

ФАКТОР ХИРАЛЬНОСТИ В ФИЗИОЛОГИИ СЕМЯН

Холманский А. С.

Исследована температурная зависимость хиральности (ТЗХ) растворов глюкозы и декстрана, моделирующих жидкую среду семян. Экстремальный характер ТЗХ связали с аномалиями свойств воды в точках 4, 25, 35°C. Установили корреляцию ТЗХ растворов со спектром оптимальных температур прорастания семян 154 растений. Показали, что аномальные отклонения ТЗХ от средних значений при температурах 4-15°C не связаны с возмущениями магнитного поля земли солнечным ветром. Предположили, что биосистемы чувствительны к хиральному фактору неэлектромагнитной природы.

Ключевые слова: хиральность; глюкоза, аномалии; температура; семена; прорастание.

ВВЕДЕНИЕ

Вода в физиологии растений играет роль матрицы и ключевого метаболита. В процессе филогенеза аномальные физические свойства воды отобразились на особенностях термодинамики живых систем и механизмах их адаптации к внешним условиям. Например, экстремальные для плотности и теплоемкости воды температуры (Т) 4 и 35°C [8] предопределили оптимальные условия существования живых организмов. Сравнимую с аномалиями воды роль в генезисе и онтогенезе живых систем играет фактор хиральности [3,6]. Обусловлено это доминированием хиральных соединений в биосфере и существованием в природе универсальных хиральных факторов электромагнитной и иной природы [1,5].

В работах [4,8] высказано предположение, что в основе физико-химического механизма стратификации влажных семян при 3-5 °С лежит их реакция на действие внешнего хирального фактора. При этом ключевую роль в сенсбилизации вещества семени к данному фактору играют аномалии физических свойств воды. Последние выражаются в преобладании в свободной воде при таких температурах льдоподобной фазы, включающей кластеры из спиральных цепочек тетраэдрических водородных связей [8]. Предполагают [2], что такую структуру имеет несвязанная вода в семенах растений и при более высоких температурах. Таким образом, вода способствует установлению

в биосистеме дальнего порядка, что повышает эффективность квантовых и кооперативных процессов, лежащих в основе чувствительности биосистем к слабым внешним факторам, включая хиральный [4].

Таким образом, физиология прорастающих семян растений может служить объектом изучения чувствительности биосистем к хиральному фактору. Их структура в миниатюре воспроизводит ключевые этапы онтогенеза живого организма [2], а состав и физико-химические свойства адекватно отображают метаболический синергизм правых и левых соединений. К примеру, семя пшеницы содержит ~70% хиральных соединений и 14% воды в покое, которые могут возрасти до 100% при набухании семян.

Учитывая это, в работе сравнили спектр распределения оптимальных температур прорастания семян различных культур с аномалиями воды, характерными для этого диапазона температур. С целью выяснения физической природы хирального фактора изучили зависимость хиральности модельных растворов глюкозы (GL) и декстрана (DX) от температуры (Т) и вариаций геомагнитного поля (ГМП).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные по оптимальным Т прорастания семян растений средних широт брали из различных сельскохозяйственных справочников и научных работ опубликованных в интернете. Проанализировали данные по следующим видам растений (в скобках число представителей): зерновые (19), овощи (47), цветы (20), деревья и кустарники (21), сорные травы (47).

Угол вращения плоскости поляризации (α) света ($\lambda 589$ нм) измеряли на круговом поляриметре СМ-3 (точность $\pm 0,02^\circ$). На 100 мл воды для инъекций растворы содержали: GL - 40 г декстрозы моногидрата; 0,1 М HCl до pH 3,0-4,0; 0,26 г NaCl; DX - 10 г декстрана с молекулярной массой от 30000 до 40000 и 0,9 г NaCl. Раствор GL находился в кювете 10 см, а DX в кювете 20 см. Энергию активации (E_a , кДж/моль) аномальной зависимости α от Т определяли по методу [7]. Исследования проводили при комнатной ($T_r=23\pm 1$) и уличной Т (на балконе), которая менялась в диапазоне 3,5-17°C. Измерения α

синхронизовали с вариациями активности ГМП, приведенными на сайте Центра прогнозов космической погоды ИЗМИРАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На Рис 1 показаны зависимости α растворов GL и DX от T и $1/T$. На них отмечены даты и время некоторых аномальных отклонений (флуктуаций) α . На Рис 2 показаны вариации ГМП на момент измерения α раствора GL. На Рис 3 изменения α синхронизованы с вариациями ГМП. Зависимости α от T для GL и DX имели изломы и минимальные значения в экстремальных точках $T_{ex} \sim 21$ и $\sim 23^\circ\text{C}$, соответственно. При $T > T_{ex}$ величина α GL и DX не менялась вплоть до $T \sim 25-26^\circ\text{C}$. Из экспоненциальных аппроксимаций зависимости α от $1/T$ для $T < T_{ex}$ (Рис 1) оценили эффективные энергии активации (E_a), которые составили 0,33 и 0,38 кДж/моль для растворов GL и DX, соответственно.

Флуктуации α ($\pm \Delta\alpha_{ex}$) от средней линии на Рис 1 для GL были в $\sim 2-3$ раза больше, чем перепад α ($\Delta\alpha$) на границах диапазона $4-T_{ex}$. Для DX величины $|\Delta\alpha_{an}|$ были сравнимы с $\Delta\alpha$ (Рис 1). Относительные изменения хиральности ($\Delta\alpha/\alpha$) для GL и DX были близки и составляли около 1%, а их величины $|\Delta\alpha_{an}|/\alpha$ равнялись ~ 2 и $\sim 1\%$.

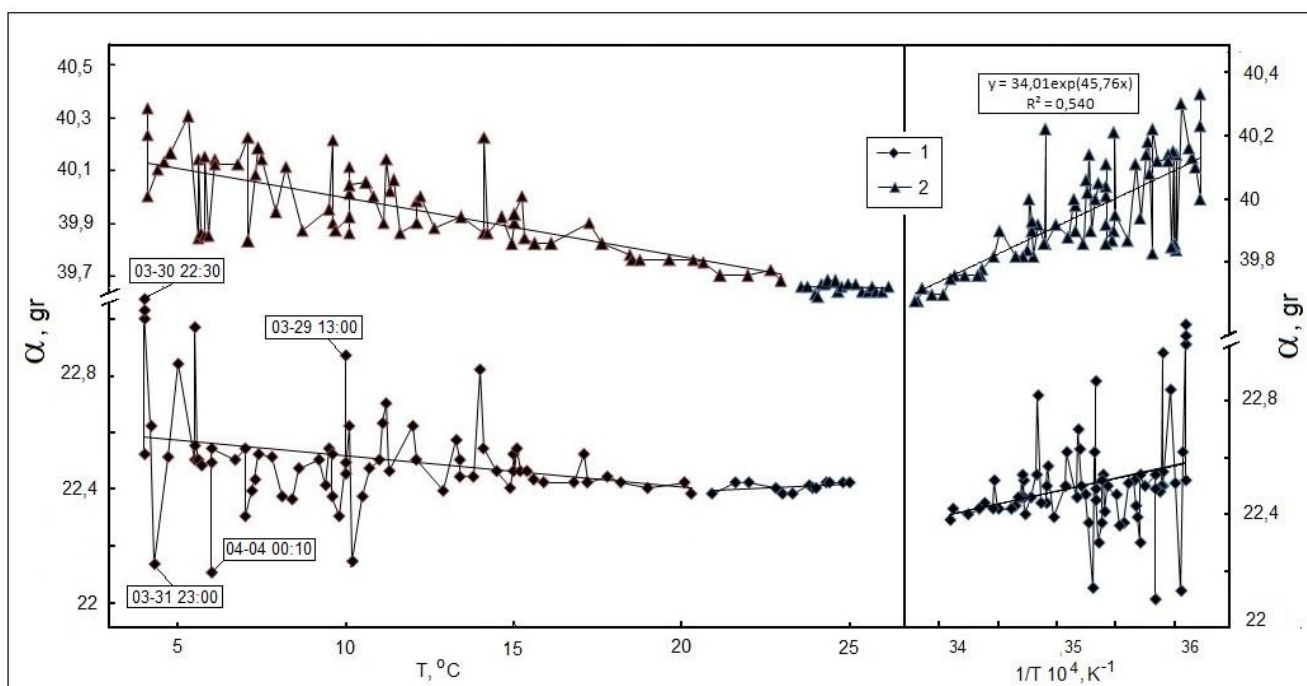


Рис 1. Зависимости угла вращения (α) хиральных растворов GL (1) и DX (2) от T и $1/T$.

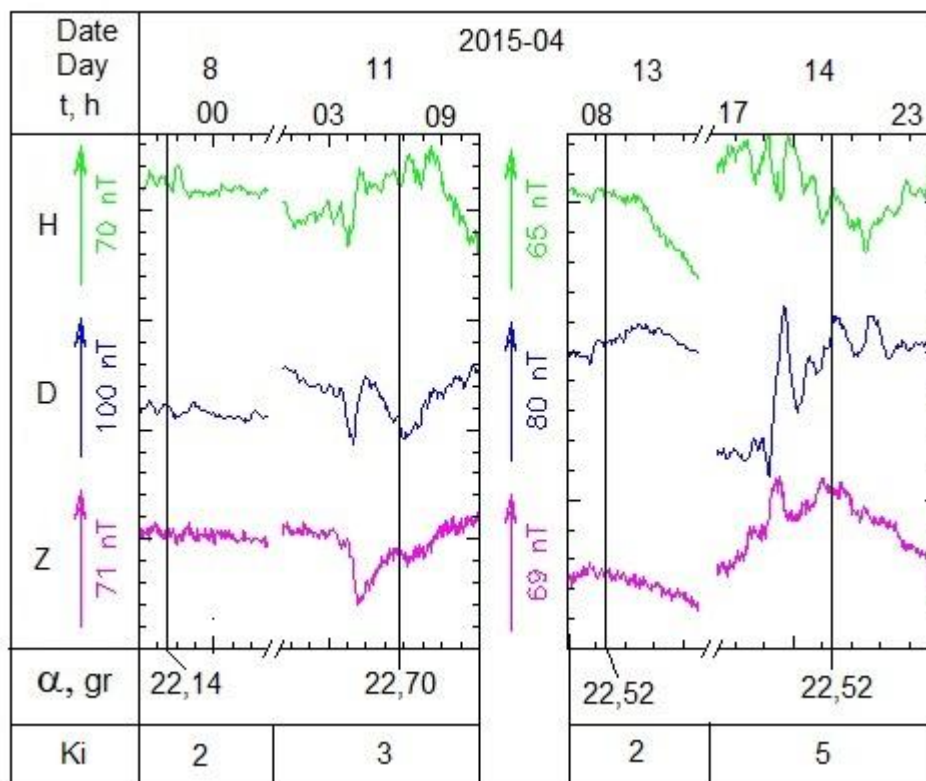
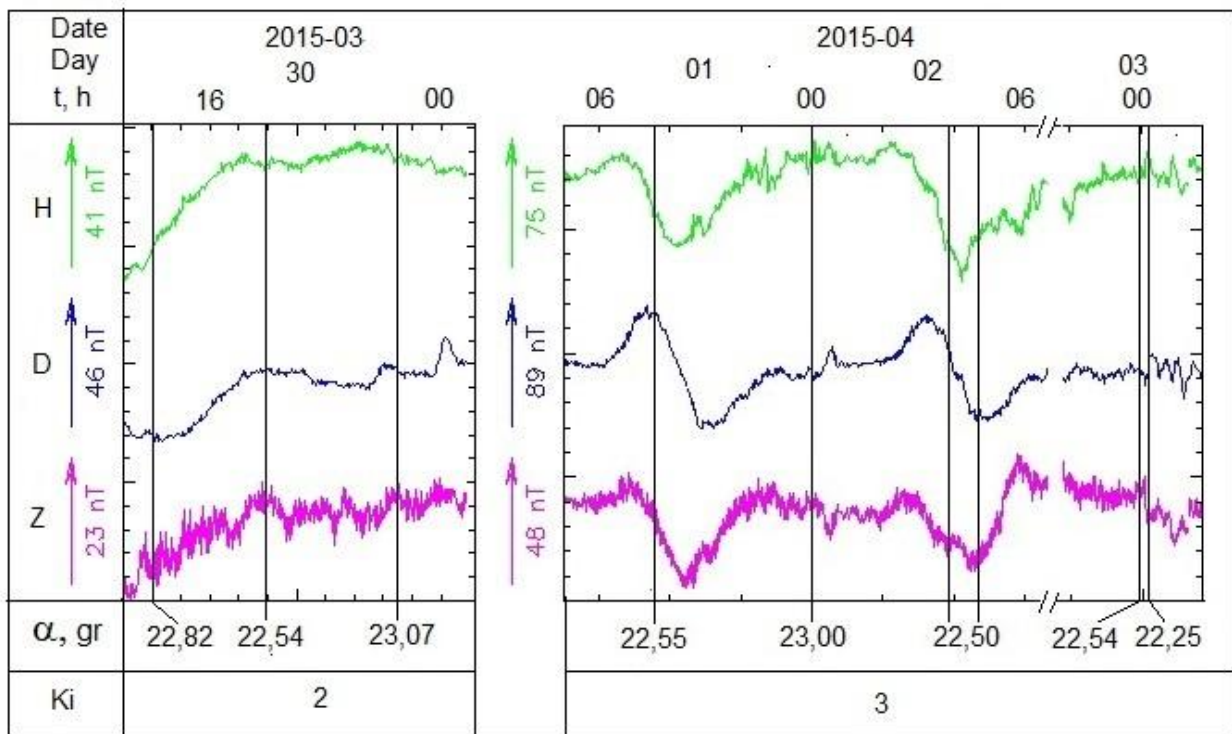


Рис 2. Вариации северной (H), восточной (D) и вертикальной (Z) компонент ГМП, синхронизованные с измерениями α раствора GL, проведенными в период с 30 марта по 14 апреля 2015 года. Ki - трехчасовой индекс геомагнитной активности. Время московское.

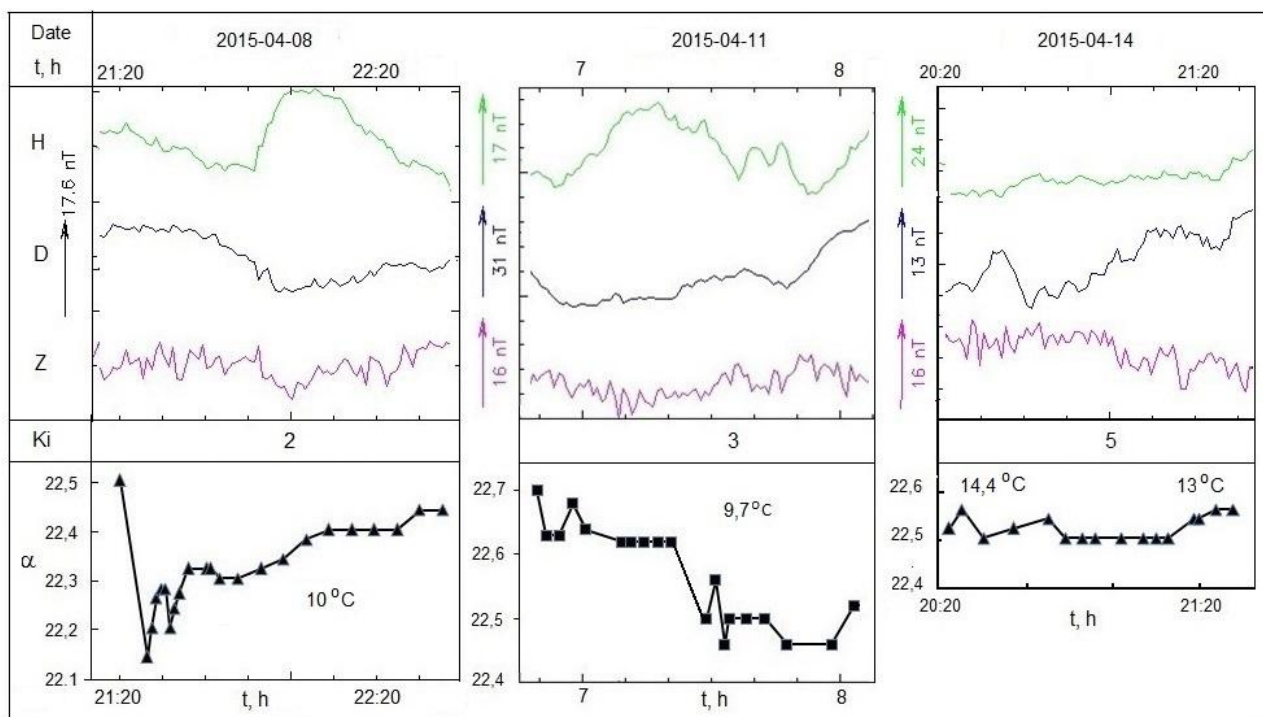


Рис 3. Сравнение кинетики изменений α и вариаций H, D, Z компонент ГМП при различных T и Ki.

На Рис 4 представлен спектр распределения оптимальных T прорастания для 154 растений.

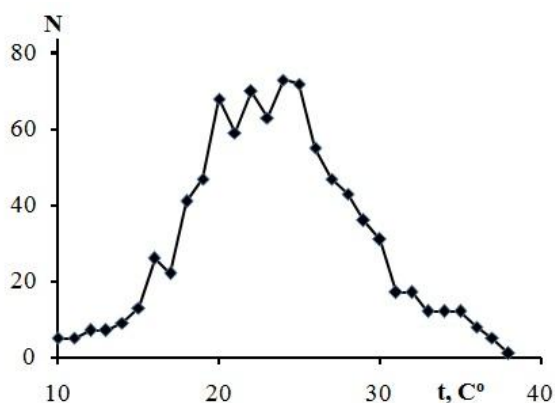


Рис 4. Распределение оптимальных температур прорастания семян 154 растений (зерновые, овощи, цветы, деревья и кустарники, сорные травы).

Исследования температурных зависимостей (TD) α GL и DX показали следующее. Характер TD α растворов GL и DX соответствуют аномальной TD изобарной теплоемкости воды (C_p), которая имеет излом при 25 и минимум при 35°C [8]. Значения E_a для растворов GL и DX также можно сопоставить с величинами E_a для C_p , равными 1,6 и 0,8 кДж/моль в диапазонах $4 < T < 25$ и $25 < T < 35$ °C, соответственно. По аналогии с объяснением экстремального характера TD C_p особенности TD α растворов GL и DX также можно связать с

перестройкой молекулярной динамики воды на уровне вращательных движений спиральных кластерных образований. Более того излом TD α растворов GL и DX при $T_{ex} \sim 21$ и $\sim 23^\circ\text{C}$ подтверждает отнесение экстремальной точки в районе 25°C к фазовому переходу между состояниями воды с различной степенью спиральности тетраэдрической сетки водородных связей.

Таким образом, причиной возрастания α растворов GL и DX при снижении $T < T_{ex}$ может быть не только процесс ассоциации молекул глюкозы [7], но и увеличение плотности льдоподобной фазы воды, включающей тетраэдрические спиральные кластеры. В основе этого процесса лежат кооперативные вращательно-ориентационные движения молекул в кластерах. Полученные оценки E_a для TD α растворов GL и DX попадают в диапазон энергий 0,18-1,0 кДж/моль маятниковых колебаний молекул воды с амплитудой $\sim 20-30^\circ$ [8]. Разница в величинах E_a растворов GL (0,33) и DX (0,38 кДж/моль), очевидно, обусловлена с влиянием полимерной структуры DX на динамику кластеров воды. Вследствие этого раствор GL имеет повышенную чувствительность к внешнему хиральному фактору, что подтверждается возрастанием $|\Delta\alpha_{an}|/\alpha$ для GL вдвое по сравнению с $|\Delta\alpha_{an}|/\alpha$ для DX.

Положение максимума в спектре распределения оптимальных T прорастания семян при $20-25^\circ\text{C}$ (Рис 4) совпадает с положением экстремальных точек на TD α GL и DX и TD C_p воды. Данный результат согласуется с предположением об участии аномальных свойств воды и внешнего хирального фактора в механизме стратификации семян, а также в активации и энергетике их прорастания.

Для выяснения физической природы фактора, вызывающего аномальные отклонения α растворов GL и DX при $T < 15^\circ\text{C}$ проанализировали данные о влиянии на хиральность растворов сахаров постоянного магнитного поля, ориентации поляриметра и активности ГМП. Величина α растворов GL и DX сохранялась в пределах ошибки измерения при смене ориентации оси кюветы с севера на восток [8], а также в постоянном магнитном поле, направленном по

оси кюветы (~ 6 Гс) [7] и перпендикулярно ей (неодимовый магнит с индукцией $\sim 10^4$ Гс).

Сравнение силы и динамики возмущений ГМП с величиной и кинетикой $\Delta\alpha_{an}$ растворов GL и DX свидетельствует о следующем. Аномальные отклонения α от средней линии TD возникают при $T < 15^\circ\text{C}$ и только при слабых локальных возмущениях ГМП ($K_i \leq 3$) неизвестной природы. Аномальных отклонений не наблюдали при спокойной геомагнитной обстановке при $T < 15^\circ\text{C}$, а также в периоды слабых магнитных бурь ($K_i > 4$) вызванных солнечным ветром (Рис 2, 3). Значения α в такие периоды отвечают линейному T-тренду на Рис 1. Кинетика возникновения и релаксации аномального отклонения α при $T < 15^\circ\text{C}$ не коррелирует с вариациями H, D, Z компонент ГМП (Рис 3). Отсутствие чувствительности растворов сахаров к хиральному фактору при комнатной T согласуется с результатами работ [4,7].

Таким образом, можно заключить, что хиральность растворов GL и DX при $T < 15^\circ\text{C}$ проявляет аномальную чувствительность к внешним условиям, что проявляется в возрастании амплитуды флуктуаций хиральности. Аномалии хиральности обусловлены аномалиями воды и не коррелируют с возмущениями ГМП, вызванными солнечным ветром. Распространив полученные результаты на водную среду семян растений, можно связать механизм стратификации и оптимизации энергетике прорастания семян с действием хирального фактора неэлектромагнитной природы. Вероятной природой данного фактора считают [1,5,6] проникающее спирально-вихревое излучение Солнца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев К. Я., Никольский Г.А. 2005. Воздействия солнечной активности на структурные компоненты земли. 1. Метрологические условия // Исследование земли из космоса. 3: 1-10.
2. Прокофьев А.А. 1982. Физиология семян. М.: Наука: 318
3. Твердислав В.А., Яковенко Л.В., Жаворонков А.А. 2007. Хиральность как проблема биохимической физики // Российский химический журнал (ЖРХО им. Д. И. Менделеева). 1: 13-22.

4. Холманский А.С. 2005. Оптическая активность сахара и космофизика // Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем. 3: <http://fh.kubstu.ru/fams/issues/issue03/st0302.pdf>
5. Холманский А.С. 2009. Зависимость ресурса функциональной асимметрии мозга от внешних условий // Асимметрия. 1: 51-62. [http://j-
asymmetry.com/2011/12/holmansky_1_2009_1/](http://j-
asymmetry.com/2011/12/holmansky_1_2009_1/)
6. Холманский А.С. 2010. Хиральность и квантовые эффекты как факторы морфогенеза // Электронный математический и медико-биологический журнал. 4(9): [http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-28-
html/kholmanskiy-2/kholmanskiy-2.htm](http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-28-
html/kholmanskiy-2/kholmanskiy-2.htm)
7. Холманский А.С., Стребков Д.С. 2007. Зависимость оптической активности растворов сахаров от температуры // Доклады РАСХН. 5: 57-60.
8. Kholmanskiy A. 2015. Activation energy of water structural transitions // Journal of Molecular Structure. 1089: 124–128.

Статья опубликована в Ежемесячном научном журнале № 3 (7) / 2015:
[http://biologyfond.ru/nomera-zhurnalov/92-ezhemesvachnyj-nauchnyj-zhurnal-3-
7/fiziologiya-i-biokhimiya-rasteniij](http://biologyfond.ru/nomera-zhurnalov/92-ezhemesvachnyj-nauchnyj-zhurnal-3-
7/fiziologiya-i-biokhimiya-rasteniij)