

Влияние пестицидов на морфологию сеянцев сосны в лесных питомниках: прошлое и настоящее

Светлана Карленовна Стеценко [✉], к.б.н., с.н.с., e-mail: stets_s@mail.ru, ORCID 0000-0002-4885-3817

Геннадий Григорьевич Терехов, д.с.-х.н., в.н.с., ORCID 0000-0002-2312-9224

Елена Михайловна Андреева, к.б.н., с.н.с., ORCID 0000-0003-2651-2541

лаборатория лесовосстановления, защиты леса и лесопользования –
ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, e-mail: common@botgard.uran.ru.
620144, ул. 8 Марта, 202а, г. Екатеринбург, Россия

Включение химического метода ухода за посевами сосны обыкновенной в лесных питомниках Свердловской области произошло с начала 70-х годов прошлого столетия и продолжается до настоящего времени. Одним из последствий этого стал тератогенез 2-летних сеянцев сосны, выразившийся в снижении ростовых параметров и отклонениях морфологического строения стволика от нормального фенотипа. Впервые проведен мониторинг морфологического состояния сосны в лесных питомниках спустя более чем 20-летний период, прошедший с начала изучения воздействия пестицидов на сосну на начальном этапе ее онтогенеза. Целью работы был анализ того, как изменялся список применяемых пестицидов для защиты и ухода за посевами в лесных питомниках и оценка возможного влияния этих изменений на соотношение фенотипов сеянцев в посадочном материале сосны. Изучение проблемы основывалось на ведомственных материалах, предоставленных Департаментом лесного хозяйства, а также многолетнем мониторинге состояния сеянцев сосны в лесных питомниках Свердловской области. Данные по распределению 2-летних сеянцев сосны на морфологические группы, полученные в 90-е годы, показали, что количество нормальных сеянцев в разные годы колебалось от 0 до 37 %. Мониторинг посевов сосны, проведенный почти через 30-летний срок выявил, что количество нормальных сеянцев выше – от 28 до 83 %. Вероятной причиной снижения числа тератоморфных сеянцев является появление новых препаратов, заменивших предыдущие соединения, и имеющие свои особенности воздействия на культурные растения. В практическом плане, результаты мониторинга изменения количества сеянцев сосны нормального фенотипа в условиях пестицидного загрязнения почвы агроценоза в зависимости от климатических условий вегетационного сезона, можно использовать при прогнозировании качества получаемого посадочного материала сосны обыкновенной.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сеянцы, лесные питомники, пестициды.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН (AAAA-A17-117072810009-8).

Поступила в редакцию: 18.07.2022

Принята к печати: 29.08.2022

Рекультивация методами лесовосстановления нарушенных лесных земель должна осуществляться высококачественным посадочным материалом, обладающим высоким потенциалом приживаемости и роста. Посадка культур сеянцами в Свердловской области, пришедшая на смену прежде используемому способу восстановления леса – посеву, привела к резкому увеличению объемов лесокультурных работ в 60-х годах прошлого века [6]. В это же время активно создавались и развивались базисные лесные питомники, которые обеспечивали лесовосстановительные мероприятия необходимым количеством посадочного материала. С начала 70-х годов, когда объемы выращивания посадочного материала резко возросли, и в питомниках стали внедрять химический способ ухода за посевами. Систематическое применение химических уходов в посевных отделениях постоянных лесных питомников привело к накоплению в почве остаточных количеств пестицидов и, вследствие этого, к появлению негативных эффек-

тов в отношении культивируемых растений. Примером этого является тератогенез сеянцев сосны обыкновенной, который выражается в наличии большого количества растений с нарушениями морфологического облика [4], сопровождающимся изменением физиолого-биохимических свойств, что впоследствии становится причиной снижения их жизнеспособности в лесных культурах [5].

Изучение тератогенеза сосны проводилось с 1980-90-х годов под руководством Заслуженного лесовода России, д.-с.-х. наук, вед. н. с. И.А. Фрейберг. Были выполнены многочисленные обследования лесных питомников и культур в разных районах Урала, ставились мелкоделяночные опыты, и проводилась экспериментальная работа в лаборатории. Поскольку проблема воздействия пестицидов на хвойные породы деревьев изучается много лет, появилась возможность изучить тенденции в развитии химического метода защиты сеянцев в лесных питомниках Свердловской области почти за 30-летний период.

Была поставлена цель работы – сравнить, как применяли химические средства ухода за сеянцами и последствия их влияния в начале научных исследований вопроса, и какова современная обстановка в лесных питомниках, связанная с воздействием пестицидов на сеянцы сосны.

Задачи исследования: 1) показать, что изменилось в схеме выращивания посадочного материала с применением химических средств защиты растений в лесных питомниках Свердловской области за 26-летний срок, начиная с 80-90-х годов прошлого века; 2) сравнить морфологическое состояние сеянцев сосны в лесных питомниках в 90-е годы и за период с 2008 по 2013 гг.

Методы исследования. Сравнительный анализ состава пестицидов, использовавшихся для выращивания посадочного материала, проводился на основе сведений, представленных в Справочнике по лесным питомникам [2], Наставлениям по выращиванию посадочного материала... [1] и ведомственным материалам, предоставленным Департаментом лесного хозяйства по Свердловской области.

Мониторинг морфологического состояния сеянцев сосны в связи с применением химических уходов в производственных лесных питомниках проводился сотрудниками отдела Лесоведения Ботанического сада РАН. Двухлетние сеянцы сосны отбирали по диагонали поля с 20-сантиметрового участка посевной ленты. Общий образец сеянцев сосны разбирали на морфологические группы согласно критериям, разработанным для выделения фенотипов сосны, сформированных под влиянием пестицидов [4].

Результаты и обсуждение. В настоящее время в России зарегистрировано около 800 наименований пестицидных препаратов, представляющих собой как химические вещества и их смеси, так и препараты биологического действия на основе штаммов микроорганизмов, грибов и др. В основе этих препаратов заложено около 220 пестицидов, причем в последующем этот перечень растет [3]. Мониторинг пестицидов в России проводят различные ведомства: санитарно-эпидемиологическая служба; Министерство природных ресурсов, и в нем система Росгидромета. В 2020 году выборочно обследовано около 31,1 тыс. га на территории 39 субъектов Российской Федерации. Почва, загрязненная остаточными количествами пестицидов, выявлена на 1,2% обследованных площадей весной и 2,1% осенью. Загрязненные почвы обнаружены на территории 12 субъектов.

При этом отслеживание происходит примерно по 16 «особо опасным» пестицидам. В то же время хозяйства переходят на другие виды препаратов, которые пока не имеют ярко выраженной отрицательной репутации. Так, 2,4-Д входит в список отслеживаемых пестицидов, а глифосат, который активно используется в лесных питомниках, нет. Хотя в литературе встречаются данные о его нега-

тивном влиянии на организмы [8].

В период начала исследований по проблеме воздействия пестицидов на сеянцы в лесных питомниках (примерно с 1987 г.) применялся следующий набор пестицидов. Для уничтожения сорной травянистой растительности в паровых полях в основном применялись гербициды 2,4-Д и далапон. Для уничтожения всходов сорняков до- и после всходовой обработки посевов широко использовались симазин и значительно реже атразин. Предпосевная обработка семян включала применение фунгицидов: ТМТД и фундазол (беномил). Борьба с фитозаболеваниями осуществлялась 1-2-кратной (в каждый год выращивания) обработкой посевов сосны водными суспензиями фунгицидов ТМТД, фундазол и байлетон. Следует учесть также, что в период 2- или 3-летнего выращивания сеянцев вносят большое количество минеральных удобрений на химической основе в те же самые посевные поля. Органические удобрения почти не вносят, сидеральный пар применяют крайне редко. Срок между посевами сокращен. Таким образом, одни и те же посевные поля ежегодно получают значительное количество различных химических веществ (пестицидов).

Данные по распределению 2-летних сеянцев сосны на морфологические группы, полученные в 90-е годы, показывают (табл. 1), что более половины сеянцев сосны в посевах имели тератоморфный облик, вызванный отрицательным воздействием пестицидов, а количество нормальных сеянцев в разные годы колебалось от 0 до 37 %. На Сысертской семеноводческой станции (контрольный объект), где усиленные химические уходы не применялись, количество нормальных сеянцев в 1987 г. составило 95 %.

Сведения о проведении мероприятий по химическому уходу в лесных питомниках Свердловской области с 2009 по 2011 год показали, что список пестицидов немного расширился, в то же время некоторые препараты были исключены из данного перечня. Появились такие препараты как раундап, ураган, анкор, гоал, глифос, привент, фюзиланд, зеллек-супер и др. Обработки посевных полей питомников пестицидами происходят систематически, и более того, объем примененных препаратов увеличивается с каждым годом, несмотря на экономические трудности в лесных хозяйствах. Мониторинг морфологического состояния производственных посевов сосны в некоторых питомниках Свердловской области с 2008 по 2013 год, проведенный сотрудниками лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования Ботанического сада УрО РАН, показал, что количество нормальных сеянцев в разные годы колебалось от 28 до 83 % (табл.2). Некоторое снижение числа тератоморфных сеянцев относительно предыдущего временного периода, вероятнее всего, связано с изменением ассортимента пестицидов.

Таблица 1 – Распределение семян сосны обыкновенной в лесных питомниках Свердловской области по морфологическим группам с 1987 по 1994 год
(по данным лаборатории лесовосстановления; рук. темы д.с.-х.н., И.А. Фрейберг [4])

Лесной питомник	Год	Нормальные семена, %	Тератоморфные семена, %		
			условно нормальные	аномальные	всего
Бисертский	1989	37	14	49	63
Полевской	1989	0	48	52	100
Невьянский	1989	34	54	12	66
Первоуральский	1987	0	82	18	100
	1992	27	36	37	73
	1994	13	61	26	87
Сухоложский	1987	0	52	48	100
	1988	7	18	75	93
	1992	11	25	64	89
	1994	16	59	25	84
Уралмашевский	1992	37	49	14	63
	1994	15	75	10	85
Верхне-Сысертский	1994	0	56	44	100
Сысертская производственная семеноводческая станция	1987	95	0	5	5

Таблица 2 – Распределение 2-летних семян сосны обыкновенной по морфологическим группам в лесных питомниках Свердловской области с 2008 по 2013 год

Лесной питомник	Год	Нормальные семена, %	Тератоморфные семена, %		
			условно нормальные	аномальные	всего
Березовский	2008	75	4	21	25
	2009	29	39	32	71
	2010	32	30	38	68
	2011	33	32	35	67
	2012	62	18	20	38
	2013	41	37	22	59
Бардымский, Нижние Серги	2009	0	48	52	100
Первоуральский	2011	40	50	10	60
Невьянский	2011	83	12	5	17
	2012	28	63	9	72
	2013	55	25	20	45
Балтымский (бывший Уралмашевский)	2012	40	48	12	60
	2013	47	30	23	53

Если бы присутствие в посевах растений с нарушениями морфологического облика объяснялось только неизбежным наличием естественных мутаций, то количество семян с отклонениями было бы более-менее постоянно, и такой флуктуации количества нормальных и тератоморфных семян по годам не наблюдалось. Таким образом,

такое колебание в количестве семян по морфологическим группам можно объяснить только действием внешних факторов. В данном случае, как показали исследования, наличие отклонений в развитии семян обусловлены действием пестицидов [4]. Кроме того, из литературных данных известно, что пестициды, попадая в почву, адсор-

бируются на почвенно-поглощающий комплекс [7, 10]. А в некоторых случаях при изменении климатических условий, чаще всего – это увеличение влажности почвы, пестициды могут более активно переходить в почвенный раствор и увеличивать свои шансы проникновения в растения, и далее оказывать негативное влияние на них [8, 9]. Специальное изучение вопроса о взаимосвязи между количеством осадков в течение вегетационного периода (с мая по август) и выходом семян нор-

мального фенотипа с 2008 по 2013 год в производственных посевах сосны в Березовском лесном питомнике показало, что в большинстве случаев уменьшение количества осадков сопровождается повышением выхода 2-летних сеянцев нормально-го фенотипа (Рис.). Объясняется это тем, что в сухую погоду пестициды теряют свою подвижность в почве, а значит меньше попадают в растения, и негативный их эффект снижается – сеянцы сохраняют нормальную морфологию.

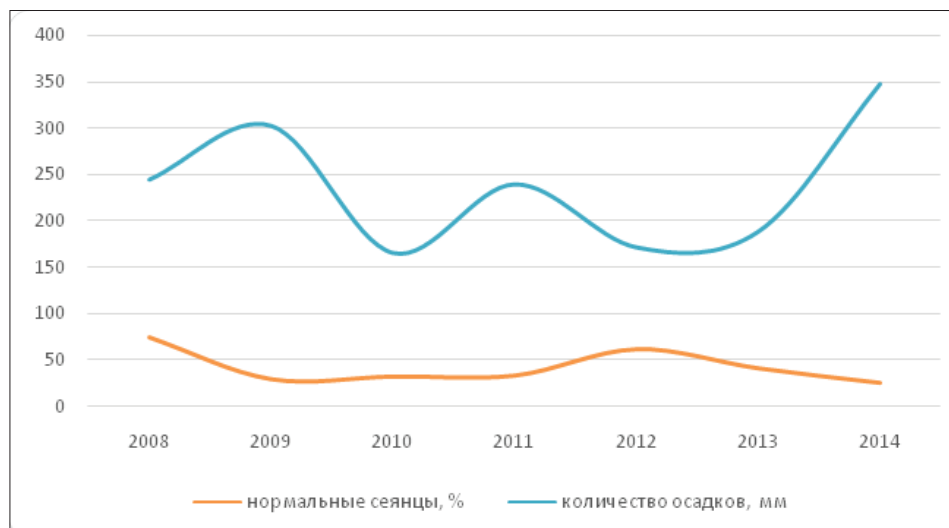


Рисунок. Количество выпавших осадков в течение вегетационного периода (май-август) и выход сеянцев нормального фенотипа в Березовском лесном питомнике (Метеоданные с метеостанции Екатеринбург, Россия, WMO_ID=28440; rp5.ru)

Выводы:

1. Применение химического способа защиты растений в нашей стране в аграрных и лесных хозяйствах продолжается, поскольку альтернативного варианта эффективного ухода за растительной продукцией еще не разработано.

2. Применение пестицидов в питомниках Свердловской области происходит ежегодно при проведении всех видов ухода за сеянцами (борьба с сорной растительностью, защита от болезней и др.). Список используемых пестицидов обновляется с разработкой новых препаратов.

3. Количество нормальных и тератоморфных (вследствие отрицательного влияния пестицидов) сеянцев сосны в производственных посевах отличается значительными колебаниями, что, предположительно, связано с количеством влаги (атмосферных осадков), поступающей в почву в течение вегетационного периода, которая обуславливает в свою очередь подвижность пестицидов и их способность воздействовать на растения.

Литература:

1. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках Уральского региона. М.: ВНИИЦлесресурс. 1998. 172 с.

2. Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам // Лесная промышленность.

1983. 280 с.

3. Состояние загрязнения пестицидами объектов природной среды Российской Федерации в 2020 году. Ежегодник. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». 2021. 88 с.

4. Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К. Модификационная изменчивость сосны обыкновенной в условиях пестицидного загрязнения / Екатеринбург: УрО РАН. 2004. 76 с.

5. Фрейберг И.А., Стеценко С.К. Физиолого-биохимические отклики сосны на действие пестицидов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 11 (85). С. 36-39.

6. Чернов Н.Н. Краткая история лесокультурного дела на Урале. Учебное пособие. Екатеринбург: УГЛТА, 1995. 78 с.

7. Шушкова Т.В., Васильева Г.К., Ермакова И.Т., Леонтьевский А.А. Сорбция глифосата и его микробная деградация в почвенных суспензиях // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 6. С. 664-669.

8. Cox C. Glyphosate (Roundap). *J. Pesticide Reform*. 1998. Vol. 18(3). pp. 3-16.

9. Eberbach P.L. Applying non-steady-state compartmental analysis to investigate the simultaneous degradation of soluble and sorbed glyphosate (N-(phosphonomethyl)glycine) in four soils. *Pesticide science*. 1998. Vol. 52(3). pp. 229-240.

10. Rampoldi E.A. Hang S., Barriuso E. The fate of glyphosate in crop residues. *Soil Science Society of America Journal*. 2010. Vol. 75. No. 2. pp. 553-559.

The Influence of Pesticides on the Pine Seedlings Morphology in Forest Nurseries: Past and Present

Svetlana K. Stetsenko✉, K.B.N., Senior Researcher, e-mail: stets_s@mail.ru, ORCID0000-0002-4885-3817

Gennadii G. Terekhov, D.S-Kh.N., Leading Researcher, ORCID 0000-0002-2312-9224,

Elena M. Andreeva, K.B.N., Senior Researcher, ORCID 0000-0003-2651-2541,

Laboratory of Reforestation, Forest Protection and Forest Management

Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences, e-mail: common@botgard.uran.ru,

620144, 8 Marta str., 202a, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The inclusion of the chemical method of caring for the scots pine crops in the forest nurseries of the Sverdlovsk region has occurred since the early 70s of the last century and continues to the present. One of the consequences was the teratogenesis of 2-year-old pine seedlings, which resulted in a decrease in growth parameters and deviations of the stem morphological structure from the normal phenotype. For the first time, the morphological state of pine in forest nurseries was monitored after more than 20 years, which has passed since the beginning of the effects of pesticides on pine study at the initial stage of its ontogenesis. The aim of the work was to analyze how the list of pesticides used to protect and care for crops in forest nurseries changed and to assess the possible impact of these changes on the seedlings phenotypes ratio in pine planting material. The study of the problem was based on departmental materials provided by the Forestry Department, as well as long-term monitoring of the pine seedlings condition in forest nurseries of the Sverdlovsk region. Data on the division of 2-year-old pine seedlings into morphological groups obtained in the 90s showed that the number of normal seedlings in different years ranged from 0 to 37%. Monitoring of pine crops carried out after almost 30 years revealed that the number of normal seedlings is higher – from 28 to 83%. The probable reason for the decrease in the number of teratomorphic seedlings is the appearance of new drugs that have replaced the previous compounds and have their own characteristics of impact on cultivated plants. In practical terms, the results of changes in the number of pine seedlings of normal phenotype monitoring in pesticide contamination of the soil in the agrocenosis conditions, depending on the climatic conditions of the growing season, can be used to predict the resulting planting material of the common pine quality.

Keywords: Scots pine, seedlings, forest nurseries, pesticides

The work was carried out within the framework of the State Task for the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (AAAA17-117072810009-8).

Received: 18.07.2022

Accepted: 29.08.2022

Translation of Russian References:

1. *Nastavlenie po vyrashchivaniyu posadochnogo materiala drevesnykh i kustarnikovykh porod v lesnykh pitomnikakh Ural'skogo regiona* [Instruction on growing planting material of tree and shrub species in forest nurseries of the Ural region]. Moscow. All-Russian Scientific Research Information Center «Lesresurs» Publ. house. 1998. 172 p.

2. Novosel'tseva A.I., Smirnov N.A. *Spravochnik po lesnym pitomnikom* [Handbook of forest nurseries]. *Lesnaya promyshlennost'* [Forest industry]. 1983. 280 p.

3. *Sostoyanie zagryazneniya pestitsidami ob'ektov prirodnoy sredy Rossijskoj federatsii v 2020 godu* [The state of pesticide pollution of the natural environment of the Russian Federation in 2020]. Yearbook. Obninsk. RPA «Typhoon» Publ. house. 2021. 88 c.

4. Frejberg I.A., Ermakova M.V., Stetsenko S.K. *Modifikatsionnaya izmenchivost' sosny obyknovnoy v usloviyakh pestitsidnogo zagryazneniya* [Modification variability of scots pine under conditions of pesticide contamination]. Ekaterinburg. Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ. house. 2004. 76 p.

5. Frejberg I.A., Stetsenko S.K. *Fiziologo-biokhicheskie otkliki sosny na dejstvie pestitsidov* [Physiological and biochemical responses of pine to the action of pesticides]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2011. 11 (85). pp. 36-39.

6. Chernov N.N. *Kratkaya istoriya lesokul'turnogo dela na Urale* [A brief history of forestry and cultural affair in the Urals] Study guide. Ekaterinburg, USFEU Publ. house. 1995. 78 p.

7. Shushkova T.V., Vasil'eva G.K., Ermakova I.T., Leont'evskij A.A. *Sorbtsiya glifosata i ego mikrobnaya degradatsiya v pochvennykh suspenziyakh* [Sorption of glyphosate and its microbial decomposition in soil suspensions]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied biochemistry and microbiology]. 2009. T. 45. 6. pp. 664-669.

Цитирование. Стеценко С.К., Терехов Г.Г., Андреева Е.М. Влияние пестицидов на морфологию семян сосны в лесных питомниках: прошлое и настоящее // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 65-69. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.009.65-69

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Stetsenko S.K., Terekhov G.G., Andreeva E.M. The Influence of Pesticides on the Pine Seedlings Morphology in Forest Nurseries: Past and Present. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 65-69. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.009.65-69

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.