

УДК 581.142  
ББК Е573.6

*Александр Сергеевич Фоменко,*  
аспирант,  
Дальневосточный государственный гуманитарный университет  
(Хабаровск, Россия), e-mail: Alex-fomenko@mail.ru  
*Александр Фролович Дулин,*  
кандидат биологических наук, доцент,  
Дальневосточный государственный гуманитарный университет  
(Хабаровск, Россия), e-mail: d-florin@mail.ru

### **Влияние регуляторов роста на прорастание семян лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.)**

Изучено влияние регуляторов роста – салициловой кислоты и препарата «Циркон» на прорастание семян *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. в лабораторных условиях. Выявлено, что на временные параметры прорастания семян лиственницы положительно действуют две концентрации салициловой кислоты:  $10^{-3}$  М и  $5 \cdot 10^{-4}$  М, а обработка семян препаратом «Циркон» (0.02 мл/л) и смесью «Циркона» с салициловой кислотой не сказывается на темпах прорастания. Проанализирована последовательность морфогенетических стадий развития проростка и выявлено стимулирующее действие салициловой кислоты на рост как корня, так и стебля во всех испытываемых концентрациях, причём эффект наиболее выражен при концентрациях  $5 \cdot 10^{-4}$  и  $10^{-4}$  М. Изучено влияние предпосевной обработки семян салициловой кислотой и «Цирконом» на содержание хлорофилла в проростках. Салициловая кислота в концентрации  $10^{-3}$  М способствовала увеличению количества хлорофилла А, но снижению хлорофилла В. Под влиянием «Циркона» увеличилось содержание суммарного хлорофилла, а совместное применение регуляторов роста сопровождалось некоторым снижением содержания хлорофилла А и увеличением содержания хлорофилла В. Отмечено возрастание активности каталазы на 37–50 % у проростков, выросших из семян, обработанных салициловой кислотой и «Цирконом».

**Ключевые слова:** фитогормоны, салициловая кислота, «Циркон», прорастание семян, лиственница Гмелина.

*Alexander Sergeyevich Fomenko,*  
Postgraduate Student,  
Far East State Humanities University  
(Khabarovsk, Russia), e-mail: Alex-fomenko@mail.ru  
*Alexander Frolovich Dulin,*  
Candidate of Biology, Associate Professor,  
Far East State Humanities University  
(Khabarovsk, Russia), e-mail: d-florin@mail.ru

### **Effect of Growth Regulating on Seed Germination of *Larix Gmelinii* (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.)**

The authors study the effect of growth regulators on seed germination of *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. in the laboratory. These are: salicylic acid and the chemical preparation “Zircon”. They found out two concentrations of salicylic acid:  $10^{-3}$  M and  $5 \cdot 10^{-4}$  M to low germination time parameters of larch seeds. Seed treatment with chemical preparation “Zircon” (0.02 ml / l) and mixture of “Zircon” with salicylic acid does not affect to the speed of seed germination. The authors put their attention on analysis of sequence of morphogenetic stages of seedling growth and got data on existence of salicylic acid stimulation activity for the root and stem growth with all concentrations tested, but the most pronounced effect was observed at concentrations of  $5 \cdot 10^{-4}$  and  $10^{-4}$  M. Also they study the effect of seed treatment with salicylic acid and “Zircon” on content of chlorophyll in seedlings. Salicylic acid in a concentration of  $10^{-3}$  M contributed to the increase of chlorophyll A, but reduced chlorophyll

B. Total chlorophyll content increased by the “Zircon”. Combined use of growth regulators is accompanied by some reduction in the content of chlorophyll A and content increases of chlorophyll B. The authors mark the increasing of activity of catalase by 37–50 % in seedlings grown from seeds treated with salicylic acid and “Zircon”.

**Keywords:** phytohormone, salicylic acid, “Zircon”, seeds germination, *Larix gmelinii*.

В современном дальневосточном лесоводстве для восстановления лесов широко используется лиственница Гмелина, даурская (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.). Для получения посадочного материала, соответствующего ГОСТ, саженцы до трёх месяцев выращиваются в специализированных питомниках.

Семена лиственницы Гмелина согласно классификации М. Г. Николаевой имеют неглубокий физиологический покой В<sub>1</sub>, характеризующийся несколько затруднённым прорастанием [9], поэтому в питомниках применяется предпосевная обработка семян. В 2012–2013 гг. в питомниках Хабаровского края для этих целей использовался регулятор роста «Циркон», который представляет собой смесь гидроксикоричных кислот [10].

В настоящее время интерес учёных фитогормонологов привлекает салициловая кислота, которая большинством специалистов относительно недавно причислена к группе биологически активных веществ – фитогормонов [7]. Известно, что салициловая кислота не только стимулирует ростовые процессы у некоторых растений [3], но и проявляет свойства иммуномодулятора, повышающего их устойчивость к абиотическим факторам и почвенной патогенной микрофлоре [1; 4; 6; 8].

Представляло научный и практический интерес сравнение эффективности действия широко применяемого препарата «Циркон» и салициловой кислоты на прорастание семян и рост проростков лиственницы Гмелина. Для этого было исследовано влияние обработки семян «Цирконом» и салициловой кислотой на всхожесть, морфометрические показатели, определено содержание пигментов и активность каталазы.

**Материалы и методы.** Объектом для исследования явились семена лиственницы Гмелина урожая 2011 г., предоставленные нам Хабаровским специализированным лесным хозяйством.

Предварительно обескрыленные семена замачивали в воде, растворах «Циркона» (0,1 мл/л и 0,5 мл/л), салициловой кислоты  $10^{-3}$  моль,  $5 \cdot 10^{-4}$  моль,  $10^{-4}$  моль. В смеси «Циркона» и салициловой кислоты, соответственно 0,1 мл/л и  $5 \cdot 10^{-4}$  моль на сутки, затем промывали, помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу и проращивали на рассеянном дневном свете при температуре 20–22 °С.

Через 1–2 суток оценивали количество проросших семян. Содержание пигментов определяли спектрофотометрическим методом в ацетоновой (100 %) вытяжке [2]. Активность каталазы определяли манометрическим способом по объёму выделенного кислорода [12]. Повторность опыта в проводимых экспериментах – трёхкратная. Проводилась статистическая обработка их данных [5].

**Результаты и обсуждение.** Как видно из данных табл. 1, прорастание семян лиственницы в контрольном варианте началось через трое суток и составило 37 %, через неделю количество проросших семян возросло до 43 %, а через 17 дней – до 77 %. Прорастание закончилось через 17 суток, и количество проросших семян составило 77 %.

Обработка семян рекомендуемой производителем концентрацией препарата «Циркон» 0,1 мл/л не повлияла положительно на прорастание семян: на пятые и на девятые сутки обработанный вариант был на уровне контроля, общее число проросших семян несущественно отличалось от контрольного варианта.

Из трёх испытуемых концентраций салициловой кислоты наибольшее стимулирующее влияние на прорастание оказала концентрация  $5 \cdot 10^{-4}$  моль. Через трое суток в этом варианте семян проросло в два раза больше, чем в контрольном, через неделю – на 26 % больше и через 10 дней – на 22 % больше. Совместное применение «Циркона» и салициловой кислоты не сказалось на темпах прорастания семян.

Динамика прорастания семян

Вариант	Проросших семян, %						
	на 3-й день	на 5-й день	на 7-й день	на 9-й день	на 10-й день	на 13-й день	на 17-й день
Вода	3,7±0,4	23,3±0,3	43,0±0,5	55,0±0,5	56,7±0,6	68,7±0,5	76,7±0,7
«Циркон» 0,1 мл/л	2,7±0,3	21,0±1,5	36,3±0,7	54,7±0,5	57,0±1,5	61,7±1,7	73,0±0,9
Салициловая кислота 10 <sup>-3</sup> М	3,7±0,4	26,3±0,8	41,3±1,1	56,0±0,9	57,3±0,5	62,3±0,7	73,7±1,2
Салициловая кислота 5*10 <sup>-4</sup> М	7,3±0,7	34,3±0,5	54,0±1,3	67,7±0,7	69,0±0,7	70,0±0,4	74,7±0,7
Салициловая кислота 10 <sup>-4</sup> М	4,0±0,3	33,7±0,5	46,0±0,5	58,0±1,1	61,7±1,3	62,7±1,2	71,3±0,5
«Циркон» 0,1 мл/л + салициловая кислота 5*10 <sup>-4</sup> М	5,3±0,4	23,3±0,7	43,7±1,2	58,3±1,0	61,0±1,9	67,7±1,0	75,7±0,7

Повторение опыта показало, что стимулирующим эффектом обладали две концентрации салициловой кислоты: 10<sup>-3</sup>моль и 5\*10<sup>-4</sup>моль. Варианты с «Цирконом», салициловой кислотой 10<sup>-4</sup> моль и совместным применением регуляторов роста или не повлияли, или несколько тормозили прорастание семян.

Обработка семян повлияла и на морфометрические показатели проростков. Так, замачивание семян в «Цирконе» приводило к стимулированию на 13 % роста корня и ингибированию на 20 % роста стебля (рис. 1). Согласно литературным данным, салициловая кислота может оказывать стимулирующее влияние на рост проростков [3], что можно было наблюдать в эксперименте. Салициловая кислота во всех испытываемых концентрациях стимулировала как рост корня, так и рост стебля, причём наиболее выражено эффект проявился в концентрациях 5\*10<sup>-4</sup> и 10<sup>-4</sup> моль. Совместное применение регуляторов роста также несколько стимулировало рост корня (на 8 %) и рост стебля (на 11 %). Такой эффект можно объяснить тем, что салициловая кислота снимала тормозящее действие «Циркона» на рост стебля, в результате чего длина проростков в этом варианте была достоверно больше контрольного (10 %).

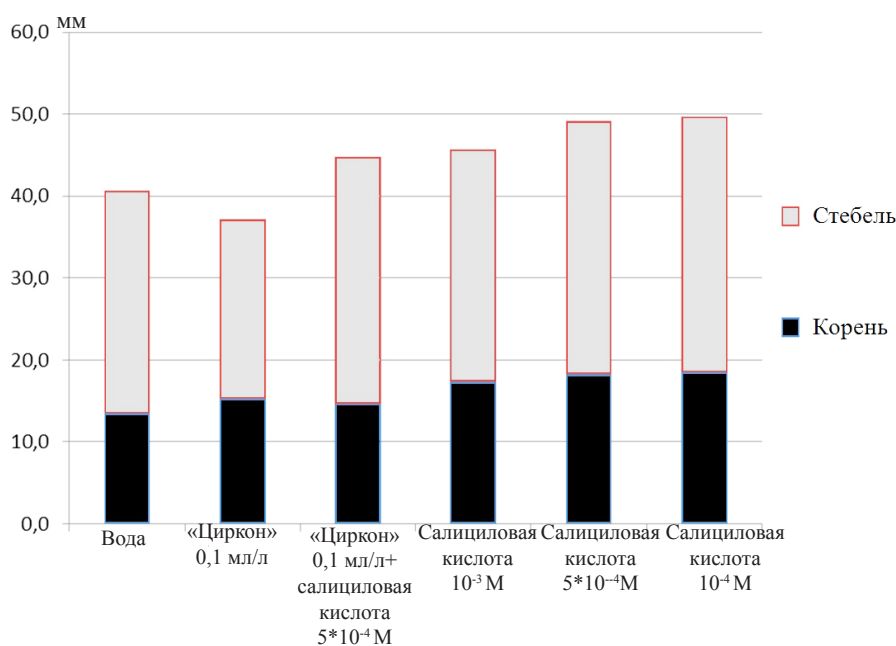


Рис. 1. Влияние регуляторов роста на рост проростков ливенницы Гмелина

Ростовые процессы находятся в тесной зависимости от напряжённости энергетического обмена. В некоторой степени характеристику процесса дыхания можно дать, опираясь на активность фермента каталазы. Между активностью каталазы и интенсивностью дыхания существует определённая связь: чем больше субстрата окисляется в процессе дыхания, тем больше в качестве побочного продукта образуется перекиси водорода, тем больше должна быть активность каталазы, обеспечивающей инактивацию ядовитого пероксида водорода.

Как видно из данных, отражённых на рис. 2, в вариантах с салициловой кислотой активность каталазы оказалась выше на 45–28 % по сравнению с контролем. Наибольшей активностью каталаза обладала в варианте с «Цирконом» и составила 10,7 мл/г/ч. Совместное применение салициловой кислоты и «Циркона» характеризовалось промежуточным значением активности каталазы – 9,8 мл/г/ч. Можно предположить, что и под влиянием салициловой кислоты, и под влиянием «Циркона» активируются процессы дыхания, но эффективность действия регуляторов роста различна. Эффективнее использовались дыхательные субстраты в вариантах с салициловой кислотой, где мы наблюдали более интенсивные ростовые процессы.

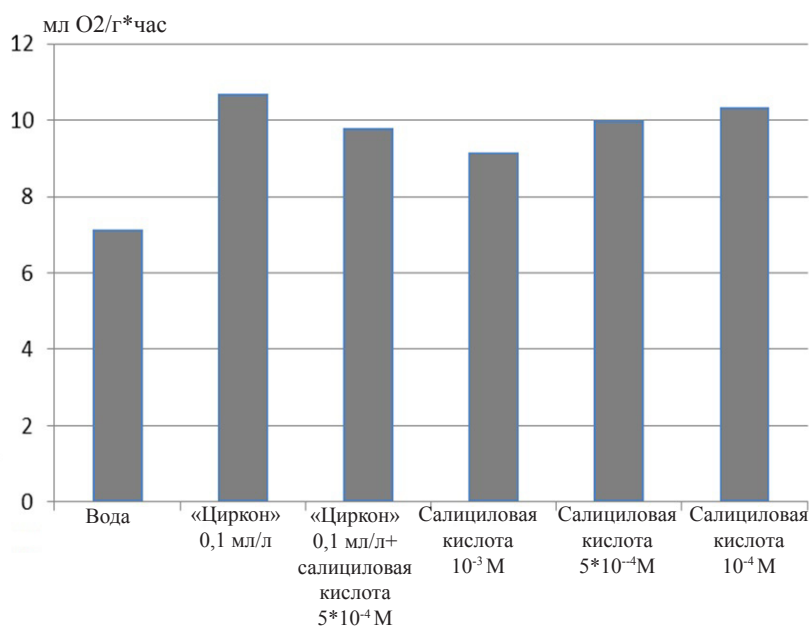


Рис. 2. Влияние регуляторов роста на активность каталазы проростков ливенницы Гмелина

Известно, что регуляторы роста гормональной природы оказывают влияние на содержание пигментов, участвующих в процессе фотосинтеза: под влиянием гиббереллина, как правило, суммарное количество хлорофиллов снижается, а под влиянием цитокининов – возрастает. Широко используемый в практике сельского хозяйства регулятор роста хлорхалинхлорид также значительно увеличивает содержание хлорофиллов в листьях обрабатываемых растений [11]. Нами проведено исследование по влиянию «Циркона» и салициловой кислоты на содержание хлорофиллов в листьях проростков (табл. 2).

Таблица 2

Влияние регуляторов роста на содержание хлорофиллов в листьях проростков ливенницы Гмелина

Вариант	Содержание хлорофилла, мг/г сырой массы		
	Хлорофилл а	Хлорофилл б	Сумма хлорофиллов
Вода	0,076±0,007	0,024±0,005	0,099±0,003
Салициловая кислота 5*10 <sup>-4</sup> М	0,070±0,006	0,023±0,007	0,093±0,003
Салициловая кислота 10 <sup>-3</sup> М	0,069±0,007	0,022±0,004	0,091±0,003
«Циркон» 0,5 мл/л	0,059±0,005	0,018±0,004	0,077±0,005
«Циркон» 0,1 мл/л	0,043±0,003	0,024±0,003	0,067±0,007

Применение салициловой кислоты не повлияло на содержание хлорофилла *a* и хлорофилла *b*. Использование же «Циркона» в обеих концентрациях (0,1 мл/л и 0,5 мл/л) приводило к снижению содержания суммы хлорофиллов за счёт уменьшения количества хлорофилла *a*.

Оптимальная концентрация «Циркона», рекомендуемая производителем при предпосевной обработке семян – 0,1 мл/л, не влияла на скорость прорастания семян листовенницы, несколько активировала рост корня и ингибировала рост стебля. В то же время обработка «Цирконом» в концентрации 0,1 мл/л, существенно увеличивала активность каталазы. Применение «Циркона» снижало содержание в листьях хлорофилла *a* и не влияло на содержание хлорофилла *b*.

**Заключение.** Биорегуляторы фитогормон салициловая кислота и препарат «Циркон» оказывали неоднозначное влияние на исследованные физиологические процессы. Все испытываемые в эксперименте концентрации салициловой кислоты: и активирующие прорастание, и не влияющие на него, значительно активировали рост корня и в меньшей степени рост стебля. Салициловая кислота, как и «Циркон», увеличивала активность каталазы, но в меньшей степени. Обогащение семян салициловой кислотой не сказалось на содержании хлорофиллов в листьях проростков. Различия в путях действия «Циркона» и салициловой кислоты подтверждены опытами по их совместному применению. Выявлено, что биорегуляторы «Циркон» и салициловая кислота не усиливают влияние друг друга: время прорастания не уменьшилось, размеры проростков увеличились незначительно, активность каталазы не повышается. Препарат «Циркон» в концентрации 0,1 мл/л не оказывает существенного влияния на прорастание и рост семян листовенницы в лабораторных условиях. Процессы прорастания и роста семян листовенницы Гмелина максимально активизируются при предпосевной обработке семян салициловой кислотой в концентрациях  $5 \cdot 10^{-4}$  и  $10^{-4}$ . Таким образом, совместное применение «Циркона» и салициловой кислоты нецелесообразно. Необходимы дальнейшие исследования по выявлению эффективных биорегуляторов для подготовки посадочного материала листовенницы Гмелина.

#### Список литературы

1. Безрукова М. В. и др. Влияние салициловой кислоты на содержание гормонов в корнях и рост проростков пшеницы при водном дефиците // *Агрехимия*. 2001. С. 51–54.
2. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандовина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М.: Высш. шк., 1975. 392 с.
3. Дулин А. Ф. Возможности использования нового фитогормона в регуляции прорастания семян дальневосточных видов растений // *Учёные записки ЗабГГПУ им. Н. Г. Чернышевского. Сер. «Естественные науки»*. 2010. № 31 (30). С. 116–120.
4. Ибрагим А. Влияние салициловой кислоты на солеустойчивость проростков пшеницы сорта СНАМ-6 // *Изв. ТСХА*. 2001. С. 96–102.
5. Клейн Р. М., Клейн Д. Т. Методы исследования растений. М.: Колос, 1974. 527 с.
6. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Салициловая кислота и устойчивость растений к абиотическим стрессорам // *Вісн. Харківського національного аграрного університету. Сер. «Биология»*. 2009. С. 19–39.
7. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2005. 736 с.
8. Максимов И. В., Черепанова Е. А. Влияние салициловой кислоты на активность пероксидазы в совместных культурах каллусов пшеницы с возбудителем твёрдой головни // *Физиология растений*. 2004. Т. 51. № 4. С. 534–538.
9. Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука, 1985. 232 с.
10. Рострегулирующий комплекс, способ его получения, препарат на его основе и применение в сельскохозяйственной практике / Н. Н. Малеваная; заявитель и патентообладатель Некоммерческое научно-производственное партнёрство «НЭСТ М». № 2004103040/15; заявл. 04.02.04, опублик. 27.07.05. Бюл. № 21. 9 с.

11. Третьяков Н. Н., Кошкин Е. И., Макрушин Н. М. Физиология растений и биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 1998. С. 640.
12. Фёдорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студ. вузов. М.: Владос, 2003. 320 с.

#### References

1. Bezrukova M. V. i dr. Vliyanie salitsilovoi kisloty na sodержanie gormonov v kornyakh i rost prorostkov pshenitsy pri vodnom defitsite // *Agrokhimiya*. 2001. S. 51–54.
2. Gavrilenko V. F., Ladygina M. E., Khandovina L. M. Bol'shoi praktikum po fiziologii rastenii. Fotosintez. Dykhanie. M.: Vyssh. shk., 1975. 392 s.
3. Dulin A. F. Vozmozhnosti ispol'zovaniya novogo fitogormona v regulyatsii prorastaniya semyan dal'nevostochnykh vidov rastenii // *Uchenye zapiski ZabGGPU im. N. G. Chernyshevskogo. Ser. «Estestvennye nauki»*. 2010. № 31 (30). S. 116–120.
4. Ibragim A. Vliyanie salitsilovoi kisloty na soleustoichivost' prorostkov pshenitsy sorta SNAM-6 // *Izv. TSKhA*. 2001. S. 96–102.
5. Klein R. M., Klein D. T. Metody issledovaniya rastenii. M.: Kolos, 1974. 527 s.
6. Kolupaev Yu. E., Karpets Yu. V. Salitsilovaya kislota i ustoichi-vost' rastenii k abioticheskim stressoram // *Visn. Kharkivskogo natsional'nogo agrarnogo universitetu. Ser. «Biologiya»*. 2009. S. 19–39.
7. Kuznetsov V. V., Dmitrieva G. A. Fiziologiya rastenii: uchebnik dlya vuzov. M.: Vyssh. shk., 2005. 736 s.
8. Maksimov I. V., Cherepanova E. A. Vliyanie salitsilovoi kisloty na aktivnost' peroksidazy v sovmestnykh kul'turakh kallusov pshenitsy s vzbuditelem tverdoi golovni // *Fiziologiya rastenii*. 2004. T. 51. № 4. S. 534–538.
9. Nikolaeva M. G., Razumova M. V., Gladkova V. N. Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchikh-sya semyan. L.: Nauka, 1985. 232 s.
10. Rostreguliruyushchii kompleks, sposob ego polucheniya, preparat na ego osnove i primenenie v sel'skokhozyaistvennoi praktike / N. N. Malevanaya; zayavitel' i patentoobladatel' Nekommercheskoe nauch-no-proizvodstvennoe partnerstvo «NEST M». № 2004103040/15; zayavl. 04.02.04, opubl. 27.07.05. Byul. № 21. 9 s.
11. Tret'yakov N. N., Koshkin E. I., Makrushin N. M. Fiziologiya rastenii i biokhimiya sel'skokhozyaistvennykh rastenii. M.: Kolos, 1998. S. 640.
12. Fedorova A. I., Nikol'skaya A. N. Praktikum po ekologii i okhrane okruzhayushchei sredy: ucheb. posobie dlya stud. vuzov. M.: Vlados, 2003. 320 s.

*Статья поступила в редакцию 23.10.2013*