

УДК 581.5:581.192.7

**Влияние фитогормонов на рост зародышей семян  
*Fraxinus mandshurica* Rupr.**

**Effect of phytohormones on the growth of the seed embryo  
*Fraxinus mandshurica* Rupr.**

Дулин А. Ф., Новикова Д. О.

Dulin A. F., Novikova D. O.

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия. E-mail: d-Hibiskus@yandex.ru; novikovad93@mail.ru

Pacific State University, Khabarovsk, Russia

**Реферат.** Обработка цветков *Fraxinus mandshurica* Rupr. экзогенными регуляторами роста приводила к изменению глубины покоя сформировавшихся семян. Установлено, что процессы выхода из состояния покоя и рост изолированных зародышей *Fraxinus mandshurica* стимулировались салициловой кислотой, эпибрасинолидом, гибберелловой кислотой и ингибировались индолилмасляной кислотой. Совместное применение гибберелловой и индолилмасляной кислоты снимало ингибирующее действие индолилмасляной кислоты на ростовые процессы.

**Summary.** Processing of flowers *Fraxinus mandshurica* Rupr. by exogenous regulators led to change of formed seeds' rest depth. It was found that the processes of quiescence and growth of isolated embryos of *Fraxinus mandshurica* were stimulated by salicylic acid, epibrassinolide, gibberellic acid and inhibited by indolyl acid. The combined use of gibberellic and indolyl acid removed the inhibitory effect of indolyl acid on the growth processes.

Состояние покоя и процесс прорастания семян находится под контролем гормональной системы. Имеются многочисленные данные об участии в процессе прорастания индолилуксусной, гибберелловой и абсцизовой кислот, цитокининов, этилена. Ведущая роль в формировании покоя семян отводится индолилуксусной кислоте. В меньшей степени изучена роль жасминовой и салициловой кислот, брассиностероидов. Весьма ограничено количество исследований по влиянию экзогенных фитогормонов на становление покоя в процессе формирования семян (Николаева и др., 1999). Экологические факторы, оказывая значительное влияние на процессы роста, развития и продуктивности растений, проявляют свое действие и на показателях сформировавшихся семян: морфологических, анатомических, физиологических и биохимических (Baskin, Baskin, 1998). Особый интерес представляет изучение становления морфофизиологического покоя, который является результатом взаимодействия морфологической (недоразвитие зародыша) и физиологической (физиологический механизм торможения) составляющих.

Задачей настоящего исследования является воздействие экзогенных регуляторов роста на становление покоя в процессе формирования семян, совместного влияния фитогормонов на выход из состояния покоя и рост изолированных зародышей.

Объектом нашей работы являлись изолированные зародыши *Fraxinus mandshurica* Rupr. (тип покоя семян – морфофизиологический). Время сбора плодов: в конце октября, после листопада. Зародыши изолировали из семян, предварительно замоченных на две недели в условиях холодильника. Изолированные зародыши помещали для проращивания в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную растворами регуляторов роста: салициловой кислотой, гибберелловой кислотой, эпибрасинолидом и индолилмасляной кислотой. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Зародыши проращивали при освещении лампами дневного света при температуре 20–22 °С, морфометрические показатели снимали на 12 сутки. Обработку цветков материнских растений *Fraxinus mandshurica* проводили опрыскиванием водными растворами регуляторов роста. Выход зародышей из

состояния покоя оценивали по признакам – синтез хлорофилла, раскрытие семядолей и рост корня. Повторность опытов пятикратная, биологическая – двукратная. Проводилась статистическая обработка данных.

Фитогормоны и их аналоги широко используются в практике сельского хозяйства для регуляции темпов роста и развития растений, повышения их продуктивности и являются мощным экологическим фактором химического воздействия на растительный организм. Представляло интерес выяснить, как некоторые регуляторы роста при обработке материнских растений влияют на качество формирующихся семян.

Обработка цветков *Fraxinus mandshurica* Rupr. приводила к формированию семян, различающихся по глубине покоя в зависимости от используемого регулятора роста. В контрольном варианте через две недели прорастала пятая часть изолированных зародышей. Столь же глубоким покоем обладали семена в варианте с обработкой цветков этрелом. Все другие используемые регуляторы роста: эпибрассинолид, индолилмасляная кислота, бензиламинопурин, гибберелловая кислота и хлорхолинхлорид – характеризовались формированием семян с меньшей глубиной покоя – число проросших изолированных зародышей варьировало от 50 до 100 %. Наибольшее количество семян с менее глубоким покоем формировалось в вариантах с эпибрассинолидом и бензиламинопурином. Обнаружена связь между концентрацией эпибрассинолида и глубиной покоя семян. В варианте с концентрацией 0,01 мг/л и 0,1 мг/л прорастало 70 % изолированных зародышей. А в варианте с концентрацией 0,5 мг/л прорастали все.

Проращивание изолированных зародышей на растворах фитогормонов сказывалось на выходе их из состояния покоя и ростовых процессах. Применение салициловой кислоты в концентрации  $10^{-4}$  М и эпибрассинолида в концентрации  $10^{-7}$  М сопровождалось более ранним выходом зародышей из состояния покоя, а использование индолилмасляной кислоты в концентрациях 5 мг/л и 10 мг/л, напротив, приводило к задержке выхода семян из состояния покоя.

Влияние различных концентраций салициловой кислоты на рост вышедших из состояния покоя зародышей отражено в табл. 1. Все три используемые концентрации:  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  М оказали стимулирующее влияние на линейные размеры оси зародыша и сырую массу проростка. Оптимальная концентрация фитогормона составила  $10^{-4}$  М, при этом величина оси была больше контрольного варианта на 53 %, а сырая масса проростка – на 47 %.

Таблица 1

Влияние салициловой кислоты на рост изолированных зародышей *Fraxinus mandshurica* Rupr. (семена урожая 2016 г.)

| Вариант          | Длина оси    |     | Сырая масса  |     |
|------------------|--------------|-----|--------------|-----|
|                  | мм           | %   | мг           | %   |
| H <sub>2</sub> O | 10,00 ± 0,01 | 100 | 9,50 ± 1,50  | 100 |
| СК $10^{-4}$ М   | 15,30 ± 0,03 | 153 | 14,00 ± 0,80 | 147 |
| СК $10^{-5}$ М   | 13,60 ± 0,10 | 136 | 12,75 ± 0,75 | 134 |
| СК $10^{-6}$ М   | 13,50 ± 0,15 | 135 | 13,00 ± 1,00 | 137 |

В случае исследования влияния эпибрассинолида на рост изолированных зародышей оказали действие все три концентрации:  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-8}$  М (табл. 2). Наибольшим стимулирующим влиянием характеризовался вариант с концентрацией эпибрассинолида  $10^{-6}$  М. Совместное применение салициловой кислоты и трех концентраций эпибрассинолида приводило к стимуляции роста оси и сырой массы зародышей. Однако величина стимулирующего действия в этих вариантах не превышала показателей варианта с применением только эпибрассинолида.

Совместное применение стимулирующих концентраций салициловой кислоты и ингибирующих концентраций индолилмасляной кислоты (табл. 3) увеличивало ростовые процессы по сравнению с вариантом индолилмасляной кислоты 5 мг/л, однако некоторая стимуляция роста оси по сравнению с контролем наблюдалась только в варианте с совместным применением индолилмасляной кислоты и салициловой кислоты в концентрации  $10^{-6}$  М. Сырая масса проростков в вариантах с совместным применением фитогормонов была на одном уровне с вариантами применения только салициловой кислоты.

Таблица 2

Влияние совместного применения салициловой кислоты и эпибрасинолида на рост изолированных зародышей *Fraxinus mandshurica* Rupr. (семена урожая 2016 г.)

| Вариант                   | Длина оси    |     | Сырая масса  |     |
|---------------------------|--------------|-----|--------------|-----|
|                           | мм           | %   | мг           | %   |
| H <sub>2</sub> O          | 11,50 ± 0,05 | 100 | 24,00 ± 2,60 | 100 |
| СК 10 <sup>-4</sup> М     | 13,00 ± 0,07 | 113 | 28,00 ± 2,04 | 117 |
| ЭПБ 10 <sup>-6</sup> М    | 18,00 ± 0,05 | 138 | 33,00 ± 1,00 | 138 |
| ЭПБ 10 <sup>-7</sup> М    | 16,00 ± 0,07 | 123 | 36,00 ± 1,00 | 150 |
| ЭПБ 10 <sup>-8</sup> М    | 15,00 ± 0,10 | 115 | 46,00 ± 2,04 | 192 |
| СК+ЭПБ 10 <sup>-6</sup> М | 16,00 ± 0,06 | 123 | 54,00 ± 0,01 | 225 |
| СК+ЭПБ 10 <sup>-7</sup> М | 17,00 ± 0,09 | 131 | 59,50 ± 2,50 | 248 |
| СК+ЭПБ 10 <sup>-8</sup> М | 15,00 ± 0,08 | 115 | 54,50 ± 2,50 | 227 |

Таблица 3

Влияние совместного применения индолилмасляной кислоты и салициловой кислоты различной концентрации на рост изолированных зародышей *Fraxinus mandshurica* Rupr. (семена урожая 2017 г.)

| Вариант                   | Длина оси   |     | Сырая масса  |     |
|---------------------------|-------------|-----|--------------|-----|
|                           | мм          | %   | мг           | %   |
| H <sub>2</sub> O          | 4,60 ± 0,07 | 100 | 30,00 ± 0,50 | 100 |
| ИМК 5 мг/л                | 3,00 ± 0,10 | 65  | 26,00 ± 1,75 | 87  |
| СК 10 <sup>-4</sup> М     | 7,60 ± 0,09 | 165 | 46,00 ± 1,25 | 153 |
| СК 10 <sup>-5</sup> М     | 5,30 ± 0,20 | 115 | 32,00 ± 0,80 | 107 |
| СК 10 <sup>-6</sup> М     | 5,50 ± 0,10 | 120 | 40,00 ± 1,50 | 133 |
| ИМК+СК 10 <sup>-4</sup> М | 4,00 ± 0,09 | 87  | 34,00 ± 0,20 | 113 |
| ИМК+СК 10 <sup>-5</sup> М | 4,50 ± 0,08 | 98  | 40,00 ± 1,00 | 133 |
| ИМК+СК 10 <sup>-6</sup> М | 5,00 ± 0,10 | 109 | 36,00 ± 0,25 | 120 |

Как видно из данных табл. 4, совместное применение стимулирующих концентраций эпибрасинолида и индолилмасляной кислоты в некоторой степени снимало ингибирующее действие индолилмасляной кислоты на рост оси и показатель сырой массы, но рост изолированных зародышей был меньше, чем в вариантах с применением только эпибрасинолида.

Таблица 4

Влияние совместного применения индолилмасляной кислоты и эпибрасинолида различной концентрации на рост изолированных зародышей *Fraxinus mandshurica* Rupr. (семена урожая 2017 г.)

| Вариант                    | Длина оси   |     | Сырая масса  |     |
|----------------------------|-------------|-----|--------------|-----|
|                            | мм          | %   | мг           | %   |
| H <sub>2</sub> O           | 6,25 ± 0,57 | 100 | 13,00 ± 0,10 | 100 |
| ИМК 5 мг/л                 | 3,77 ± 0,17 | 60  | 11,60 ± 0,40 | 89  |
| ЭПБ 10 <sup>-7</sup> М     | 8,75 ± 0,49 | 140 | 18,00 ± 0,20 | 138 |
| ЭПБ 10 <sup>-8</sup> М     | 6,60 ± 1,62 | 106 | 15,80 ± 0,20 | 121 |
| ИМК+ЭПБ 10 <sup>-7</sup> М | 4,50 ± 0,72 | 72  | 14,40 ± 0,10 | 111 |
| ИМК+ЭПБ 10 <sup>-8</sup> М | 4,40 ± 0,80 | 70  | 14,00 ± 0,30 | 108 |

Инкубация изолированных зародышей на растворах гибберелловой кислоты показала, что в концентрациях 3 мг/л, 6 мг/л, 12 мг/л фитогормон активировал рост оси зародыша на 112–145 %, способствовал накоплению сырой массы на 31–78 %. Оптимальная концентрация гибберелловой кислоты составила 12 мг/л. Совместное применение эпибрасинолида и гибберелловой кислоты сопровождалось усилением влияния каждого гормона как на рост оси, так и на накопление сырой массы (табл. 5). Так, в варианте с эпибрасинолидом длина оси составила 140 % по сравнению с контролем, с гибберелловой

кислотой 12 мг/л – 245 %. Совместное применение гормонов привело к результату – 310 %. Синергизмы наблюдали и в проявлении совместного действия фитогормонов на показатель сырой массы.

Таблица 5

Влияние совместного применения эпибрасинолида и гибберелловой кислоты различной концентрации на рост изолированных зародышей *Fraxinus mandshurica* Rupr. (семена урожая 2017 г.)

| Вариант                | Длина оси    |     | Сырая масса  |     |
|------------------------|--------------|-----|--------------|-----|
|                        | мм           | %   | мг           | %   |
| H <sub>2</sub> O       | 8,40 ± 0,68  | 100 | 12,60 ± 0,87 | 100 |
| ЭПБ 10 <sup>-7</sup> М | 11,80 ± 0,58 | 140 | 16,40 ± 0,68 | 131 |
| ГБ 12 мг/л             | 20,60 ± 1,03 | 245 | 19,80 ± 1,02 | 157 |
| ЭПБ+ГБ 12 мг/л         | 26,00 ± 1,52 | 310 | 25,40 ± 1,33 | 202 |

Фитогормоны могут оказывать влияние на процессы роста и развития как самостоятельно, так и через изменение содержания других гормонов. Показано, что обработка картофеля эпибрасинолидом приводила к увеличению в стеблях концентрации абсцизовой кислоты в 2,3 раза, цитокининов в 6–8 раз (Пузина, 1999). Под влиянием экзогенной салициловой кислоты происходило изменение уровня других фитогормонов в каллусах пшеницы (Максимов и др., 2004). Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение регуляторов роста во время цветения *Fraxinus mandshurica* качественно изменяет формирующиеся семена по глубине покоя. Можно предполагать, что в процессе выхода зародышей *Fraxinus mandshurica* из состояния покоя участвуют такие фитогормоны, как брассины и салициловая кислота. В процессе прорастания изолированных зародышей рост оси, накопление сырой массы регулируется не только отдельными фитогормонами, но и путем их совместного влияния.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Максимов И. В., Сурина О. Б., Сахабутдинова А. Р., Трошина Н. Б., Шакирова Ф. М. Изменение уровня фитогормонов в каллусах пшеницы под влиянием салициловой кислоты и инфицирования возбудителем твердой головни *Tilletia caries* (DC.) Tul. // Физиология растений, 2004. – Т. 51, № 2. – С. 256–261.
- Николаева М. Г., Лянгузова И. В., Поздова Л. М. Биология семян. – СПб.: НИИ химии СПбГУ, 1999. – 232 с.
- Пузина Т. И. Гормональная регуляция как основа целостности и продуктивности растительного организма: Авто – реф. дис.... докт. биол. наук. – М.: МСХА, 1999. – 36 с.
- Baskin C. C., Baskin J. M. Ecology biogeography and evolution of dormancy and germination. – New York: Acad. Press, 1998. – 666 p.