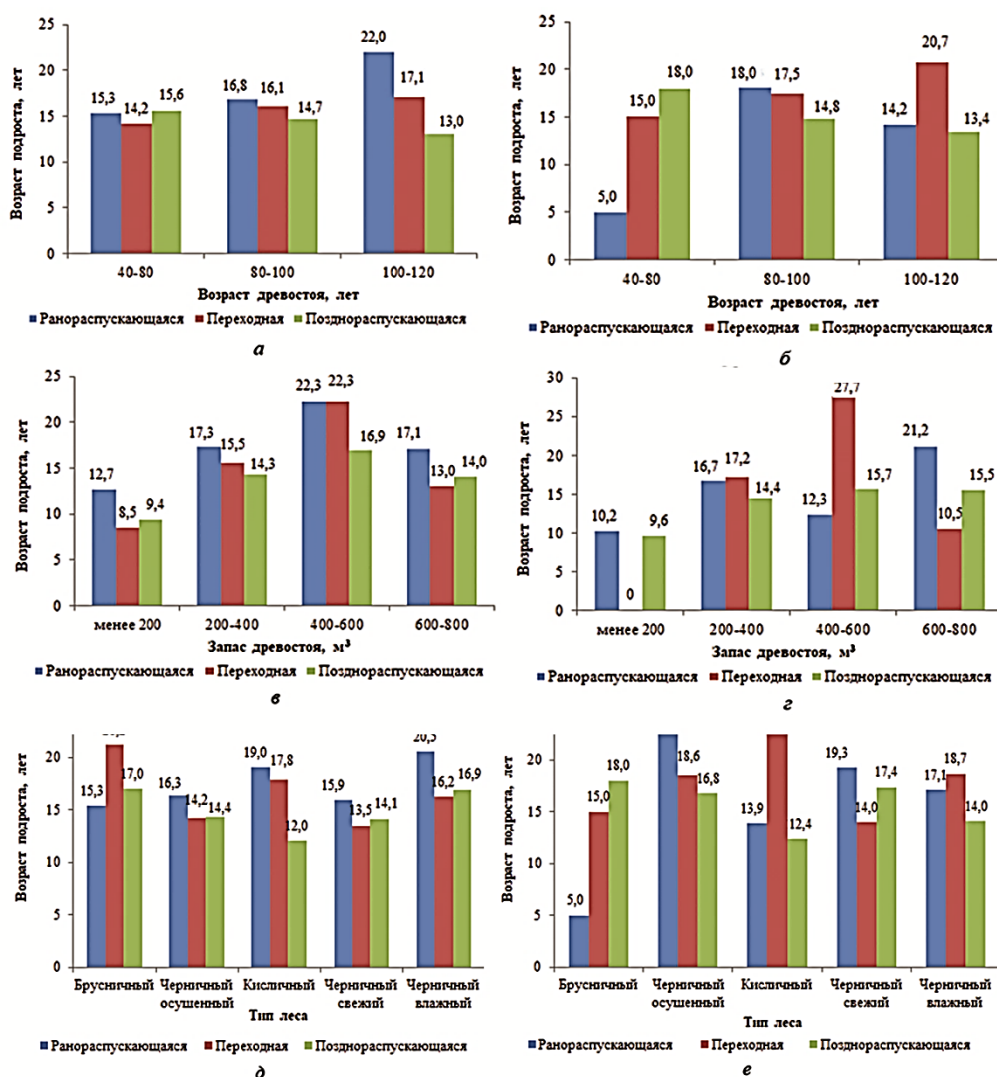


Рис. 3. Возраст жизнеспособного (а, в, д) и нежизнеспособного (б, г, е) подроста ели разных фенологических форм в зависимости от возраста древостоя (а, б), его запаса (в, г) и типа леса (д, е)

Анализируя данные возраста подроста ели различных феноформ по категориям крупности, можно сделать вывод, что независимо от категории крупности и состояния жизнеспособности подрост переходной формы старше. В среднем мелкий подрост этой формы старше на 1,4–1,5 года, средний – на 1,2–2,5 года, крупный – на 1,9–2,9 года (табл. 6).

Независимо от феноформ и категорий крупности подрост ели старше под пологом елово-березовых древостоев, младше – под пологом еловых.

С увеличением относительной полноты, возраста и запаса древостоя возраст подроста всех фенологических форм повышается независимо от категорий крупности. Самый высокий возраст у подроста переходной формы всех категорий крупности в кисличном типе леса.

Вышеперечисленные закономерности применимы как для всего подрост ели разных категорий крупности, отличающегося фенологическими формами, так и для жизне- и нежизнеспособного подрост.

Таблица 6

Возраст (лет) подроста ели по группам высот			
Преобладающая порода	Мелкий подрост	Средний подрост	Крупный подрост
<i>Ранняя форма</i>			
Ель	7,3	12,1	23,2
Сосна	10,3	16,6	26,4
Сосна + Ель	11,9	19,6	24,3
Ель + Береза	15,8	25,1	31,1
Среднее	9,5	15,8	24,7
<i>Переходная форма</i>			
Ель	10,0	16,8	27,3
Сосна	11,4	18,9	23,5
Сосна + Ель	11,0	18,1	27,6
Ель + Береза	15,3	26,1	35,0
Среднее	10,9	18,3	26,6
<i>Поздняя форма</i>			
Ель	7,4	13,6	17,9
Сосна	11,1	20,6	20,1
Сосна + Ель	11,0	18,7	32,9
Ель + Береза	14,3	24,8	36,2
Среднее	9,4	17,1	23,7

Примечание. Для ранней феноформы –  $F_{\phi} = 1,55$ ,  $F_{\tau} = 1,86$  ( $p = 5\%$ ); для переходной – соответственно  $F_{\phi} = 0,87$ ,  $F_{\tau} = 1,93$  ( $p = 5\%$ ); для поздней –  $F_{\phi} = 1,21$ ,  $F_{\tau} = 1,92$  ( $p = 5\%$ ).

Судя по обобщенным данным, средний возраст подроста ели по группам высот различается существенным образом по всем фенологическим формам (табл. 7). При этом прослеживается тенденция к увеличению среднего возраста от жизнеспособного к нежизнеспособному подросту. В отдельных случаях различия составляют более 10 лет (крупный подрост переходной фенологической формы под пологом ельников).

Таблица 7

Средний возраст (лет) подроста ели по фенологическим формам, виталитету и группам высот

Преобладающая порода	Феноформа	Жизнеспособный подрост			Нежизнеспособный подрост		
		мелкий	средний	крупный	мелкий	средний	крупный
Ель	Поздняя	7,5	13,2	18,0	7,6	13,3	13,7
	Переходная	9,0	12,5	26,4	12,7	17,7	38,0
	Ранняя	7,1	12,2	24,9	8,1	12,1	17,8
	Среднее	7,9	12,6	23,1	9,5	14,4	23,2
Сосна	Поздняя	10,9	20,3	20,1	10,4	23,2	–
	Переходная	11,8	16,8	21,1	11,2	20,3	27,5
	Ранняя	10,5	15,7	26,2	9,0	19,3	31,0
	Среднее	11,1	17,6	22,5	10,2	20,9	29,3
Сосна + Ель	Поздняя	11,1	18,1	33,3	11,8	17,5	27,8
	Переходная	10,2	18,5	27,7	12,4	17,2	31,2
	Ранняя	11,3	19,9	26,4	16,2	20,7	21,7
	Среднее	10,9	18,8	29,1	13,5	18,5	26,9
Среднее по всем ПП	Поздняя	9,2	16,4	22,4	10,0	17,5	21,8
	Переходная	10,2	16,4	25,7	12,6	18,9	32,8
	Ранняя	9,4	15,9	25,8	10,4	16,7	21,6
	Среднее	9,6	16,2	24,6	11,0	17,7	25,4

Примечание. Для ранней феноформы –  $F_{\phi} = 1,88$ ,  $F_{\tau} = 1,68$  ( $p = 5\%$ ); для переходной – соответственно  $F_{\phi} = 2,58$ ,  $F_{\tau} = 1,74$  ( $p = 5\%$ ); для поздней –  $F_{\phi} = 2,12$ ,  $F_{\tau} = 1,69$  ( $p = 5\%$ ).



Проведенный однофакторный дисперсионный анализ по группам высот для всех категорий фенологических форм не выявил достоверного влияния их на возраст подростка ели. Однако по жизненному состоянию и группам высот различия в возрасте между фенологическими формами более выражены, чем случайные различия внутри каждой группы ( $p < 0,05$ ), т. е. феноформы обуславливают возрастные рамки подростка ели по высотным параметрам. Следовательно, в терминах статистических гипотез можно утверждать, что гипотеза о сходстве выборок  $H_0$  может быть отвергнута на уровне 5 %, в этом случае принимается гипотеза  $H_1$ . Накопления в возрастных группах всех форм подростка можно интерпретировать как факт адаптационной реакции у молодой части популяции ели под пологом взрослого древостоя. Обострение дифференциации среди деревьев подростка ели приводит к более тесной обусловленности возраста подростка и его высотной группировки.

#### *Выводы*

1. Под пологом ельников преобладает подрост поздней фенологической формы, под пологом сосняков – ранней.
2. Средний возраст подростка ели по фенологическим формам различается: независимо от фенологических форм и состояния жизнеспособности он старше под пологом сосновых древостоев.
3. Структура подростка ели по фенологическим формам в разрезе типов леса различна: доля ранней формы в среднем на 15...30 % выше в кисличном и брусничном типах леса, чем в черничном типе леса.
4. Наибольший возраст подростка ели отмечается в условиях кисличного типа леса, наименьший – в условиях черничного типа.
5. С увеличением относительной полноты, возраста и запаса древостоя возраст подростка всех феноформ повышается независимо от категорий крупности и состояния жизнеспособности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акакиев Ф.И. Значение фенологических форм ели для массовой селекции в условиях южной Карелии // Изв. Карел. и Кол. фил. АН СССР. 1959. № 1. С. 130–138.
2. Акакиев Ф.И. Некоторые биологические особенности и лесохозяйственное значение фенологических форм ели: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1960. 16 с.
3. Алексеев В.И. Некоторые вопросы сезонного роста и развития подростка ели // Сезонное развитие природы европейской части СССР. М., 1974. С. 32–33.
4. Бабич Н.А., Комарова А.М., Соколова Е.Б. Формы ели и их лесосеменное значение // Лесн. журн. 2010. № 4. С. 22–28. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Беляева Н.В., Грязькин А.В. Ход роста рано- и позднораспускающейся фенологических форм подростка ели // Науч. обозрение. 2012. № 6. С. 36–42.
6. Веверис А.Л. Лесохозяйственное значение рано- и позднораспускающихся елей // Вопросы лесной селекции и семеноводства в Латвийской ССР: сб. науч. тр. Рига, 1969. С. 135–152.
7. Веверис А.Л. О методике выделения рано- и позднораспускающихся елей // Лесоведение. 1969. № 2. С. 83–84.
8. Волович П.И. Соотношение ели по составу фенологических форм и использование лучших климатипов в лесокультурной практике Белорусской ССР // Интенсификация лесного хозяйства в БССР. Минск, 1978. С. 79–88.
9. Габрилавичус Р.Б. Рано- и позднораспускающаяся ель в лесах Литовской ССР // Тр. Литов. НИИ лесн. хоз-ва. Рига, 1977. Вып. 17. С. 118–121.

10. Грязькин А.В. О соотношении количества подроста ели по фенологическим формам под пологом и на вырубке // Лесоводство и экология: современные проблемы и пути их решения. Брянск: БГИТА, 1996. С. 104–108.
11. Грязькин А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников Северо-Запада России): моногр. СПб.: СПбГЛТА, 2001. 188 с.
12. Грязькин А.В., Беляева Н.В. Структура фенологических форм молодого поколения ели в условиях Ленинградской области // Лесн. журн. 2013. № 2. С. 84–92. (Изв. высш. учеб. заведений).
13. Мартынов А.Н., Сеннов С.Н., Грязькин А.В. Естественное возобновление леса. СПб.: СПбЛТА, 1994. 42 с.
14. Мельник П.Г., Савостин С.М. Особенности сезонного роста экотипов ели в условиях Солнечногорского опытного лесхоза // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов: науч. тр. МГУЛ. М., 1995. Вып. 280. С. 62–63.
15. Милютин Л.И. Формы ели Брянской области, их лесоводственное и хозяйственное значение: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 1963. 20 с.
16. Морозов Г.П. Фенотипическая структура ели // Коренные темнохвойные леса южной тайги (резерват Кологривский лес). М.: Наука, 1988. С. 162–175.
17. Пальцев А.М. Сезонный рост географических культур ели обыкновенной в Московской области // Лесоведение. 1980. № 6. С. 11–18.
18. Попов В.Я., Тучин П.В., Сурсо М.В., Васильев А.А. Рост и развитие форм ели на плантации семенного происхождения: отчет. годич. сес. по итогам науч.-исслед. работ за 1984 г. Архангельск: АИЛиЛХ, 1985. С. 31–32.
19. Прохорова Е.В., Прохорова А.А. Анализ фенотипической структуры клоновых потомств ели в архиве // Лесн. журн. 2011. № 1. С. 15–19. (Изв. высш. учеб. заведений).
20. Редько Г.И., Дурсин А.Д. Географические культуры ели. Л.: ЛТА, 1982. 59 с.
21. Ронис, Э.Я., Веверис А.Л. О некоторых формах ели обыкновенной в лесах Латвийской ССР // Исследования о природе древесных пород. Рига: АН ЛатвССР, 1964. С. 5–20.
22. Способ учета подроста: пат. Рос. Федерация 2084129: МКИ С 6 А 01 G 23/00 / Грязькин А.В. № 94022328/13; заявл. 10.06.94; опубл. 20.07.97. Бюл. № 20. 3 с.
23. Тарханов С.Н. Фенологические формы в географических культурах ели в Коми АССР // Вопросы искусственного лесовосстановления на Европейском Севере. Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. С. 73–80.
24. Тарханов С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 195 с.
25. Тарханов С.Н., Щекалев Р.В. Эндемичная и внутривидовая изменчивость полигенных признаков *Picea obovata* Ledeb. × *P. abies* (L.) Karst. в бассейне Северной Двины при атмосферном загрязнении // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2007. № 5. С. 125–131.
26. Харитонов Г.А. Развитие рано- и позднораспускающихся рас *Picea excelsa* в связи с условиями местопроизрастания // Советская ботаника. 1937. № 4. С. 90–95.
27. Bertin S., Palmroth S., Kim H.S., Perks M.P., Mencuccini M., Oren R. Modeling Understorey Light for Seedling Regeneration in Continuous Cover Forestry Canopies // Forestry. 2011. Vol. 84, iss. 4. Pp. 397–409.
28. Birot Y., Christophe C. Genetic Structures and Expected Genetic Gains from Multitrait Selection in Wild Populations of Douglas Fir and Sitka Spruce. 1. Genetic Variation between and within Populations // Silvae genetica. 1983. Vol. 32, iss. 5-6. Pp. 141–151.
29. Blum B.M. Variation in the Phenology of Bud Flushing in White and Red Spruce // Can. J. Forest Res. 1988. Vol. 18, no. 3. Pp. 315–319.
30. Bouvarel P. Variabilité de l'Epicéa (*Picea excelsa* Link.) dans le Jura français. Répartition et caractères des divers types // Revue forestiere française. 1954. Vol. 6, no. 2. Pp. 85–98.
31. Broome A., Hendry S., Peace A. Annual and Spatial Variation in Coning Shown by the Forest Condition Monitoring Programme Data for Norway Spruce, Sitka Spruce and Scots Pine in Britain // Forestry. 2007. Vol. 80, iss. 1. Pp. 17–28.

32. *Holzer K., Schultze U.* Die Abhängigkeit des Fiechtenaustriebes vom Frühjahrsklima // *Osterr. Forstztg.* 1988. Vol. 99, no. 5. Pp. 59–60.
33. *Lindquist B.* Genetics in Swedish Forestry Practice. Stockholm: Svenska Skogsvarsforeningens Forlag, 1948. 173 p.
34. *Melechow H.* Zur Frage der natürlichen Verjüngung der Fichte auf Brandflächen // *Forstwissenschaftliches Centralblatt.* 1934. No. 56.
35. *Münch E.* Die Knospenentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr // *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.* 1923. No. 11. Pp. 241–265.
36. *Oršanić M., Drvodelić D., Anić I., Mikac S., Barčić D.* Natural Regeneration of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Stands on Northern Velebit // *Periodicum Biologorum.* 2008. Vol. 110, no. 2. Pp. 173–179.
37. *Purkyne E.* Über zwei in Mitteleuropa wachsende Fichtenformen // *Forst- und Jagdwesen.* 1877. Vol. 14, no. 23. Pp. 69–78.
38. *Quine C.P.* A Preliminary Survey of Regeneration of Sitka Spruce in Wind-Formed Gaps in British Planted Forests // *Forest Ecology and Management.* 2001. Vol. 151, iss. 1-3. Pp. 37–42.
39. *Rohmeder E.* Der jahreszeitliche Verlauf des Höhenwachstums früh- und spat treibender Fichten // *Forstwissenschaftliches Centralblatt.* 1952. Vol. 71, no. 11-12. Pp. 369–372.
40. *Rohmeder E.* Ergebnisse aus züchterischen Bearbeitung der Fichte in Bayern // *Forst- und Holzwirt.* 1963. Vol. 18, no. 5. Pp. 93–96.
41. *Rühl A.* Vorläufige Mittelung über das Auftreten rot- und grünzapfiger Fichten in Estland // *Tartu Ülikooli metsaosakonna toimetused.* 1928. No. 12.
42. *Schmidt E.* Die Reliktöhrenwälder der Alpen // *Beitr. z. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz.* 1936. Vol. 21. 190 p.
43. *Schneider B., Roeder A.* Dynamics of Natural Regeneration of Norway Spruce under Shelters of Old Stands // *Allgemeine Forst-Zeitschrift.* 1993. Vol. 48 Extent: v. 57–60 (2).
44. *Schweiger J., Sterba H.* A Model Describing Natural Regeneration Recruitment of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Austria // *Forest Ecology and Management.* 1997. Vol. 97, no. 2. Pp. 107–118.
45. *Tjoelker M.G., Boratynski A., Wladyslaw B., eds.* Biology and Ecology of Norway Spruce // *Netherlands, Springer Netherlands.* 2007. Vol. 78. 474 p.

Поступила 06.09.17

UDC 630\*231

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.47

### Age-Class Composition of Spruce Undergrowth of Different Phenological Forms Depending on the Stand Composition and Structure

*A.S. Matveeva, Postgraduate Student*

*N.V. Belyaeva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

*D.A. Danilov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*

Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov, Institutskiy per., 5, Saint Petersburg, 194021, Russian Federation; e-mail: petkina92@mail.ru, galbel06@mail.ru, stown200@mail.ru

The article considers the relationship between the canopy of the stand and the age-class composition of the phenological forms of spruce undergrowth. The analysis was carried out for the conditions of a moss group of forest types in the forest fund of the Leningrad Region.

---

*For citation:* Matveeva A.S., Belyaeva N.V., Danilov D.A. Age-Class Composition of Spruce Undergrowth of Different Phenological Forms Depending on the Stand Composition and Structure. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 1, pp. 47–60. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.47

The undergrowth inventory was performed by the statistical sampling method on circular plots (10 m<sup>2</sup>), laid at the same distance from each other. Spruce undergrowth under the canopy was divided into three groups of heights (small, medium, large) and three phenological forms (early, transitional, late) during the inventory process. Studies of natural regeneration of spruce under the canopy were conducted in 2011, 2014 and 2015 in the territory of the experimental forestry “Siversky Forest” in the Kartashevskiy, Orlinskiy, Druzhnoselskiy and Ontsevskiy forest districts of the Gatchina Forestry in the Leningrad Region (the objects were laid in 1929, 1970 and 1980), and also in the territory of the ecological permanent study area located in the Lisino district forestry of the scientific-experimental forestry in the Leningrad Region (the objects were laid in 1981–1982). The average age of spruce undergrowth according to phenological forms differed. The authors marked the smallest average age in undergrowth of the late form; the average age of undergrowth of the early and transitional forms was 2–4 years longer. This pattern was typical for both vigorous and unviable undergrowth. With increasing of relative density, age and stock of stands, the age of undergrowth of all phenological forms increased, regardless of the size categories and the state of health. Based on the results obtained we can conclude that the age-class composition of spruce undergrowth is affected by the illumination regime under the canopy of the stand. The highest age of the young generation of spruce is noted in conditions of the sorrel forest type.

*Keywords:* coniferous stand, spruce natural regeneration, phenological forms and age-class composition of spruce undergrowth.

#### REFERENCES

1. Akakiev F.I. Znachenie fenologicheskikh form eli dlya massovoy seleksii v usloviyakh yuzhnoy Karelii [The Value of Phenological Forms of Spruce for Mass Breeding in the Conditions of Southern Karelia]. *Izvestiya Karel'skogo i Kol'skogo filialov AN SSSR*, 1959, no. 1, pp. 130–138.
2. Akakiev F.I. *Nekotorye biologicheskie osobennosti i lesokhozyaystvennoe znachenie fenologicheskikh form eli*: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Some Biological Features and Forest Management Significance of Phenological Forms of Spruce: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs.]. Leningrad, 1960. 16 p.
3. Alekseev V.I. Nekotorye voprosy sezonnogo rosta i razvitiya podrosta eli [Some Questions of Seasonal Growth and Spruce Undergrowth Development]. *Sezonnoe razvitie prirody evropeyskoy chasti SSSR* [Seasonal Nature Development of the European Part of the USSR]. Moscow, 1974, pp. 32–33. (In Russ.)
4. Babich N.A., Komarova A.M., Sokolova E.B. Formy eli i ikh lesosemennoe znachenie [Spruce Forms and Their Seed Relevance]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2010, no. 4, pp. 22–28.
5. Belyaeva N.V., Gryaz'kin A.V. Khod rosta rano- i pozdnoraspuskayushchikhsya fenologicheskikh form podrosta eli [Growth Course of Early and Late-Blooming Phenological Forms of Spruce Undergrowth]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], 2012, no. 6, pp. 36–42.
6. Veveris A.L. Lesokhozyaystvennoe znachenie rano- i pozdnoraspuskayushchikhsya eley [Forestry Importance of Early and Late-Blooming Spruce]. *Voprosy lesnoy seleksii i semenovodstva v Latvyskoy SSR: sb. nauch. tr.* [Questions of Forest Selection and Seed Production in the Latvian SSR]. Riga, 1969, pp. 135–152. (In Russ.)
7. Veveris A.L. O metodike vydeleniya rano- i pozdnoraspuskayushchikhsya eley [On the Technique of Isolating of Early and Late-Blooming Spruce]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1969, no. 2, pp. 83–84.
8. Volovich P.I. Sootnoshenie eli po sostavu fenologicheskikh form i ispol'zovanie luchshikh klimatipov v lesokul'turnoy praktike Belorusskoy SSR [The Ratio of Spruce by the Composition of Phenological Forms and the Use of the Best Climates in the Forestry Practices of the Belorussian SSR]. *Intensifikatsiya lesnogo khozyaystva v BSSR* [Intensification of Forestry in the BSSR]. Minsk, 1978, pp. 79–88. (In Russ.)

9. Gabrilavichus R.B. Rano- i pozdnoraspuskayushchayasya el' v lesakh Litovskoy SSR [Early and Late-Blooming Spruce in the Forests of the Lithuanian SSR]. *Trudy Litovskogo NII lesnogo khozyaystva* [Transactions of Lithuanian Scientific-Research Forestry Institute]. Riga, 1977, iss. 17, pp. 118–121. (In Russ.)

10. Gryaz'kin A.V. O sootnoshenii kolichestva podrosta eli po fenologicheskim formam pod pologom i na vyrubke [On the Ratio of Spruce Undergrowth by Phenological Forms under the Canopy and in Felling]. *Lesovodstvo i ekologiya: sovremennye problemy i puti ikh resheniya* [Forestry and Ecology: Current Issues and Ways to Solve Them]. Bryansk, BSETA Publ., 1996, pp. 104–108. (In Russ.)

11. Gryaz'kin A.V. *Vozobnovitel'nyy potentsial taezhnykh lesov (na primere el'nikov Severo-Zapada Rossii): monogr.* [Renewable Potential of Taiga Forests (the Case of Spruce Forests of the North-West of Russia)]. Saint Petersburg, SPbSFTA Publ., 2001. 188 p. (In Russ.)

12. Gryaz'kin A.V., Belyaeva N.V. Struktura fenologicheskikh form molodogo pokoleniya eli v usloviyakh Leningradskoy oblasti [The Structure of Phenological Forms of the Young Generation Spruce in the Leningrad Region]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2013, no. 2, pp. 84–92.

13. Martynov A.N., Sennov S.N., Gryaz'kin A.V. *Estestvennoe vozobnovlenie lesa* [Natural Forest Regeneration]. Saint Petersburg, SPbSFTA Publ., 1994. 42 p. (In Russ.)

14. Mel'nik P.G., Savostin S.M. Osobennosti sezonnogo rosta ekotipov eli v usloviyakh Solnechnogorskogo opytnogo leskhoza [Peculiarities of Seasonal Growth of Spruce Ecotypes in the Solnechnogorsk Experimental Forestry Enterprise]. *Lesopol'zovanie i vosproizvodstvo lesnykh resursov: nauch. tr.* [Forest Use and Reproduction of Forest Resources]. Moscow, MSFU Publ., 1995, iss. 280, pp. 62–63. (In Russ.)

15. Milyutin L.I. *Formy eli Bryanskoy oblasti, ikh lesovodstvennoe i khozyaystvennoe znachenie: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Forms of Spruce in the Bryansk Region, Their Silvicultural and Economic Significance: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs.]. Krasnoyarsk, 1963. 20 p.

16. Morozov G.P. Fenotipicheskaya struktura eli [Phenotypic Structure of Spruce]. *Korennye temnokhvoynye lesa yuzhnoy taygi (rezervat Kologrivskiy les)* [Native Dark Coniferous Forests of the Southern Taiga (Kologrivskiy Forest Reserve)]. Moscow, Nauka Publ., 1988, pp. 162–175. (In Russ.)

17. Pal'tsev A.M. Sezonnyy rost geograficheskikh kul'tur eli obyknovennoy v Moskovskoy oblasti [Seasonal Growth of Spruce Provenance Trial Plantations in the Moscow Region]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1980, no. 6, pp. 11–18.

18. Popov V.Ya., Tuchin P.V., Surso M.V., Vasil'ev A.A. *Rost i razvitie form eli na plantatsii semennogo proiskhozhdeniya: ochet. godich. ses. po itogam nauch.-issled. rabot za 1984 g.* [Growth and Development of Spruce Forms on a Plantation of Seed Origin]. Arkhangelsk, Arkhangelsk For. and For. Chem. Inst. Publ., 1985, pp. 31–32. (In Russ.)

19. Prokhorova E.V., Prokhorova A.A. Analiz fenotipicheskoy struktury klonovykh potomstv eli v arkhive [Analysis of Phenotypic Structure of Clone Spruce Progeny in Archive]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2011, no. 1, pp. 15–19.

20. Red'ko G.I., Dursin A.D. *Geograficheskie kul'tury eli* [Spruce Provenance Trial Plantations]. Leningrad, FTA Publ., 1982. 59 p. (In Russ.)

21. Ronis E.Ya., Veveris A.L., eds. O nekotorykh formakh eli obyknovennoy v lesakh Latviyskoy SSR [On Some Forms of Spruce in the Forests of the Latvian SSR]. *Issledovaniya o prirode drevesnykh porod* [Research on the Tree Species Nature]. Riga, AS LatSSR Publ., 1964, pp. 5–20. (In Russ.)

22. Gryaz'kin A.V. *Sposob ucheta podrosta* [Undergrowth Inventory Technique]. Patent RF, no. 2084129, 1997.

23. Tarkhanov S.N. Fenologicheskie formy v geograficheskikh kul'turakh eli v Komi ASSR [Phenological Forms in the Spruce Provenance Trial Plantations in the Komi ASSR]. *Voprosy iskusstvennogo lesovosstanovleniya na Evropeyskom Severe* [Issues of Artificial Reforestation in the European North]. Arkhangelsk, Arkhangelsk For. Inst. Publ., 1986, pp. 73–80. (In Russ.)

24. Tarkhanov S.N. *Izmenchivost' eli v geograficheskikh kul'turakh Respubliki Komi* [Variability of Spruce in the Provenance Trial Plantations of the Republic of Komi]. Yekaterinburg, Ural Branch RAS Publ., 1998. 195 p. (In Russ.)

25. Tarkhanov S.N., Shchekalev R.V. Endogennaya i vnutrividovaya izmenchivost' poligennykh priznakov *Picea obovata* Ledeb. × *P. abies* (L.) Karst. v bassejne Severnoy Dviny pri atmosfernom zagryaznenii [Internal and Intraspecific Variability of Polygenic Attributes *Picea obovata* Ledeb. × *P. abies* (L.) Karst. in Pool of Northern Dvina at Atmospheric Pollution]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2007, no. 5, pp. 125–131.
26. Kharitonov G.A. Razvitie rano- i pozdnoraspuskayushchikhsya ras *Picea excelsa* v svyazi s usloviyami mestoproizrastaniya [The Development of Early and Late-Blooming Races *Picea excelsa* in Connection with the Site Conditions]. *Sovetskaya botanika*, 1937, no. 4, pp. 90–95.
27. Bertin S., Palmroth S., Kim H.S., Perks M.P., Mencuccini M., Oren R. Modeling Understorey Light for Seedling Regeneration in Continuous Cover Forestry Canopies. *Forestry*, 2011, vol. 84, iss. 4, pp. 397–409.
28. Birot Y., Christophe C. Genetic Structures and Expected Genetic Gains from Multitrait Selection in Wild Populations of Douglas Fir and Sitka Spruce. 1. Genetic Variation between and within Populations. *Silvae genetica*, 1983, vol. 32, iss. 5-6, pp. 141–151.
29. Blum B.M. Variation in the Phenology of Bud Flushing in White and Red Spruce. *Can. J. Forest Res.*, 1988, vol. 18, no. 3, pp. 315–319.
30. Bouvarel P. Variabilité de l'Epicéa (*Picea excelsa*, Link.) dans le Jura français. Répartition et caractères des divers types. *Revue forestiere française*, 1954, vol. 6, no. 2, pp. 85–98.
31. Broome A., Hendry S., Peace A. Annual and Spatial Variation in Coning Shown by the Forest Condition Monitoring Programme Data for Norway Spruce, Sitka Spruce and Scots Pine in Britain. *Forestry*, 2007, vol. 80, iss. 1, pp. 17–28.
32. Holzer K., Schultze U. Die Abhängigkeit des Fiechtенаustriebes vom Fruhjahrensklima. *Osterr. Forstztg.*, 1988, vol. 99, no. 5, pp. 59–60.
33. Lindquist B. *Genetics in Swedish Forestry Practice*. Stockholm, Svenska Skogsvarsforeningens Forlag, 1948. 173 p.
34. Melechow H. Zur Frage der natürlichen Verjüngung der Fichte auf Brandflächen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 1934, no. 56.
35. Münch E. Die Knospentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 1923, no. 11, pp. 241–265.
36. Oršanić M., Drvodelić D., Anić I., Mikac S., Barčić D. Natural Regeneration of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Stands on Northern Velebit. *Periodicum Biologorum*, 2008, vol. 110, no. 2, pp. 173–179.
37. Purkyne E. Über zwei in Mitteleuropa wachsende Fichtenformen. *Forst- und Jagdwesen*, 1877, vol. 14, no. 23, pp. 69–78.
38. Quine C.P. A Preliminary Survey of Regeneration of Sitka Spruce in Wind-Formed Gaps in British Planted Forests. *Forest Ecology and Management*, 2001, vol. 151, iss. 1-3, pp. 37–42.
39. Rohmeder E. Der jahreszeitliche Verlauf des Höhenwachstums früh- und spat treibender Fichten. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 1952, vol. 71, no. 11-12, pp. 369–372.
40. Rohmeder E. Ergebnisse aus züchterischen Bearbeitung der Fichte in Bayern. *Forst- und Holzwirt*, 1963, vol. 18, no. 5, pp. 93–96.
41. Rühl A. Vorläufige Mittelung über das Auftreten rot- und grünzapfiger Fichten in Estland. *Tartu Ülikooli metsaosakonna toimetused*, 1928, no. 12.
42. Schmidt E. Die Reliktföhrenwälder der Alpen. *Beitr. z. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz*, 1936, vol. 21. 190 p.
43. Schneider B., Roeder A. Dynamics of Natural Regeneration of Norway Spruce under Shelters of Old Stands. *Allgemeine Forst-Zeitschrift*, 1993, vol. 48 Extent : v. 57–60 (2).
44. Schweiger J., Sterba H. A Model Describing Natural Regeneration Recruitment of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Austria. *Forest Ecology and Management*, 1997, vol. 97, no. 2, pp. 107–118.
45. Tjoelker M.G., Boratynski A., Wladyslaw B., eds. *Biology and Ecology of Norway Spruce*. Netherlands, Springer Netherlands, 2007, vol. 78. 474 p.

Received on September 06, 2017