

# ЭКОЛОГИЯ

УДК 630\*232.325

В.А. Брынцев, А. Заре  
V.A. Bryntsev, A. Zare

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

### THE OPTIMIZATION OF NITROGEN FERTILIZER APPLICATION IN GROWING SCOTS PINE SEEDLINGS

**Ключевые слова:** фенологические фазы, азотные удобрения, сосна обыкновенная, прирост побега.

**Keywords:** phenological phases, nitrogen fertilizers, Scots pine, shoot growth.

Одним из методов интенсификации выращивания посадочного материала является применение удобрений, в первую очередь азотных, которые широко используются в лесных питомниках при выращивании сеянцев. Оптимизация норм внесения удобрений имеет экономическое и экологическое значение, поскольку позволяет снизить затраты и уменьшить вредное воздействие на природу. Были поставлены опыты по внесению азотных удобрений при выращивании сеянцев сосны обыкновенной в лесном питомнике. В опыте исследовали влияние двух факторов: дозы и сроки внесения удобрений. В опытах использовали три различные дозы внесения азотных удобрений: 180, 110, 40 кг/га по действующему веществу. Все опыты были заложены в трех повторностях с контролем, на делянках 100 на 100 см. Удобрения вносили в соответствии с фенологическими фазами развития сеянцев. Была разработана методика определения фенологических фаз, основанная на методике И.Н. Елагина. Опыты показали, что наибольший эффект применения удобрений дает в фенологической фазе «формирования боковых почек», что в этот период позволило увеличить выход стандартного посадочного материала на второй год выращивания до 100%. При этом эффективность применения азотных удобрений больше зависит от сроков их внесения, чем от применяемых доз. Большая значимость сроков внесения удобрений подтверждена двухфакторным дисперсионным анализом. Применение удобрений с учетом фенологических фаз позволяет уменьшить нормы их внесения. Полученные результаты дают возможность получения агротехнического эффекта при снижении доз азотных удобрений и уменьшения загрязнения окружающей среды.

One of the ways to intensify the cultivation of planting material is the application of nitrogen fertilizers, and they are widely used in forest nurseries in growing seedlings. The optimization of fertilizer application rates is of economic and ecological importance since this allows reducing the costs and reducing a harmful impact on the environment. The experiments on the application of nitrogen fertilizers in growing Scots pine seedlings in the forest nursery were carried out. The effects of two factors were studied: the fertilizer application rate and application dates. Three different nitrogen fertilizer rates were used: 180 kg ha, 110 kg ha and 40 kg ha (based on the active ingredient content). All the experiments were conducted in three replications with the control plots of 100 Ч 100 cm. The fertilizers were applied in accordance with the phenological phases of seedling development. A technique to determine the phenological phases based on I.N. Yelagin method was developed. It was found that the greatest effect of the fertilizer application was achieved at the phenological phase formation of lateral buds formation. The application of fertilizers at this phase allowed increasing the yield of standard planting material on the second year of cultivation up to 100%. The effectiveness of nitrogen fertilizer application is more dependent on the application dates rather than on the rates. The greater significance of fertilizer application dates was confirmed by the two-way analysis of variance. The application of fertilizers taking into account the phenological phases enables to reduce the application rates. The obtained results make it possible to obtain agronomic effect while reducing nitrogen fertilizer application rates and environmental pollution.

**Брынцев Владимир Альбертович**, д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой селекции, генетики и дендрологии, ФГБОУ ВПО Московский государственный университет леса. E-mail: bryntsev@mail.ru.

**Заре Алиреза**, Исследовательский центр сельскохозяйственных и природных ресурсов, г. Мешхед, Иран. E-mail: alireza1103@yahoo.com.

**Bryntsev Vladimir Albertovich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of Selective Breeding, Genetics and Dendrology, Moscow State Forest University, Moscow Region. E-mail: bryntsev@mail.ru.

**Zare Alireza**, Research Center of Agricultural and Natural Resources, Mashhad, Iran. E-mail: alireza1103@yahoo.com.

### Введение

Одним из методов интенсификации выращивания посадочного материала является применение удобрений, в первую очередь азотных, которые широко используются в лесных питомниках при выращивании сеянцев. Однако использование удобрений может отрицательно воздействовать на окружающую среду. Например, азотные удобрения, особенно нитраты, могут загрязнять грунтовые воды. При сильных дождях азот из почвы попадает в реки, загрязняя их. При этом сами удобрения расходуется крайне неэффективно [1]. По причине загрязнения азотными удобрениями в водоемах сильно разрастаются водоросли. Их разложение ведет к уменьшению в воде кислорода, гибели живых организмов, появлению неприятного запаха воды. Повышение количества нитратов в питьевой воде сопровождается уменьшением гемоглобина в крови, соответственно, различными серьезными болезнями человека [2]. Поэтому снижение доз азотных удобрений, их эффективное использование имеет как экономическое, так и экологическое значение.

В природе, как правило, количественные проявления роста всегда сопровождаются более или менее глубокими качественными изменениями формы, строения, физико-химического состава организма и его частей. Изучение биологии роста и развития посадочного материала в лесных питомниках стало настоящей необходимостью [3-5]. Морфогенез соединяет в себе две составляющие – влияние внешних условий и внутреннего развития, а его изучение, в практическом плане, дает материал как для агротехники выращивания, так и для селекции [6-8]. Например, проблему сроков и доз внесения удобрений в питомниках нельзя решить без знаний особенности морфогенеза культивируемых видов в конкретных условиях выращивания. При разработке системы внесения минеральных подкормок нецелесообразно устанавливать жесткие календарные сроки, их необходимо координировать со временем проявления наиболее характерных морфологических признаков, связанных с соответствующими периодами развития растений, поскольку агротехнические воздействия, в частности применение удобрений, влияет как на рост, так и на развитие растений [9].

Обычно применение азотных удобрений приходится на начало сезона роста сеянцев, они редко применяются в конце сезона [10]. Это связано с тем, что в это время азот наиболее сильно влияет на растяжение побегов. Применение удобрения в конце сезона роста увеличивает содержание питательных веществ у растения, но слабо влияет на размеры сеянцев [11, 12].

Однако у сосны обыкновенной побег является преформированным, к концу вегетационного периода в почке полностью закладывается структура побега следующего года. Формирование почек у сосен начинается после растяжения годичного побега. Влияния агротехнических мероприятий в период закладки почек может отражаться на росте и структуре побегов следующего года. Влияние внешних воздействий в определенные, как правило, очень короткие сроки может привести к значительным морфологическим и физиологическим изменениям из-за перехода к другой программе развития. Так, влияние внешних условий в год закладки почек у ели европейской определяет формирование зачатков вегетативных или репродуктивных побегов [13].

Таким образом, определение фенологических фаз, при которых применение удобрений наиболее эффективно, решает ряд теоретических и практических задач. Для теории важно, что агротехника выращивания начинает ориентироваться на онтогенез растений, его глубинные биологические особенности. Практически же это дает возможность снизить нормы внесения удобрений, уменьшив тем самым финансовые расходы и антропогенную нагрузку на природу.

### Методика и объекты исследования

Исследования проводились в питомнике Сергиево-Посадского лесхоза Московской области. Механический состав почв посевого отделения питомника среднесуглинистый, степень кислотности – нейтральная, pH –  $6,8 \pm 0,1$ . Почва богатая, среднее содержание подвижного калия в пахотном горизонте  $11,47 \pm 0,13$  мг/100 г почв; содержание подвижного фосфора –  $24 \pm 0,04$  мг/100 г почв; содержание азота –  $44 \pm 2$  мг/100 г почв и почва содержит 4% гумуса. Среднегодовое количество осадков – 350 и 328 мм, среднемесячная температура воздуха в вегетационный период  $14^\circ\text{C}$  и  $11,2^\circ\text{C}$ , соответственно, на второй и третий годы выращивания сеянцев.

В опыте исследовали влияние двух факторов: дозы и сроки внесения удобрений. В опытах с внекорневыми подкормками использовали три различные дозы внесения азотных удобрений: 180, 110, 40 кг/га по действующему веществу. Все опыты были заложены в трех повторностях с контролем, на делянках 100 на 100 см. Всего исследовано 1080 шт. сеянцев.

Статистическую обработку материала проводили с помощью программы Microsoft Excel. Также был проведен двухфакторный дисперсионный анализ оценки существенности разности выборочных средних, диаметра корневой шейки и прироста побега на 95%-ном уровне достоверности.

*Фенологические фазы 2-летних сеянцев сосны обыкновенной*

Обозначение фенофазы	Фенологическая фаза	Признаки для выделения фенологической фазы
Пб <sub>0</sub>	Зимнего покоя	Все органы растения в состоянии зимнего покоя
Пб <sub>1</sub>	Роста побега	Начало роста побег в результате растяжения междоузлий и в результате растяжения апикальной почки (если она у сеянцев есть)
Хв <sub>1</sub>	Обособления хвоинок в чехлики	Видны пучки хвои, заключенные в пленочные чешуи
Хв <sub>2</sub>	Прерывания хвоинками чехликов	Разрывание пленочного колпачка, покрывающего брахибласты
Пб <sub>2</sub>	Окончания роста побега	Начало фазы формирования апикальной почки
Пч <sub>1</sub>	Формирования апикальной почки	На вершине побега формируется острая почка имеющая вид конуса
Пч <sub>2</sub>	Формирования боковых почек	Рядом с апикальной почкой обособляются боковые почки
Пб <sub>3</sub>	Роста Иванова побега	Появление Иванова побега из апикальной почки
Пч <sub>3</sub>	Формирования почек брахибластов	Формирование почек брахибластов
Пб <sub>4</sub>	Окончания роста	Остановка роста всех надземных органов, почки принимают зимнюю форму

Фенологические фазы определялись по разработанной авторами методике, основанной на методике И.Н. Елагина [14] (табл. 1).

**Результаты и обсуждение**

Влияние применения удобрений на 2-летние сеянцы показано на рисунке 1.

Применение удобрений во 2-й год выращивания показало, что их внесение в фазе «формирования боковых почек и роста Иванова побега Пч<sub>2</sub>-Пб<sub>3</sub>» увеличило прирост на 70% от контроля (рис. 1). Применение удобрения в варианте N110 Пч<sub>2</sub>-Пб<sub>3</sub> увеличивает диаметр корневой шейки более чем на 40%, в отличие от контроля. Применение удобрения повлияло на выход стандартного посадочного материала 2-летних сеянцев сосны обыкновенной. В контроле было только 87% стандартных сеянцев. Применение удобрений в фазе формирования боковых почек и роста Иванова побега у 2-летних сеянцев (Пч<sub>2</sub>-Пб<sub>3</sub>) во всех дозах позволило увеличить выход стандартного посадочного материала до 100%.

Влияние применения удобрений во втором сезоне роста на прирост, диаметр корневой шейки 3-летних сеянцев сосны показано на рисунке 2.

В варианте N110 Пч<sub>2</sub>-Пб<sub>3</sub> прирост увеличился на 33% по сравнению с контролем. В варианте N40 Пч<sub>2</sub>-Пб<sub>3</sub> прирост диаметра корневой шейки увеличился 50% по сравнению с контролем.

Данные дисперсионного анализа влияния сроков и доз применения удобрений представлены в таблице 2.

Полученные результаты показывают, что эффективность применения удобрений

зависит не столько от дозы удобрения, сколько от времени его внесения. Двухфакторный дисперсионный анализ влияния факторов доз и сроков внесения удобрения показал, что коэффициент детерминации сроков применения удобрений достоверно (на 5%-ном уровне) и значительно влияет на прирост двух- и трехлетних сеянцев.

**Выводы**

Результаты сравнения контрольных и опытных вариантов показали, что азотные удобрения оказывают значительное влияние на рост и морфологию сеянцев, при этом сроки внесения удобрений оказывают большее влияние, чем дозы их внесения. Примененные в соответствующие фенологические фазы низкие дозы удобрений позволяют получить не меньший эффект, чем при максимальных дозах. Таким образом, полученные результаты указывают на возможность получения агротехнического эффекта при снижении доз азотных удобрений и уменьшении загрязнения окружающей среды.

Следует учитывать, что у сосны обыкновенной побег является переформированным, поэтому все метамеры закладываются в почке в год, предыдущий росту побега. Учет этих особенностей морфогенеза позволяет подобрать сроки внесения удобрений, которые будут оказывать значительное влияние на рост растений в следующем году.

Для увеличения выхода стандартного посадочного материала и улучшения роста сеянцев рекомендуется для сосны обыкновенной на 2-й год выращивания вносить подкормки в фазе «формирования боковых почек» и «роста Иванова побега» (Пч<sub>2</sub>-Пб<sub>3</sub>).

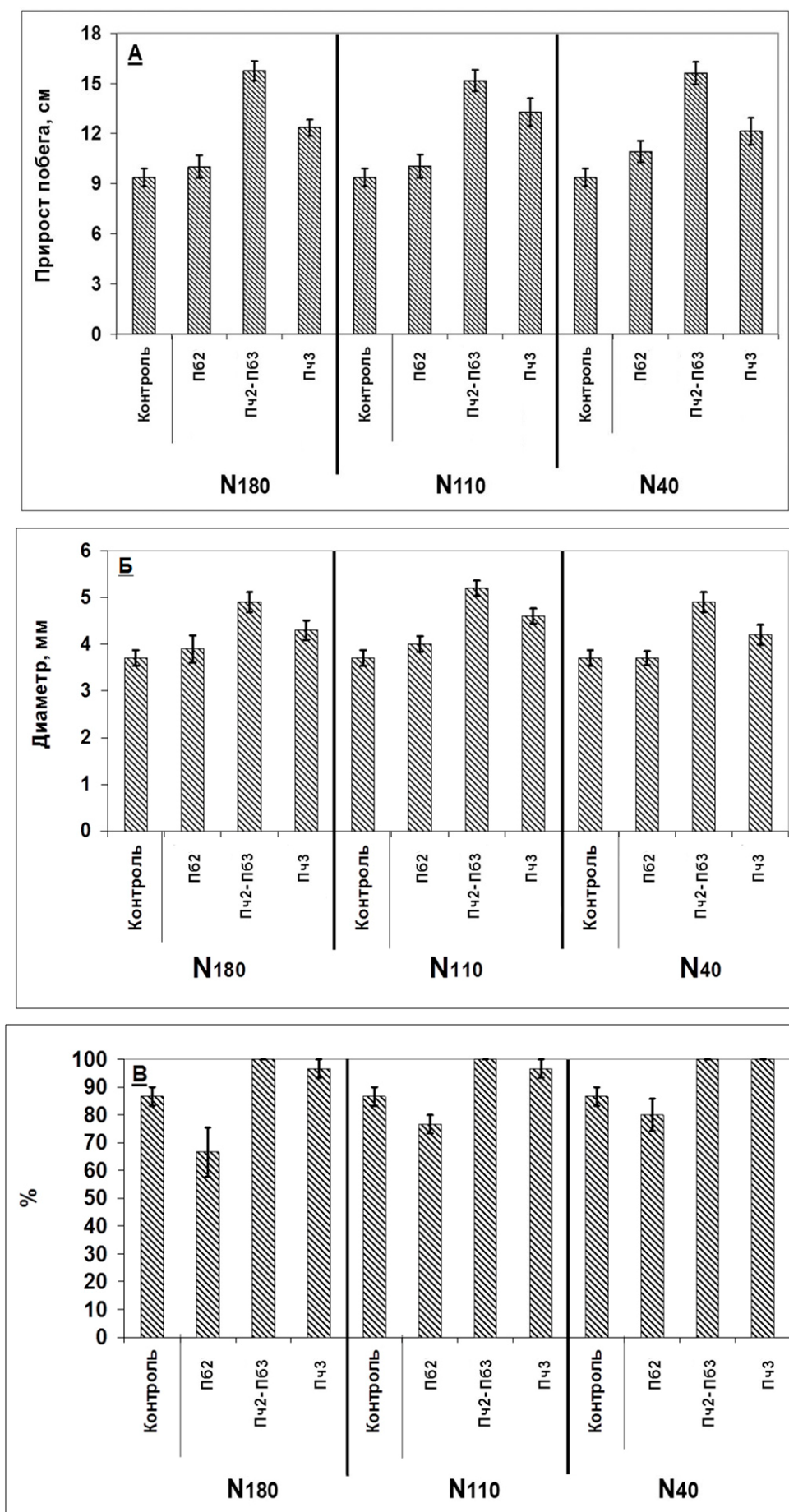


Рис. 1. Влияние применения удобрений во второй год выращивания на прирост побега (А), диаметр корневой шейки (Б) и процент выхода стандартных 2-летних сеянцев (В)

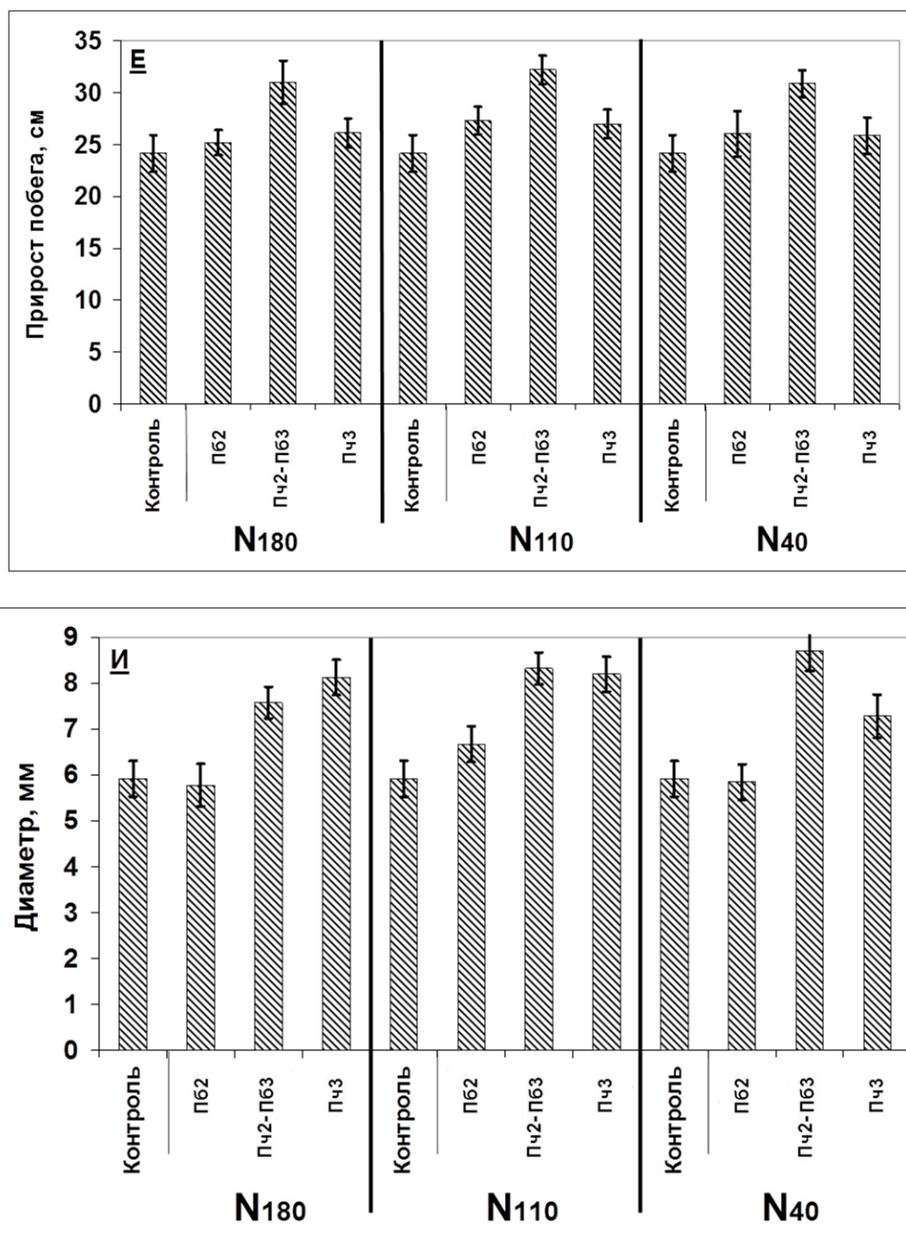


Рис. 2. Влияние применения удобрений во второй год выращивания на прирост побега (Е) и диаметр корневой шейки (И) у 3-летних сеянцев

Таблица 2  
Двухфакторный дисперсионный анализ влияния доз и сроков применения азотных удобрений на 2-й год выращивания сеянцев сосны обыкновенной

Признаки	Год влияния	Коэффициент детерминации, %		Критерий достоверности			
				доз удобрений		сроков применения	
		доз удобрений	сроков применения	F <sub>опыт</sub>	F <sub>0,05</sub>	F <sub>опыт</sub>	F <sub>0,05</sub>
Прирост	2-й год	0	47	0,01	3,55	8,17	3,55
	3-й год	3	36	0,45	3,55	5,33	3,55
Наличие Иванова побега	2-й год	9	41	7,00	3,55	8,46	3,55

**Библиографический список**

1. Wellburn A. Air Pollution and Climate Change: The Biological Impact. Longman, 1994. 286 p.
2. Haridian F.C. The protection and conservation of water resources. John Wiley & Sons, 1998. 354 p.
3. Редько Г.И., Огиевский Д.В., Наквасина Е.Н., Романов Е.М. Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 64 с.
4. Романов Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологические и агротехнологические аспекты. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 500 с.
5. Коженкова А.А., Захарова М.И. Особенности роста посадочного материала сосны обыкновенной в лесных питомниках Смоленско-Московской возвышенности // Вестник Московского гос. ун-та леса. – 2015. – № 6. – С. 34-37.
6. Сабинин Д.А. Физиология развития растений. – М.: Наука, 1963. – 197 с.
7. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М.: Советская наука, 1952. – 390 с.
8. Брынцев В.А. Особенности расположения метамеров у побегов сосны обыкновенной и кедра сибирского // Лесоведение. – М., 1996. – № 6. – С. 62-66
9. Брынцев В.А., Заре А. Значение фенологических фаз при выращивании сеянцев сосны обыкновенной // Вестник Московского гос. ун-та леса. – 2007. – № 1. – С. 39-42.
10. Sung S.S., Black C.C., Konnanik T.L., et al. A nitrogen fertilization and the biology of Pinus taeda seedling development // Can. J. For. Res. – 1997. – Vol. 27. – P. 1406-1412.
11. van den Driessche R. Late-Season Fertilization, Mineral Nutrient Reserves, and Retranslocation in Planted Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) Seedlings // For. Sci. – 1985. – Vol. 31 (2). – P. 485-496.
12. van den Driessche R. Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities and application time, and their forest growth // Can. J. For. Res. – 1988. – Vol. 18 (2). – P. 172-180.
13. Мерзленко М.Д., Брынцев В.А. Особенности семеношения ели европейской (*Picea abies* L.) в Северном Подмосковье // Экология. – 2000. – № 5. – С. 333-337.
14. Елагин И.Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных // Ботанический журн. – 1961. – Т. 46. – № 7. – С. 984-992.

**References**

1. Wellburn A. Air Pollution and Climate Change: The Biological Impact. Longman, 1994. 286 p.
2. Haridian F.C. The protection and conservation of water resources. John Wiley & Sons, 1998. 354 p.
3. Red'ko G.I., Ogjevskii D.V., Nakvasina E.N., Romanov E.M. Bioekologicheskie osnovy vyrashchivaniya seyantsev sosny i eli v pitomnikakh. – M.: Lesn. prom-st', 1983. – 64 s.
4. Romanov E.M. Vyrashchivanie seyantsev drevesnykh rastenii: bioekologicheskie i agrotekhnologicheskie aspekty. – Ioshkar-Ola: MarGTU, 2000. – 500 s.
5. Kozhenkova A.A., Zakharova M.I. Osobennosti rosta posadochnogo materiala sosny obyknovnoy v lesnykh pitomnikakh Smolensko-Moskovskoy vozvyshennosti // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoi vestnik. – 2015. – № 6. – S. 34-37.
6. Sabinin D.A. Fiziologiya razvitiya rastenii. – M.: Nauka, 1963. – 197 s.
7. Serebryakov I.G. Morfologiya vegetativnykh organov vysshikh rastenii. – M.: Sovetskaya nauka, 1952. – 390 s.
8. Bryntsev V.A. Osobennosti raspolozheniya metamerov u pobegov sosny obyknovnoy i kedra sibirskogo // Lesovedenie. – 1996. – № 6. – S. 62-66.
9. Bryntsev V.A., Zare A. Znachenie fenologicheskikh faz pri vyrashchivanii seyantsev sosny obyknovnoy. // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoi vestnik. – 2007. – № 1. – S. 39-42.
10. Sung S.S., Black C.C., Konnanik T.L., et al. A nitrogen fertilization and the biology of Pinus taeda seedling development // Can. J. For. Res. – 1997. – Vol. 27. – P. 1406-1412.
11. van den Driessche R. Late-Season Fertilization, Mineral Nutrient Reserves, and Retranslocation in Planted Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) Seedlings // For. Sci. – 1985. – Vol. 31 (2). – P. 485-496.
12. van den Driessche R. Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities and application time, and their forest growth // Can. J. For. Res. – 1988. – Vol. 18 (2). – P. 172-180.
13. Merzlenko M.D., Bryntsev V.A. Osobennosti semenosheniya eli evropeiskoi (*Picea abies* L.) v Severnom Podmoskov'e // Ekologiya. – 2000. – № 5. – S. 333-337.
14. Elagin I.N. Metodika opredeleniya fenologicheskikh faz u khvoynykh // Botan. zhurn. – 1961. – T. 46. – №.7. – S. 984-992.

