

О РЕГЛАМЕНТЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА И ПЕСТИЦИДОВ В ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ

**С.К. Стеценко, Е.М. Андреева, Г.Г. Терехов, Т.В. Хуршкainen,
А.В. Кучин**

**Ботанический сад Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург,
Институт химии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар**

Приведены результаты изучения влияния стимуляторов роста Вэрва и Вэрва-ель на ростовые качества сеянцев сосны обыкновенной, выращиваемых в условиях предпосевной подготовки почвы с применением гербицида раундап (глифосат). Необходимость представленных экспериментов связана с установлением эффекта совместного воздействия новых ростостимулирующих препаратов и традиционно применяемых в лесных хозяйствах пестицидов на древесные растения. Показано, что в лабораторных условиях одновременное присутствие гербицида раундап в среде роста (агар-агар) и обработка семян стимуляторами роста Вэрва и Вэрва-ель приводит к торможению роста двухнедельных проростков сосны вследствие уменьшения размеров корешков. В мелкоделяночном полевом опыте установлено увеличение высоты стволика в вариантах с использованием стимуляторов относительно этого показателя в варианте, где сосна выращивалась только с применением раундапа.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сеянцы, лесной питомник, пестициды, раундап, стимуляторы роста, Вэрва, Вэрва-ель

On the Regulation of the Joint Use of Growth Stimulants and Pesticides in Forest Growing

S.K. Stetsenko, E.M. Andreeva, G.G. Terekhov, T.V. Hurshkainen, A.V. Kuchin

**Botanical Garden, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620134 Ekaterinburg, Russia,
Institute of Chemistry, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
167000 Syktывkar, Russia**

The results of studying the effect of the growth stimulants Verva and Verva-El on the growth qualities of pine ordinary seedlings grown under the pre-sowing soil preparation using the roundup (glyphosate) herbicide are presented. The necessity of the presented experiments is connected with the establishment of the impact of the joint effect of new growth-promoting drugs and pesticides traditionally used in forestry on woody plants. It was shown that under laboratory conditions, the simultaneous presence of the roundup herbicide in the growth medium (agar-agar) and seed treatment with the growth stimulants Verva and Verva-El leads to an inhibition of the growth of two-week-old pine seedlings, due to a decrease in the size of the roots. In the small-plot field experiment, an increase in the stem height was found in the variants using stimulants relative to this indicator in the variant where the pine was grown only with the use of roundup.

Keywords: pine, seedlings, forest garden, pesticides, roundup, growth stimulants, Verva, Verva-El

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-01-66-71

Большое число современных исследований в сфере аграрных технологий направлено на разработку экономически обоснованных способов увеличения урожая при снижении возможной отрицательной антропогенной нагрузки на возделываемые культуры. В связи с этим наряду с традиционно применяемыми средствами по уходу за растениями (удобрения и пестициды) в хозяйственной практике возникает интерес к использованию биологических сти-

муляторов роста, т.е. веществ или микроорганизмов, применяемых к растениям с целью улучшения качества питания и устойчивости их к абиотическому стрессу независимо от содержания в почве питательных веществ [1, 2]. Снижение гербицидной нагрузки на агросистему при введении в схему выращивания стимуляторов роста отмечается в ряде исследований [3, 4]. С другой стороны, сообщается, что одновременное присутствие в почве гербицида и ростового вещества может при-

водить к снижению ее ферментативной активности [5]. Пестициды в сверхмалых дозах оказывают стимулирующее влияние на растения [6, 7], что впоследствии может стать причиной наложения эффектов воздействия вносимых в схему выращивания компонентов. Таким образом, возникает необходимость в продолжении проведения исследований взаимодействия пестицидов и стимуляторов роста растений, что, несомненно, внесет ясность в изучаемый феномен.

Стимулирующие развитие растений вещества используют и в лесохозяйственной практике, причем список применяемых препаратов постепенно расширяется [8]. Характер влияния таких активных соединений на семена древесных пород, особенно хвойных, может существенно отличаться от влияния на сельскохозяйственные культуры. Связано это прежде всего с тем, что у многолетних растений ожидаемый эффект от применения вещества-ксенобиотика может иметь отложенный или пролонгированный характер. В качестве примера можно привести результаты изучения отрицательных последствий применения пестицидов на семена и саженцы сосны обыкновенной на Среднем Урале – остаточные количества использованных пестицидов при выращивании сосны приводили к появлению тератогенеза двухлетних сеянцев и аномальному развитию растений в лесных культурах [9]. Получение посадочного материала хвойных пород в настоящее время происходит по интенсивной технологии с использованием пестицидов (гербицидов, фунгицидов), что закреплено в наставлениях по выращиванию сеянцев для лесных питомников [10].

Основным гербицидом, используемым для борьбы с сорной растительностью, является раундап (глифосат), который сегодня признан самым широко продаваемым гербицидом в мире [11]. Несмотря на то, что производители относят этот препарат к экологически безопасным веществам, есть данные о неблагоприятном влиянии его на окружающую среду [12, 13]. Кроме того, негативные последствия его воздействия на сосну ранее уже были подтверждены в работе [9]. Внедрение в существующую схему выращивания сосны стимулирующего вещества, где уже присутствует такое высокоактивное соединение, как раундап, несомненно, оказывает дополнительное воздействие на семена, природа которого требует изучения.

Исследования проводились с использованием биостимуляторов Вэрва и Вэрва-ель, которые создавались как продукты переработки растительного сырья из

хвойных пород деревьев (пихта, ель) и были успешно опробованы на сельскохозяйственных культурах [14]. Испытания этих препаратов на хвойных породах начались относительно недавно, и влияние стимуляторов было выявлено на семенах на начальной стадии роста и без учета воздействия гербицидного фона [15, 16].

Степень и характер влияния на хвойное растение раундапа и препаратов группы Вэрва при их совместном нахождении в среде роста устанавливали в эксперименте по выращиванию сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), что и явилось целью работы. В ходе исследований был установлен эффект воздействия гербицида и стимулятора на семена сосны обыкновенной на стадии проростка при элими-

нации влияния внешних факторов (лабораторный опыт), а также определена реакция сеянцев сосны на стимуляторы роста при пестицидном загрязнении почвы в условиях лесного питомника с учетом воздействия внешних факторов (полевой опыт).

Методика и объекты исследования

Лабораторные исследования проводились путем постановки серии экспериментов с использованием камеры роста Sanyo-351H (Япония) (температура 24 °С, освещение 3 lx, влажность 70 %). Семена перед посевом замачивали в растворе препаратов Вэрва и Вэрва-ель (дозы обработки: 0,05; 0,10 и 0,25 мл/кг семян) и выращивали на 0,8 %-ном агар-агаре в чашках Петри. В агар-агар добавляли раундап (глифо-

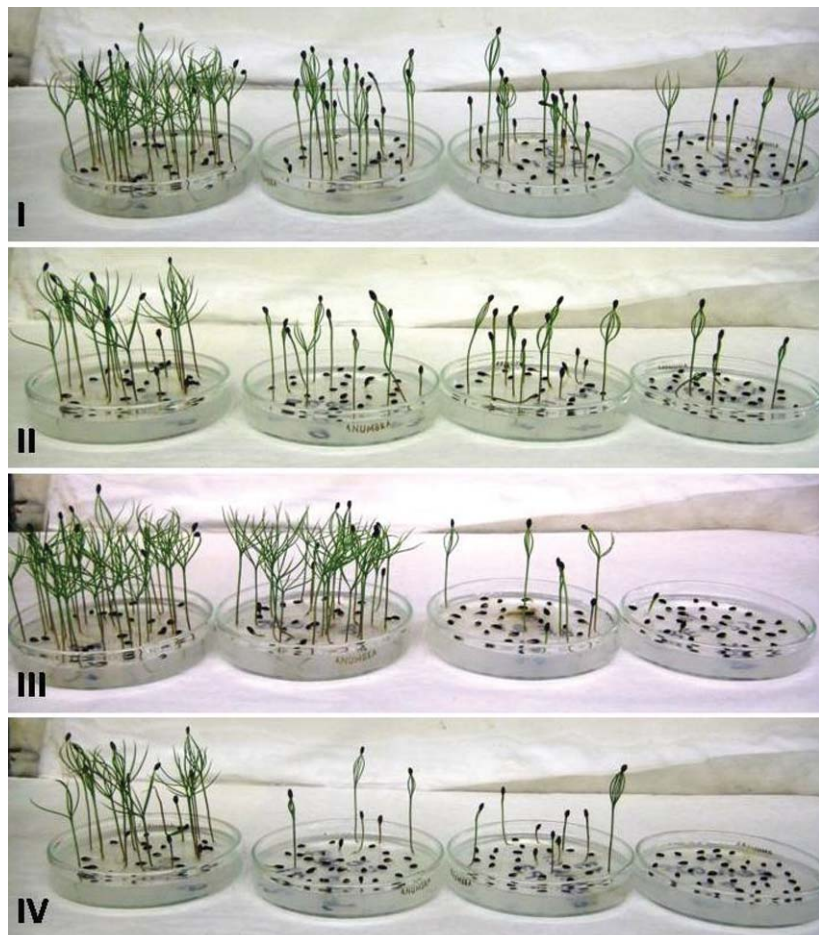


Рис. 1. Проращивание семян сосны, обработанных стимуляторами, на агар-агаре с добавлением раундапа (дозы стимуляторов в чашках Петри слева направо: 0,0; 0,05; 0,1; 0,25 мг/кг семян):

I – Вэрва. Раундап, 1 л/га; II – Вэрва. Раундап, 3 л/га; III – Вэрва-ель. Раундап, 1 л/га; IV – Вэрва-ель. Раундап, 3 л/га

Fig. 1. Sprouting pine seeds treated with stimulants on agar-agar with the addition of roundup (doses of stimulants in Petri dishes from left to right: 0.0; 0.05; 0.1; 0.25 mg/kg of seeds):

I – Verva. Roundup, 1 l/ha; II – Verva. Roundup, 3 l/ha; III – Verva-el. Roundup, 1 l/ha; IV – Verva-el. Roundup, 3 l/ha

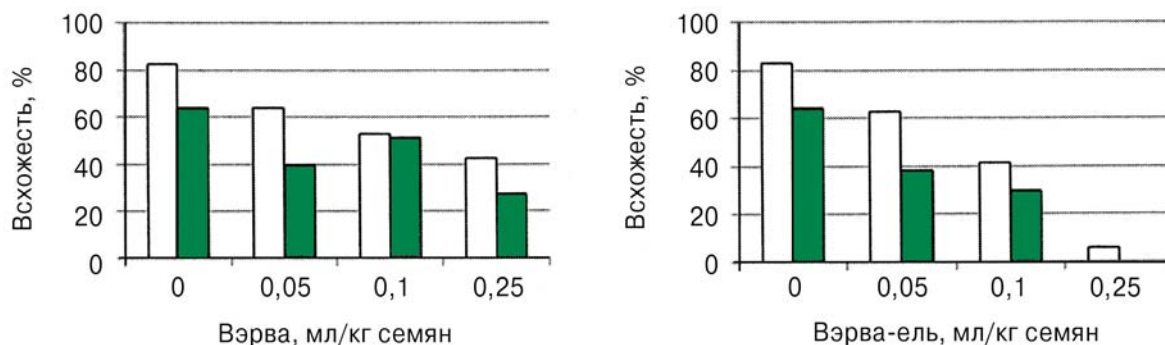


Рис. 2. Всхожесть семян сосны, обработанных биостимуляторами, с добавлением в агар-агар раундапа в лабораторных условиях (дозы раундапа: □ – 1 л/га; ■ – 3 л/га)

Fig. 2. Germination of pine seeds treated with biostimulants, with the addition of roundup to agar-agar in laboratory conditions (roundup dose: □ – 1 l/ha; ■ – 3 l/ha)

сат 36 %-ный) в двух дозах — 1,0 и 3,0 л/га по д.в. Повторность опыта 3-х кратная. На 14-й день фиксировали всхожесть семян (%), а у проростков измеряли длины семядоли, проростка, гипокотили и корня.

Полевые исследования проводились на опытных площадках, расположенных в лесном производственном питомнике Березовского лесничества (Свердловская область, подзона южнотаёжных лесов Среднего Урала [17]). Почва на участке — дерново-подзолистая среднесуглинистая. Перед посевом в почву был внесен гербицид раундап в дозе, принятой для однократного применения в лесных хозяйствах — 3 л/га (по д.в.).

Семена сосны перед посевом замачивали на 6 ч в растворах Вэрва и Вэрва-ель с концентрациями 0,1 и 0,25 мл/кг. В качестве контроля использовалась площадка, где не применяли раундап и не обрабатывали семена стимуляторами.

В конце первого вегетационного сезона сеянцы были выкопаны, у них измеряли высоту и диаметр стволика (на уровне корневой шейки), а также длину стержневого корня. По морфологическому облику сеянцы были разделены на нормальные и тератоморфные [9]. Далее, для определения массы надземной части растений и корней, сеянцы высушивали при 105 °С и взвешивали на весах с точностью 0,01 г. Статистическая обработка полученных данных про-

ведена с применением программы Statistica 6.0. В таблицах данные морфометрических параметров и фитомассы показаны в виде среднего арифметического значения со стандартной ошибкой.

Результаты исследования

Сравнение всхожести семян сосны в лабораторных условиях показало, что при дозе раундапа 3 л/га этот показатель был ниже, чем при более малой дозе (рис. 1, 2). Обработка семян стимуляторами в присутствии обеих доз гербицида привела к последующему снижению этой величины. Препарат Вэрва-ель оказывал более негативное влияние на прорастание семян в присутствии загрязнителя, при его дозе 0,25 мл/кг всхожесть семян упала практически до нуля.

В рекогносцировочных лабораторных экспериментах по выращиванию сосны на агар-агаре длина двухнедельных проростков составила $5,6 \pm 0,13$, а корня — $2,1 \pm 0,12$ см [17]. Добавление раундапа привело к достоверному снижению этих показателей положительно коррелирующему с увеличением вносимой дозы, при этом уменьшение длины корня было выражено в большей степени (табл. 1). Ранее отмечено, что при проращивании сосны с обработкой ее только препаратами Вэрва и Вэрва-ель в диапазоне доз от 0,1 до 0,25 мл/кг семян последовательной и выраженной активизации ростовых процессов на данном этапе онтогенеза не выявлено. Более того, отмечено торможение развития проростков сосны при высоких дозах стимуляторов [16].

Анализ линейных параметров проростков при действии двух

Таблица 1. Биометрические показатели проростков сосны под влиянием стимуляторов и раундапа в лабораторном эксперименте

Table 1. Biometric indicators of pine seedlings under the influence of stimulants and roundup in a laboratory experiment

Вариант	Доза, мл/кг семян	Длина, см				Отношение "гипокотиль: корень"
		проростка	корня	семядоли	гипокотили	
Раундап, 1 л/га						
Контроль	–	4,49±0,099a	1,57±0,058a	2,07±0,057a	2,92±0,071a	1,98±0,078a
	0,05	4,32±0,102a	1,24±0,053b	1,43±0,096b	3,08±0,076	2,59±0,120b
Вэрва	0,1	4,16±0,201a	1,22±0,070b	1,44±0,146b	2,94±0,142	2,45±0,083b
	0,25	4,38±0,212a	1,28±0,105b	1,45±0,186b	3,09±0,129	2,54±0,164b
Вэрва-ель	0,05	4,80±0,147a	1,74±0,086a	2,23±0,093a	3,07±0,088a	1,88±0,101a
	0,1	4,23±0,172a	1,10±0,065b	1,29±0,153b	3,13±0,135a	2,89±0,154b
Раундап, 3 л/га						
Контроль	–	4,10±0,109a	1,10±0,061b	1,99±0,096a	3,01±0,073a	2,96±0,164a
	0,05	3,98±0,182a	0,88±0,083b	1,67±0,140a	3,10±0,138a	3,88±0,362b
Вэрва	0,1	3,78±0,117b	0,86±0,048b	1,62±0,105a	2,92±0,098a	3,55±0,203b
	0,25	3,99±0,225a	0,88±0,070b	1,48±0,177b	3,11±0,182a	3,64±0,243b
Вэрва-ель	0,05	3,23±0,139b	0,67±0,050b	1,21±0,187b	2,57±0,119b	4,02±0,341b
	0,1	3,47±0,174b	0,84±0,052b	1,43±0,238b	2,63±0,138b	3,20±0,178a

Примечание. Статистически значимые достоверные различия ($p < 0,05$) внутри одной дозы раундапа обозначены разными буквами (a, b) между контролем и вариантами с препаратами Вэрва и Вэрва-ель.

исследуемых факторов — гербицид и стимулятор — показал, что в пределах одной концентрации раундапа с увеличением дозы Вэрва изменений в размерах длины проростка, корня и гипокотила не происходит (см. табл. 1). При дозе раундапа 3 л/га размеры проростка и корня были меньше, чем при дозе 1 л/га.

Сокращение размеров проростков в присутствии препарата Вэрва и пестицида в большей степени происходило за счет снижения длины корня, о чем свидетельствуют достоверно более низкие значения размеров корешков при дозе раундапа 3 л/га, при этом на длину гипокотила изменение дозы гербицида не влияло. Соответственно, отношение длины гипокотила к корню достоверно ниже при дозе раундапа 1 л/га. Интересен факт увеличения длины семядоли с увеличением дозы раундапа при низких концентрациях препарата Вэрва. Результаты двухфакторного (гербицид, стимулятор) дисперсионного анализа показали, что только фактор "доза гербицида" значимо влиял на длины проростка ($F = 7,015$, $P = 0,010$) и корня ($F = 38,65$, $P = 0,000$).

Изучение реакции проростков сосны на обработку семян препаратом Вэрва-ель в присутствии раундапа показало, что при дозе гербицида 1л/га и стимулятора 0,05 мл/кг отмечено достоверное увеличение длин проростка, корня и семядоли относительно показателей в контрольном варианте (см. табл. 1). В остальных случаях испытания этого препарата наблюдается снижение размеров органов проростка, особенно сильное при концентрации раундапа 3 л/га. В дозе 0,25 мл/кг, как уже указывалось выше, этот стимулятор привел к чрезвычайно низкой всхожести проростков. По этой причине в таблице не приводятся результаты биометрических измерений в данном варианте. Дисперсионный анализ результатов лабораторного изучения воздействия Вэрва-ель на сосну в присутствии раундапа показал достоверность совместного влияния факторов "гербицид" и "стимулятор" на размеры проростка ($F = 3,63$; $P = 0,062$), корня ($F = 13,0$; $P = 0,001$) и семядоли ($F = 11,37$; $P = 0,001$).

Таблица 2. Биометрические показатели однолетних сеянцев сосны, выращенных в питомнике

Table 2. Biometric indicators of annual pine seedlings grown in a nursery

Вариант	Доза, мл/кг семян	Диаметр стволика у корневой шейки, мм	Высота сеянца, см	Длина корня, см	Объем выборки, шт.
Контроль	–	0,9 ± 0,03A	3,4 ± 0,13A	14,4 ± 0,37 A	58
Контроль, Раундап	–	0,9 ± 0,02 aA	2,7 ± 0,11aB	13,0 ± 0,35 aB	95
Раундап, Вэрва	0,1	1,0 ± 0,03b	3,0 ± 0,15a	13,7 ± 0,42a	51
	0,25	1,0 ± 0,03b*	3,1 ± 0,15a	12,9 ± 0,52a	48
Раундап, Вэрва-ель	0,1	1,0 ± 0,03b	3,3 ± 0,17b	13,1 ± 0,49a	43
	0,25	1,0 ± 0,03b	3,5 ± 0,16b	10,8 ± 0,46 b	57

Примечание. Статистически значимые достоверные различия ($p < 0,05$, * – $p < 0,1$) отмечены разными буквами: прописными между контролем без раундапа и варианта с раундапом, строчными – между вариантом с раундапом и вариантами со стимуляторами роста.

Обобщая результаты лабораторного этапа изучения реакции сосны на воздействие стимуляторов в присутствии двух доз раундапа в среде, можно сделать предварительное заключение об отсутствии интенсификации ростовых процессов у проростков из обработанных биопрепаратами семян в условиях пестицидного влияния. Стимулятор Вэрва-ель оказывал более негативное воздействие на развитие сосны в условиях проводимого эксперимента. Корешки проростков оказались наиболее чувствительным органом, реагирующим на воздействие химических соединений.

Экспериментальная работа в условиях производственного лесного питомника началась с серии предварительных испытаний воздействия стимуляторов Вэрва и Вэрва-ель на сосну с целью подбора оптимальных доз для улучшения ростовых характеристик сеянцев. Было установлено, что обработка семян сосны стимуляторами и посев их в почву, где не был внесён раундап в посевные площади, привела к увеличению линейных параметров однолетних сеянцев сосны в сравнении с контрольным вариантом: при включении в схему выращивания стимулятора Вэрва высота сеянцев увеличивалась на 80 %, а длина корня на 40 %; в вариантах со стимулятором Вэрва-ель эти показатели увеличивались соответственно на 83 и 29 %.

Внесение в посевные площадки раундапа привело к достоверному снижению линейных параметров у однолетних сеянцев — высоты стволиков и

длины корней — по сравнению с контрольным вариантом без раундапа (табл. 2).

Сеянцы в вариантах, где на фоне пестицидного загрязнения были применены стимуляторы роста, имели достоверно большие значения диаметра стволика на уровне корневой шейки по сравнению с вариантом, где была проведена только обработка почвы раундапом. Средняя высота сеянцев под влиянием стимуляторов роста была больше, чем в варианте с применением одного раундапа, но не превышала показателя в контроле. Только препарат Вэрва-ель (0,25 мг/кг семян) приводил к достоверному увеличению высоты сеянца в сравнении с контрольным значением. При этой же дозе стимулятора длина корня показала достоверное снижение относительно размеров в контроле. В большинстве случаев изучения совместного действия раундапа и стимуляторов на сосну длина корня сеянцев не различалась достоверно, но была меньше этого показателя в незагрязненном варианте.

Накопление фитомассы сеянцев является важной характеристикой качества получаемого посадочного материала. Формирование этого параметра должно происходить гармонично с увеличением линейных размеров сеянцев, что отражает нормальное развитие растения. Хотя разница в весовых показателях между однолетними сеянцами в изучаемых вариантах незначительна, расчет отношения массы надземной части на единицу вы-

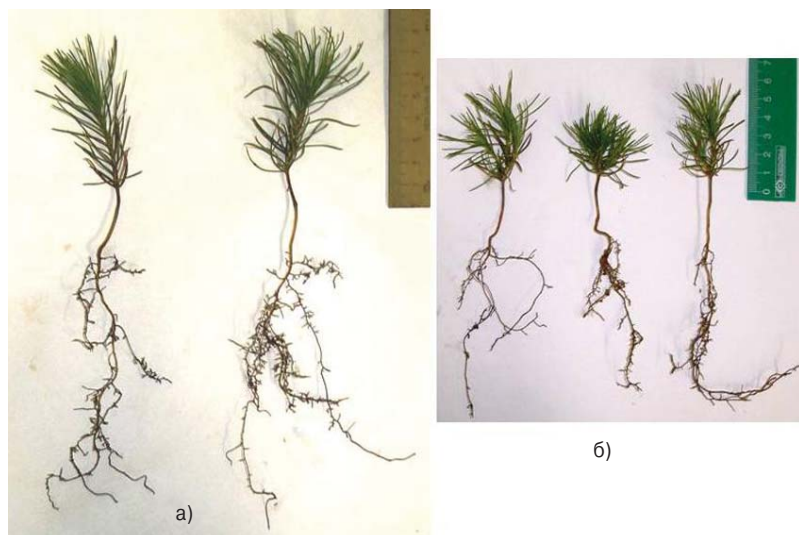


Рис. 3. Однолетние сеянцы сосны в лесном питомнике:
 а – нормальный фенотип; б – тератоморфный фенотип
Fig. 3. Annual pine seedlings in the forest nursery:
 a – normal phenotype; b – teratomorphic phenotype

комплекса высокоактивных препаратов.

Ранее было показано, что обработка почвы пестицидами приводит к увеличению доли аномальных сеянцев сосны в посеве, для которых характерно наличие дополнительных побегов и многовершинность [9]. Отклонения в морфологическом развитии сеянцев могут свидетельствовать о нарушении метаболизма сеянцев, происходящего под влиянием веществ-ксенобиотиков. Установлено, что в контрольном варианте доля однолетних сеянцев нормального фенотипа составила 84,5 %, тогда как в вариантах, где добавляли раундап и биостимулятор, таких сеянцев было не более 65 % (рис. 3).

Выводы

Одновременное присутствие гербицида раундап в среде роста (агар-агар) и обработка семян стимуляторами роста Вэрва и Вэрва-ель приводит к торможению роста двухнедельных проростков сосны, главным образом за счет уменьшения размеров корешков. Всхожесть семян снижается при увеличении примененных доз раундапа и биопрепаратов, особенно сильно при высоких концентрациях препарата Вэрва-ель.

Естественные условия роста в лесном питомнике оказывают существенное влияние на характер совместного воздействия раундапа и стимуляторов в отношении сосны: вероятно вследствие адсорбции части гербицида на почвенные минералы происходит снижение его активности, а также снижение неблагоприятного влияния взаимных эффектов использованных препаратов на сеянцы. Установлено увеличение высоты стволика в вариантах с использованием стимуляторов относительно этого показателя в варианте, где сосна выращивалась только с применением раундапа.

Полученные результаты необходимо учитывать при разработке схем выращивания посадочного материала сосны с применением комплекса высокоактивных препаратов.

Таблица 3. Характеристика однолетних сеянцев сосны по фитомассе
Table 3. Characteristics of annual pine seedlings by phytomass

Вариант	Доза, мл/кг семян	Фитомасса, г		Отношение фитомассы надземной части к высоте стволика, г/см
		надземная часть	корни	
Контроль, без раундапа и стимулятора	–	0,10±0,008	0,04±0,003	0,029
Раундап	–	0,09±0,007	0,03±0,002	0,033
Раундап, Вэрва	0,1	0,10±0,009	0,04±0,004	0,033
	0,25	0,11±0,009	0,04±0,002	0,035
Раундап, Вэрва-ель	0,1	0,11±0,009	0,03±0,003	0,033
	0,25	0,10±0,006	0,03±0,002	0,028

соты стволика выявил тенденцию ее накопления в вариантах с присутствием как раундапа, так и стимуляторов (табл. 3). Последнее может свидетельствовать о более направленном росте в толщину у сеянцев сосны, например стволика, под воздействием биологически активных препаратов. Исключением явился вариант с применением Вэрва-ель (0,25 мл/кг семян) в присутствии раундапа.

Различную реакцию сеянцев сосны на применение стимуляторов в присутствии раундапа в лабораторном опыте и полевом эксперименте можно объяснить исходя из сведений об особенностях поведения этого гербицида в окружающей среде. Обладая чрезвычайной подвижностью, раундап быстро адсорбируется на почвенные частицы [18, 19],

что приводит к снижению его исходной концентрации в почве. Таким образом, доза раундапа, взаимодействовавшая со стимулятором, могла быть значительно ниже тех, что испытывались в лабораторном эксперименте. Подвижность раундапа в почве может быть связана с различными факторами среды, при изменении которых меняется его доступность растениям. Следовательно, ожидаемый эффект от применения стимулирующих веществ в условиях пестицидного загрязнения даже в пределах одного питомника во многом будет зависеть от погодных условий (прежде всего температуры и суммы осадков) вегетационного сезона. Последнее необходимо учитывать при разработке схем выращивания посадочного материала сосны с применением

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН (госзадание, рег. № АААА-А17-117072810009-8), а также при поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание, рег. № АААА-А18-118012490385-8).

Литература

1. Рябинков В.А. Экологические проблемы при защите посадочного материала от грибных болезней и пути их решения. Лесной вестник. 2006. № 2. С. 153–161.
2. Du Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae. 2015. V. 196. P. 3–14.
3. Захарьева Ю.И., Верещагин А.Л. Снижение техногенной нагрузки на агроценозы за счет повышения эффективности действия гербицида "раундап". Экологический вестник Северного Кавказа. 2011. Т. 7. № 2. С. 35–36.
4. Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Харченко Г.Л., Саранцева Н.А., Боронтов О.К. Снижение гербицидного стресса при использовании биостимулятора Стимунол ЕФ. Сахарная свекла. 2015. № 4. С. 24–28.
5. Tejada M., Garcia-Martinez A.M., Gomez I., Parrado J. Application of MCPA herbicide on soils amended with biostimulants: Short-time effects on soil biological properties. Chemosphere. 2010. Vol. 80 (9). P. 1088–1094.
6. Ивлев В.А. Влияние химических реагентов на рост и развитие хвойного посадочного материала при выращивании в питомниках. Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1988. Вып. 14. С. 87–91.
7. Calabrese E. J. Perspectives on Hormesis and Implications for Pesticides. Pesticide Dose: Effects on the Environment and Target and Non-Target Organisms. ACS Symposium Series, 2017. Vol. 1249. P. 83–100. DOI: 10.1021/bk-2017-1249.
8. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (дата обращения 10.09.2018).
9. Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К. Модификационная изменчивость сосны обыкновенной в условиях пестицидного загрязнения. Екатеринбург, УрО РАН, 2004. 76 с.
10. Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам. М., Лесная промышленность, 1983. 280 с.
11. Benbrook C.M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally Environmental Sciences Europe. 2016. Vol. 28 (3). P. 1–15. DOI 10.1186/s12302-016-0070-0.
12. Van Bruggen A.H.C., He M.M., Shin K., Jeong K.C., Finckh M.R., Morris J.G. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. Science of The Total Environment. 2018. Vol. 616–617. P. 255–268.
13. Busse M.D. Glyphosate toxicity and the effects of long-term vegetation control on soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry. 2001. Vol. 33(12-13). P. 1777–1789.
14. Хуршкainen Т.В., Кучин А.В. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2011. № 5. С. 17–23.
15. Семенчина А.А., Гольшева Е.А., Романов Г.Г. Влияние двух биопрепаратов на семена и сеянцы Pinus sylvestris L. и Picea abies (L.) H. Karst. Международный научно-исследовательский журнал. 2014. №11 (30). Ч. 1. С. 86–89.
16. Андреева Е.М., Стеценко С.К., Кучин А.В., Терехов Г.Г., Хуршкainen Т.В. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 10–19.
17. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области: Практическое руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
18. 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.
19. Cox C. Glyphosate (Roundap). J. Pesticide Reform. 1998. Vol.18. № 3. P. 3–16.

References

1. Ryabinkov V.A. Ekologicheskie problemy pri zashchite posadochnogo materiala ot gribnykh boleznei i puti ikh resheniya. Lesnoi vestnik. 2006. № 2. S. 153–161.
2. Du Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae. 2015. V. 196. P. 3–14.
3. Zakhar'eva Yu.I., Vereshchagin A.L. Snizhenie tekhnogennoi nagruzki na agrotsenozy za schet povysheniya effektivnosti deistviya gerbitsida "raundap". Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza. 2011. T. 7. № 2. S. 35–36.
4. Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I.Yu. Kharchenko G.L., Sarantseva N.A., Borontov O.K. Snizhenie gerbitsidnogo stressa pri ispol'zovanii biostimulyatora Stimunol EF. Sakharnaya svekla. 2015. № 4. S. 24–28.
5. Tejada M., Garcia-Martinez A.M., Gomez I., Parrado J. Application of MCPA herbicide on soils amended with biostimulants: Short-time effects on soil biological properties. Chemosphere. 2010. Vol. 80 (9). P. 1088–1094.
6. Ivlev V.A. Vliyanie khimicheskikh reagentov na rost i razvitiye khvoynogo posadochnogo materiala pri vyrashchivani v pitomnikakh. Lesa Urala i khozyaistvo v nikh. Sverdlovsk, 1988. Vyp. 14. S. 87–91.
7. Calabrese E. J. Perspectives on Hormesis and Implications for Pesticides. Pesticide Dose: Effects on the Environment and Target and Non-Target Organisms. ACS Symposium Series, 2017. Vol. 1249. P. 83–100. DOI: 10.1021/bk-2017-1249.
8. Spravochnik pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiiskoi Federatsii. 2018. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (data obrashcheniya 10.09.2018).
9. Freiberg I.A., Ermakova M.V., Stetsenko S.K. Modifikatsionnaya izmenchivost' sosny obyknovnoy v usloviyakh pestitsidnogo zagryazneniya. Ekaterinburg, UrO RAN, 2004. 76 s.
10. Novosel'tseva A.I., Smirnov N.A. Spravochnik po lesnym pitomnikom. M., Lesnaya promyshlennost', 1983. 280 s.
11. Benbrook C.M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally Environmental Sciences Europe. 2016. Vol. 28 (3). P. 1–15. DOI 10.1186/s12302-016-0070-0.
12. Van Bruggen A.H.C., He M.M., Shin K., Jeong K.C., Finckh M.R., Morris J.G. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. Science of The Total Environment. 2018. Vol. 616–617. P. 255–268.
13. Busse M.D. Glyphosate toxicity and the effects of long-term vegetation control on soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry. 2001. Vol. 33(12-13). P. 1777–1789.
14. Khurshkainen T.V., Kuchin A.V. Lesokhimiya dlya innovatsii v sel'skom khozyaistve. Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN. 2011. № 5. S. 17–23.
15. Semenchina A.A., Golyseva E.A., Romanov G.G. Vliyanie dvukh biopreparatov na semena i seyantsy Pinus sylvestris L. i Picea abies (L.) H. Karst. Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2014. №11 (30). Ch. 1. S. 86–89.
16. Andreeva E.M., Stetsenko S.K., Kuchin A.V., Terekhov G.G., Khurshkainen T.V. Vliyanie stimulyatorov rosta prirodnoho proiskhozhdeniya na prorostki khvoinykh porod. Lesotekhnicheskii zhurnal. 2016. T. 6. № 3 (23). S. 10–19.
17. Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. Lesorastitel'nye usloviya i tipy lesa Sverdlovskoi oblasti: Prakticheskoe rukovodstvo. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 1973. 176 s.
18. Shushkova T.V., Vasil'eva G.K., Ermakova I.T., Leon'tevskii A.A. Sorbtsiya glifosata i ego mikrobnaya degradatsiya v pochvennykh suspenziyakh. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2009. T. 45. № 6. S. 664–669.
19. Cox C. Glyphosate (Roundap). J. Pesticide Reform. 1998. Vol.18. № 3. P. 3–16.

С.К. Стеценко – канд. биол. наук, науч. сотрудник, Ботанический сад Уральского отделения РАН, 620134 Россия, г. Екатеринбург, ул. Билимбаевская 32а, e-mail: stets_s@mail.ru • Е.М. Андреева – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, e-mail: e_m_andreeva@mail.ru • Г.Г. Терехов – д-р с.-х. наук, вед. науч. сотрудник, e-mail: terekhov_g_g@mail.ru • Т.В. Хуршкainen – канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник, Институт химии Коми НЦ УрО РАН, 167000 Россия, г. Сыктывкар, Первомайская, 48, e-mail: hurshkainen@chemi.komisc.ru • А.В. Кучин – д-р хим. наук, зав. лабораторией, e-mail: kutchin-av@mail.ru

S.K. Stetsenko – Cand. Sci. (Biol.), Research Scientist, Botanical Garden, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620134 Russia, Ekaterinburg, Bilimbaevskaya Str. 32a, e-mail: stets_s@mail.ru • E.M. Andreeva – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow, e-mail: e_m_andreeva@mail.ru • G.G. Terekhov – Dr. Sci. (Agriculture), Leading. Research Fellow, e-mail: terekhov_g_g@mail.ru • T.V. Khurshkainen – Cand. Sci. (Chem.), Senior Research Fellow, Institute of Chemistry, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 167000 Russia, Syktyvkar, Pervomayskaya Str. 48, e-mail: hurshkainen@chemi.komisc.ru • A.V. Kuchin – Dr. Sci. (Chem.), Head of Laboratory, e-mail: kutchin-av@mail.ru