

Н. А. АСКОЧЕНСКАЯ, С. И. АКСЕНОВ, Н. С. ПЕТИНОВ

**О СОСТОЯНИИ ВОДЫ В СЕМЕНАХ БОБОВЫХ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 18 IV 1969)

Семя, являясь одновременно конечным и начальным этапом онтогенеза, обладает чрезвычайно сложным и специфическим комплексом морфо-физиологических особенностей (1-4). К их числу можно, в первую очередь, отнести разную степень анатомической целостности и физиологической активности отдельных частей семени (зародыша, эндосперма,



Рис. 1. Кривая спада сигнала я.м.р. от семян фасоли разной степени влажности. 1 — сухие семена (11,5% H<sub>2</sub>O); 2, 3 — увлажненные (2 — 15,5% H<sub>2</sub>O, 3 — 17%); 4 — подсушенные (9,7% H<sub>2</sub>O)

оболочек) в процессе формирования и затем прорастания семян, которая была определена Н. В. Цингер как неуравновешенность жизненных уровней. Саморегуляция всех процессов, идущих в семени, направлена в итоге к необходимости воспроизвести себя, так что характерные для семян противоречия внутри жизненных уровней разрешаются в конце концов в пользу зародыша. На базе этих представлений мы попытались проследить, существуют ли какие-нибудь особенности у целого семени и его различных частей в отношении воды, рассматриваемой как один из физиолого-биохимических параметров, предполагая при этом, что подобная специфичность для воды должна носить структурный характер (5, 6).

Нами было исследовано состояние воды в семенах с высоким содержанием белков (гороха сорта Немчиновский и фасоли сорта Триумф) при помощи ядерного магнитного резонанса (я. м. р.). Измерение резонанса от протонов воды семян проводилось импульсным методом я. м. р.-спинового эха (7) с регистрацией сигнала на цифровой системе. Ранее аналогичным методом уже исследовали состояние воды в живых тканях (8-11) и показали его эффективность в связи со специфичностью линий протонного резонанса, характерных для воды, а также в связи с возможностью проводить измерения на целых, неизмененных органах и тканях.

В различных вариантах нашего опыта были использованы семена фасоли и гороха разной степени оводненности: подсушенные до 9-10% влажности в обезвоженном эксикаторе; нормальные, 11-12% влажности; увлажненные до 17-20% помещением в атмосферу, насыщенную пара-



ми воды; семена нормальные, расчлененные на зародыш и семядоли; семена разной степени набухания после 15; 30; 60 и 180 мин. пребывания в проточной аэрируемой воде при 26°. Набухшие семена по окончании экспозиции тщательно осушивали фильтровальной бумагой и помещали для измерений в кювету прибора. Средняя навеска составляла 2 г семян. Для большей стандартизации проб в опыт брали элитные семена высокой осредненности по размеру и весу.

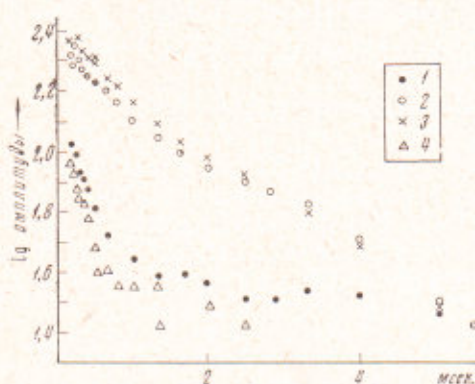


Рис. 2. Кривая спада сигнала я.м.р. от семян гороха разной степени их влажности. 1 — сухие семена (12,5%  $H_2O$ ); 2, 3 — увлажненные (2 — 21%  $H_2O$ , 3 — 22,5%); 4 — подсушенные (11%  $H_2O$ )

Проведенные измерения показали, что кривая спада спинового эха в сухих семенах бобовых носит двухкомпонентный характер. При этом, как видно из рис. 1 и 2, время спин-спиновой релаксации для первой компоненты ( $T_2 \sim 0,3-0,5$  мсек.) более чем на порядок быстрее, чем для второй ( $T_2 \sim 20-25$  мсек.), что указывает на большую степень связанности протонов водорода, характеризующихся первой компонентой. На быструю компоненту приходится не менее 80% от общего числа протонов, дающих вклад в резонанс.

Рис. 1 и 2 показывают, что увеличение влажности на 5—10% от исходной вело к резкому замедлению первой компоненты, а подсушивание на 1—1,5% — к некоторому ускорению спада, тогда как медленная компонента практически не менялась.

При исследовании отдельных частей семени было обнаружено, что в зародыше доминирует медленная компонента, а в семядолях — быстрая (рис. 3). Общая величина сигнала от воды в семядолях при расчете на

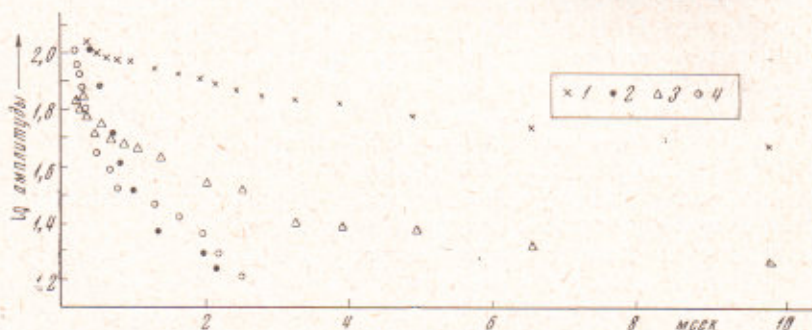


Рис. 3. Кривая спада сигнала я.м.р. от отдельных частей семян гороха (1, 2) и фасоли (3, 4). 1, 3 — зародыши, 2, 4 — семядоли (отношение веса зародышей к весу семядолей 1:2)

1 г сухого вещества в  $\sim 1,5$  раза меньше, чем в зародыше.

При набухании семян происходило постепенное замедление спада быстрой компоненты, хотя кривая спада эха в пределах до 1 часа у гороха и до 3 час. у фасоли все еще сохраняла двухкомпонентный характер (рис. 4).

Вода сухих покоящихся семян составляет 10—14% от общего веса и по данным для других тканей (12) должна быть вся отнесена к связанной воде. Но, как показали наши измерения на я.м.р., эта гидратная



вода представлена у семян двумя компонентами, характеризующими воду разной степени связанности на молекулярном уровне. Более прочно связана вода, которая преобладает в семядолях и так же как в семенах пшеницы (<sup>11</sup>), вероятно, гидратирует крахмал. Менее прочно связана вода структурных белков зародыша, причем уровень оводненности

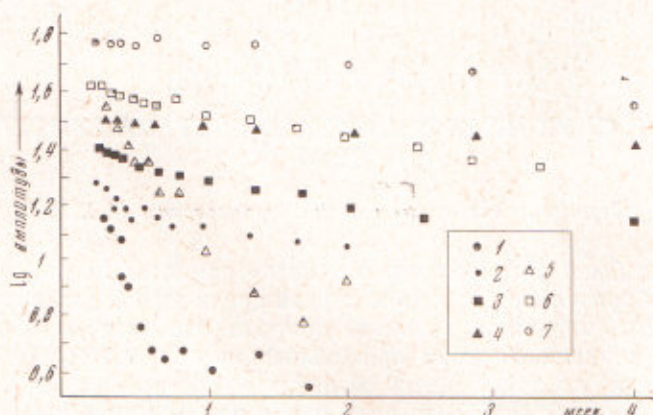


Рис. 4. Кривая спада сигнала я.м.р. от набухающих семян фасоли (1—4) и гороха (5—7). Сроки набухания: 15 мин. (1, 5); 30 мин. (2, 6); 1 час (7); 1,5 часа (3); 3 часа (4)

зародыша значительно выше. Сопоставляя настоящие данные с полученными ранее для семян пшеницы (<sup>11</sup>), мы можем отметить, что подобное двухкомпонентное распределение воды между зародышем и семядолями свойственно многим видам семян.

Другой специфической особенностью гидратации семян является то, что первым воспринимает колебания внешней влажности эндосперм, хотя вода в нем имеет более жесткую структурированность. Здесь, видимо, мы наблюдаем эволюционно возникший механизм защиты семени, когда заблокированные отсутствием воды ферментные системы и структурные белки зародыша остаются инертными, покоящимися, несмотря на изменение оводненности эндосперма. Последний, таким образом, играет роль как бы регулятора влажности семени, а отсюда, по-видимому, и определяет за завершающих этапах формирования семени и первых этапах набухания интенсивность биохимических процессов, большинство из которых идет в водной среде. Возможно, именно с этим механизмом связана слабая физиологическая активность зародыша в покоящемся семени.

Полученные данные позволяют говорить о наличии структурно-биохимической специфичности целого семени и его отдельных компонентов по отношению к воде.

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
7 IV 1969

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Д. А. Сабинин, Физиология развития растений, Изд. АН СССР, 1963.  
<sup>2</sup> В. Крокер, Л. Бартон, Физиология семян, ИЛ, 1955. <sup>3</sup> М. Г. Николаева, Физиология глубокого покоя семян, «Наука», 1967. <sup>4</sup> Н. В. Цингер, Семя, его развитие и физиологические свойства, Изд. АН СССР, 1958. <sup>5</sup> N. S. Frank, Ann. N. Y. Acad. Sci., 125, Part 2, 730 (1965). <sup>6</sup> И. Клотц, Вода. В кн. Горизонты биохимии, М., 1964. <sup>7</sup> E. L. Nahn, Phys. Rev., 80, 580 (1950). <sup>8</sup> О. Ф. Безруков, Сборн. Структура и роль воды в живом организме, Л., 1966, стр. 190. <sup>9</sup> В. И. Бруков, Биофизика, 11, в. 1 (1966). <sup>10</sup> Н. А. Мальцев, Ф. Г. Мифтахутдинова, В. Д. Федотов, Сборн. Вопросы водообмена культурных растений, Казань, 1965. <sup>11</sup> С. И. Аксенов, Н. А. Аскоченская, Н. С. Петин, Физiol. раст., 16, в. 1 (1969). <sup>12</sup> Л. А. Абецедарская, Ф. Г. Мифтахутдинова, В. Д. Федотов, Биофизика, 13, в. 4 (1968).