

**ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКЦИЕЙ 105 мТл НА ПИГМЕНТНУЮ СИСТЕМУ ЯЧМЕНЯ**

Кольченко О.Р., Сирюк Ю.А., Тарасова О.О.  
Донецкий национальный университет  
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 83001, Украина  
e-mail: daniaua411@gmail.com

**Аннотация.** Основной акцент работы направлен на выявление биологических эффектов в биологических системах под воздействием постоянного магнитного поля определенной индукции. В работе представлены результаты воздействия магнитного поля индукцией 105 мТл на пигментную систему как на более чувствительную систему растительного организма. Объектом исследования служит ячмень озимый. Из фотосинтетических пигментов исследовались наиболее важные: хлорофилл *a*, хлорофилл *b* и каротиноиды. Проанализировано влияние постоянного магнитного поля на пигментную систему, на соотношение пигментов исследуемого объекта, а также на фотосинтетический аппарат. Выявлено значительное увеличение количества хлорофилла *a*. Результаты исследования сопоставлены с имеющимися литературными данными. Сделан вывод о положительном влиянии постоянного магнитного поля индукцией 105 мТл на пигментную систему ячменя озимого.

**Ключевые слова:** постоянное магнитное поле, пигментная система, фотосинтетический аппарат.

**EFFECT STATIC MAGNETIC FIELD BY INDUCTION OF 105 mT ON THE PIGMENT SYSTEM OF BARLEY**

Kolchenko O.R., Siryuk Yu.A., Tarasova O.O.  
Donetsk National University  
Universitetskaya St., 24, Donetsk, 83001, Ukraine  
e-mail: daniaua411@gmail.com

**Abstract.** The main focus of the work is the revealing of biological effects in biology systems under the sway static magnetic field of a certain induction. This work presents the results effect of a magnetic field by induction of 105 mT on pigment system as the most sensitive system of the plant organisms. The object of study is winter barley. The most important photosynthetic pigments were studied: chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids. The effect of a static magnetic field on the pigment system, on the ratio of the pigments of the investigated object and also on the photosynthetic apparatus has been analyzed. A significant increase of the amount of chlorophyll *a* has been detected. The results of the research have been compared with the available literature data. A conclusion about the positive effect a permanent magnetic field by induction of 105 mT on the pigmentary system of winter barley has been made.

**Key words:** static magnetic field, pigment system, photosynthetic apparatus.

В последние несколько десятилетий замечено увеличение уровня магнитного и электромагнитного полей в окружающей среде по сравнению с естественным геомагнитным полем Земли. В связи с этим имеется достаточно большое количество публикаций о том, как магнитные поля различной интенсивности влияют на живые организмы.

Одними из наиболее чувствительных организмов, которые сразу отвечают на изменение в окружающей среде, являются растения. Имеется много противоречивых данных о том, как магнитные поля влияют на растения. Одни данные свидетельствуют, что магнитные поля искусственных устройств могут детерминировать неблагоприятные эффекты. Но в то же время имеются данные о выраженном благоприятном воздействии магнитного поля (при определенных его параметрах). Поэтому в настоящее время нет единой гипотезы возникновения биологических эффектов (у растений) под влиянием магнитного поля с различными характеристиками.

Целью нашего исследования было изучение влияния постоянного магнитного поля индукцией 105 мТл на пигментную систему и фотосинтетический аппарат ячменя озимого. Объектом исследования служили растения ячменя озимого. Данный объект является более удобным для быстрого выявления магнитобиологических эффектов. Для генерации постоянного магнитного поля использовались магниты общей индукцией 105 мТл. В ходе работы исследовалось содержание фотосинтетических пигментов и их отношение. Данные показатели являются наиболее чувствительными и информативными в растительном организме на изменение условий окружающей среды. Контролем служили растения, выдержанные в условиях нормального геомагнитного поля.

Для исследования влияния постоянного магнитного поля на содержание фотосинтетических пигментов использовались 15-тидневные проростки исследуемого объекта. Эти проростки выращивались в цилиндрическом сосуде с добавлением земли для их укоренения. Такая методика является симуляцией произрастания семян в естественных условиях. После того, как проростки достигали необходимого возраста, их надземная часть срезалась и проходила дальнейшее исследование. Количественное определение содержания фотосинтетических пигментов проводилось методом абсорбционной спектрофотометрии [1]. Вытяжку пигментов получали при помощи вакуумного насоса и колбы Бунзена. Исследование вытяжки пигментов проводилось на спектрофотометре ULAB 108UV. Для расчета концентрации хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов использовали формулы Lichtenthaler (1987 г) для 80% ацетона:

$$C_a = 12,21 \cdot D_{663} - 2,81 \cdot D_{646}, \quad (1)$$

$$C_b = 20,13 \cdot D_{646} - 5,03 \cdot D_{663}, \quad (2)$$

$$C_{car} = \frac{1000 \cdot D_{470} - 3,27 \cdot C_a - 100 \cdot C_b}{229}, \quad (3)$$

где  $C_a$  – концентрация хлорофилла а, мг/л;  $C_b$  – концентрация хлорофилла b, мг/л;  $C_{car}$  – концентрация каротиноидов, мг/л;  $D_{663}$ ,  $D_{646}$ ,  $D_{470}$  – оптическая плотность вытяжки при 470, 646 и 663нм соответственно.

После вычисления концентрации пигментов в вытяжке, определяли его содержание в исследуемой ткани с учетом объема вытяжки и массы пробы по формуле:

$$A = \frac{C \cdot V}{1000 \cdot a}, \quad (4)$$

где  $A$  – количество пигмента в мг/г сырой массы;  $C$  – концентрация пигментов в мг/л;  $a$  – навеска в граммах;  $V$  – объем вытяжки;  $a$  – навеска в граммах.

Результаты исследования влияния постоянного магнитного поля индукцией 105 мТл на содержание фотосинтетических пигментов в проростках 15-ти дневных семенах ячменя озимого показали определенное увеличение фотосинтетических пигментов. Данные измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние магнитного поля на количество фотосинтетических пигментов у ячменя озимого

Вариант опыта	Содержание фотосинтетических пигментов (мг/г сухой массы)			
	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды	Сумма пигментов
Ячмень в естественных условиях	0,2 ± 0,04	0,27 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,54 ± 0,07
Ячмень при воздействии МП 105 мТл	0,4 ± 0,02	0,31 ± 0,07	0,12 ± 0,03	0,83 ± 0,14

По данным таблицы 1 в постоянном магнитном поле индукцией 105 мТл наблюдается увеличение количества содержания хлорофилла *a* в 2 раза по сравнению с контрольной группой семян. Напротив, хроническое воздействие магнитного поля такой индукции значительно не повлияло на содержание хлорофилла *b*. Также видно, что количество каротиноидов практически не увеличилось. Если судить о сумме пигментов в обоих вариантах опыта, то видно, что сумма пигментов у ячменя при воздействии магнитного поля увеличилась в 1,5 раза по сравнению с контролем. Высокая суммарная концентрация пигментов фотосинтеза может быть связана с активацией фотосинтетического аппарата под действием магнитного поля за счет увеличения хлорофилла *a*. Данные соотношения наиболее хорошо представлены на рисунке 1.

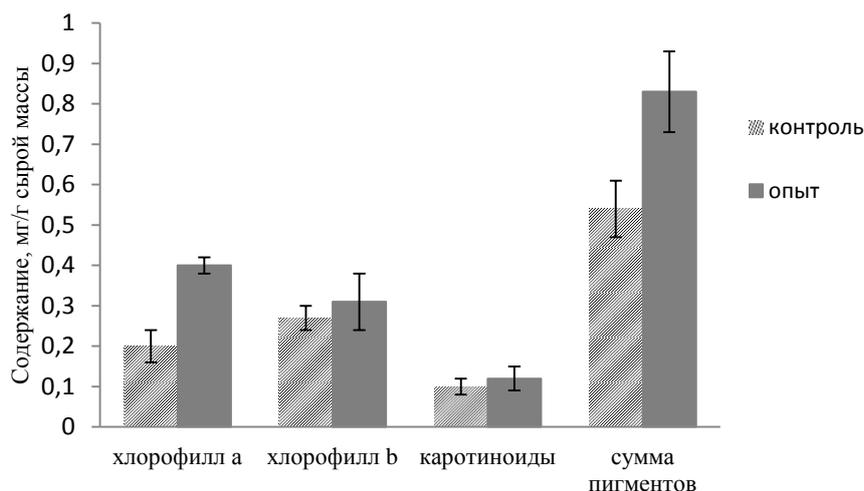


Рисунок 1 – Содержание фотосинтетических пигментов в опытной и контрольной группе

Сравнивая полученные нами результаты с литературными данными мы выявили, что похожие данные были получены и другими учеными. Например, Atak и Dhawi F. [2] после воздействия ими на растительные объекты магнитным полем заметили, что увеличивалось количество всех фотосинтетических пигментов в их ростках. По нашим же данным увеличивается лишь количество содержания хлорофилла *a*. Возможно, такое расхождение зависит от выбора объекта исследования или же от особенностей проведения эксперимента (например, таких, как

выбор растворителя для взятия вытяжки пигментов, расчет по формулам, соответствующих выбору растворителя и т.д.).

По данным Rusciciu M.[3] в его экспериментах магнитное поле пагубно влияло на содержание фотосинтетических пигментов и значительно снижало этот показатель. Наши же данные говорят совсем о другом воздействии слабого магнитного поля. Такое расхождение в данных также может быть особенностью проведения эксперимента.

Также можно предположить, что увеличение содержания фотосинтетических пигментов является следствием воздействия магнитного поля еще на ранних этапах онтогенеза развивающегося растения (ускорение развития корневой и побеговой системы). Подобные данные были предоставлены и Адриановой [4], в которых указывалось, что имеется тенденция к превышению содержания хлорофилла у растений на более ранних стадиях развития по сравнению с поздними. Кроме того, повышенная величина содержания хлорофилла в растении является важной предпосылкой для формирования высокого урожая в сельскохозяйственной деятельности.

Соотношения пигментов также играют немало важную роль в оценке работы фотосинтетического аппарата (см. табл. 2). Особенно интересным является анализ соотношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*. Это соотношение одно из самых важных характеристик для определения того, как происходит ассимиляция диоксида углерода в листьях.

Таблица 2 – Соотношение фотосинтетических пигментов в опытной и контрольной группе

Вариант опыта	Отношение фотосинтетических пигментов	
	хлорофилл <i>a</i> + хлорофилл <i>b</i> / каротиноиды	хлорофилл <i>a</i> / хлорофилл <i>b</i>
Ячмень в естественных условиях	4,7	0,74
Ячмень при воздействии МП 105 мТл	5,9	1,3

Так, по результатам наших исследований видно, что отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в ячмене, подвергнутому хроническому действию магнитного поля, почти в 2 раза больше, чем в контроле. По данному отношению судят о степени сформированности фотосинтетического аппарата. Чем это отношение больше, тем интенсивнее фотосинтез. Из чего мы можем сделать вывод, что магнитное поле индукцией 105 мТл оказывает положительное влияние на фотосинтетический аппарат, ускоряя его формирование и увеличивая интенсивность фотосинтеза.

Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам (хлорофилл *a* + хлорофилл *b* / каротиноиды) играет не менее важную роль при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Это соотношение в норме стабильно и очень чутко реагирует на изменение различных факторов среды. Данные таблицы 2 указывают на то, что отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам в 1,2 раза выше в варианте опыта с воздействием магнитного поля на ячмень озимый.

Имеются также предположения о механизмах влияния магнитных полей на содержание пигментов в растении. Среди них следует отметить, что магнитное поле способно увеличивать внутреннюю энергию, которая распределяется среди атомов, вызывая в дальнейшем ускоренный метаболизм. Также было высказано мнение о влиянии магнитного поля на мобильность ионов и их дальнейшее поглощение, что приводит к лучшей фотостимуляции и росту. В одном из исследований Tian W.X. [3] было отмечено, что магнитное поле способно изменять свойства воды и, таким образом, намагниченная вода увеличивала содержание хлорофилла в рисе. Повышение фотосинтетической активности по показаниям повышения содержания пигментов наблюдал также Пурьгин [5], который исследовал влияние предпосевной обработки магнитным полем на физиологические показатели растений.

Оценивая факт влияния магнитного поля на пигментную систему развившихся стеблей, можно говорить о его стимулирующем влиянии на фотосинтетический аппарат, и судя по повышенному содержанию хлорофилла *a* и отношения пигментов, улучшение его деятельности.

#### Список литературы / References:

1. Гавриленко В.Ф. *Большой практикум по фотосинтезу*. М.: ACADEMIA, 2003, 254 с. [ (In Russ.)]
2. Martinez E. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electro- and Magnetobiology*, 2000, no. 19, pp. 271-277.
3. Dhawi F. Magnetic Fields Induce Changes in Photosynthetic Pigments Content in Date Palm (*Ohoenixda ctylifera* L.) Seedlings. *The Open Agriculture Journal*, 2009, no. 3, pp. 1-5.
4. Андрианова Ю.Е. *Хлорофилл и продуктивность растений*. М.: Наука, 2000, 134 с. [Andrianova Y.E. *Chlorophyll and plant productivity*. М.: Nauka, 2000, 134 p. (In Russ.)]
5. Пурьгин П.П. Влияние предпосевной обработки семян льна на рост и биохимические показатели проростков. *Вестник СамГУ*, 2015, № 10, с. 166-173. [Purygin P.P. Influence of preseeding processing of seeds of flax on growth and biochemical indicators of sprouts. *Vestnik SamGU*, 2015, no. 10, pp. 166-173. (In Russ.)]