

П.К. Хиженков, Н.В. Добрица, М.В. Нецветов

СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОРАСТАНИЕ ЯЧМЕНЯ

*Донецкий национальный университет,
ул. Щорса, 46, г. Донецк, 83050, Украина*

Введение

Несмотря на глобальную распространенность электромагнитных полей (ЭМП) в биосфере, электромагнитная экология как раздел факториальной экологии разработана в настоящее время недостаточно. Мало исследовано и взаимодействие ЭМП с другими экологическими факторами, в первую очередь химическими.

Специфика факториальной экологии не всегда позволяет получить достаточный объем информации в природной среде, что заставляет переносить исследования в лабораторию. Это накладывает определенные ограничения на выбор объекта исследований. Опыт работы в экспериментальной экологии как наш, так и других исследователей дает основания считать, что одним из наиболее удобных объектов являются растения [1 – 5]. Находясь в основании трофических цепей, они накапливают из почвы химические вещества – как полезные, так и вредные и таким образом определяют уровень их потребления консументами различных порядков. Одним из следствий антропогенного пресса на экосистемы является значительное (вплоть до нескольких порядков) увеличение концентраций токсических веществ, например соединений свинца [6 – 8] в почве, воде и атмосфере.

Все это подтверждает актуальность проведения всесторонних исследований в данной области факториальной экологии.

Ранее показано, что переменное магнитное поле (ПеМП) напряженностью ~ 60 Э и частотой $f = 50$ Гц, действующее в период замачивания семян в концентрированных растворах хлорида бария и нитрата свинца, приводит к угнетению последующего роста растений в химически и физически «чистых» условиях [1]. В [2] аналогичные эксперименты проведены на различных частотах ПеМП ($f = 1,5; 8; 24$ и 50 Гц). Показано, что показатели роста (всхожесть и средняя длина ростков) при $f = 1,5$ и 8 Гц уменьшаются, затем (24 Гц) возрастают и вновь уменьшаются (50 Гц). В той же работе ростовые показатели сравнивали с количеством поглощенного семенами свинца, которое определяли атомно-абсорбционным методом. Выявлена четкая противофазная частотная зависимость ростовых и концентрационных показателей – чем выше концентрация свинца, тем ниже ростовые показатели. Исследовали влияние этих частот на ростовые показатели при замачивании семян в растворе стимулятора роста – гумата натрия [3]. Полученная частотная зависимость оказалась зеркально-симметричной по отношению к таковой для солей тяжелых металлов.

Следует отметить, что в работах [1 – 3] одноразовые кратковременные экспозиции в период набухания при изолированном действии химического или физического фактора не давали статистически значимого эффекта; последний наблюдался при сочетанном действии обоих факторов. В связи с этим представляет интерес проследить влияние химической и физической нагрузки не только в период набухания, но и при последующем росте растения.

Объект и метод исследования

Использовали *Hordeum vulgare* L. – вид, занимающий одно из ведущих мест в валовом производстве зерна. Следует отметить, что при расположении сельскохозяйственных угодий вблизи

оживленных автомагистралей или предприятий цветной металлургии концентрация свинца в зернах и зеленой массе может превышать нормальную в восемь и более раз [7]. Исходя из полученных ранее результатов по сравнению ростовых показателей с концентрацией свинца, накопленного в зернах в период набухания семян [2], выбран сорт «прерия».

Известно также, что основным посредником, обеспечивающим биологические эффекты от колебаний солнечной активности, является геомагнитное поле (ГМП) [9], а один из универсальных механизмов передачи информации от ГМП к организму – изменение проницаемости клеточных мембран для ионов металлов и других веществ [10].

В наших экспериментах предварительно определялась докритическая концентрация уксуснокислого свинца в субстрате, при которой около половины семян сохраняли жизнеспособность. Она составляла 1,5%, при этом всхожесть – 50 – 60%, а средние длины – 30% от контроля. Стимулятор роста – гумат калия – брали в концентрации, предназначенной для полива согласно инструкции выпускающего предприятия. Выборки семян по 100 штук помещали в цилиндрические пластиковые контейнеры диаметром 100 и высотой 120 мм, снабженные негерметичными крышками. Субстратом служила уложенная в четыре слоя на дне контейнера фильтровальная бумага, которая ежедневно увлажнялась поливными растворами в строго одинаковых количествах – по 5 мл. Длительность эксперимента для каждой частоты 6 суток ежедневная экспозиция опытных выборок в ПеМП 3 часа. Рабочие частоты – 1,5; 8; 16; 24; 32; 40 и 50 Гц – задавали с помощью генератора Г6-27, снабженного низкочастотным усилителем. Опытные выборки на время экспозиции помещали внутри соленоида; контрольные – оставались вне действия ПеМП. Основной эксперимент состоял из трех серий. Определяли: 1) эффективность изолированного действия ПеМП на растения, при этом субстрат увлажняли чистой водой; 2) действие ПеМП на растения, субстрат для которых увлажняли раствором уксуснокислого свинца; 3) эффективность ПеМП при поливе субстрата раствором гумата калия. После окончания эксперимента определяли всхожесть n и средние длины ростков $l_{\text{ср}}$. Для графических построений использовали относительные показатели всхожести $N = n_{\text{опыт}}/n_{\text{контроль}}$ и длин ростков $L = l_{\text{ср опыт}}/l_{\text{ср контр}}$.

Результаты и обсуждение

Комплексные воздействия химических нагрузок и ПеМП по своей эффективности существенно отличаются от действительности каждого фактора в отдельности и приводят к появлению сложных немонотонных зависимостей абсолютных и относительных величин ростовых показателей от частоты ПеМП.

При поливе растений 1,5% раствором уксуснокислого свинца и одновременной экспозиции в поле наблюдалось достоверное ($p < 0,001$) угнетение всхожести при частотах полевого воздействия 1,5 (30% от контроля), 8 (2%) и 50 Гц (0%). Частоты 16, 32 и 40 Гц неэффективны и по данному показателю могут быть оценены как нейтральные. При $f = 24$ Гц всхожесть превышает контрольные значения на 30% ($p < 0,05$) (рис. 1).

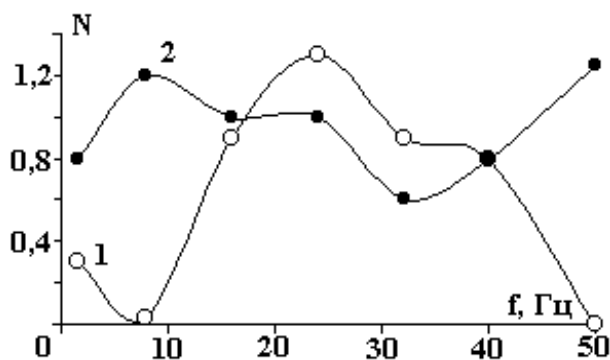


Рис. 1. Частотные зависимости относительной всхожести при действии ПеМП в комплексе с 1,5% раствором уксуснокислого свинца (1) и раствором гумата калия (2)

Полив растений раствором гумата калия в условиях действия ПеМП на частотах 1,5 и 40 Гц снижает всхожесть на 20% ($p < 0,05$), а при 32 Гц – на 40% ($p < 0,01$). Эффективность воздействия поля с $f = 16$ и 24 Гц равна нулю, а при 8 и 50 Гц показатель всхожести превышает контрольные значения на 20 и 25% соответственно ($p < 0,05$) (рис. 1).

На рис. 2 показаны частотные зависимости относительных средних длин ростков $L(f)$. При использовании для полива раствора соли свинца статистически достоверное угнетение роста наблюдалось при $f = 8$ ($p < 0,001$), 32 ($p < 0,01$), 40 ($p < 0,01$) и 50 Гц ($p < 0,001$), а стимуляция – при 16 Гц ($p < 0,01$). Частоты 1,5 и 24 Гц для показателя L нейтральны. В случае использования гумата калия L увеличивалось только при $f = 1,5$ и 8 Гц ($p < 0,05$), все остальные частоты нейтральны.

Оценивая возможные механизмы воздействия ПеМП на живые организмы, следует отметить, что в основе их лежат первичные физико-химические эффекты. При изучении биологического действия ПеМП в качестве основных механизмов рассматриваются следующие: 1) силы Лоренца, то есть изменение траектории движущегося в поле заряда; 2) смещение или вращение частиц, имеющих собственный магнитный момент; 3) поляризация электронов и ядер, приводящая к изменению радикальных химических реакций; 4) наведенная полем ЭДС индукции; 5) изменение структуры воды и, следовательно, ее биологических свойств [11 – 15].

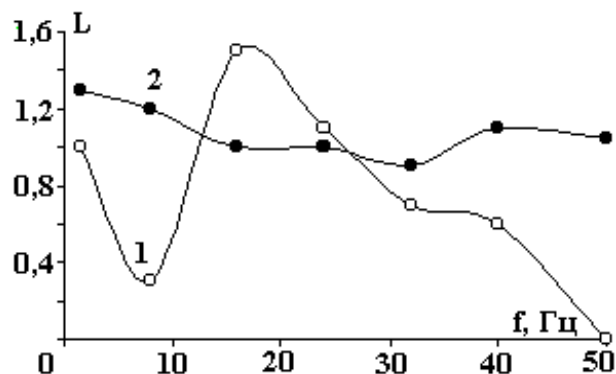


Рис. 2. Частотные зависимости относительных средних длин при действии ПеМП в комплексе с 1,5% раствором уксуснокислого свинца (1) и раствором гумата калия (2)

Наличие многих первичных физико-химических механизмов позволяет только предполагать определенные реакции со стороны биологических систем, однако не может ни предсказать, ни объяснить их. Это связано с тем, что между первичным воздействием ПеМП на вещество или элементы живой системы и реакцией организма как целого имеется множество промежуточных звеньев, большинство из которых не известно. Многие из них охвачены взаимопереплетающимися прямыми и обратными связями, в результате чего при одном и том же первичном эффекте на разных уровнях регистрации биологического проявления может отмечаться его усиление, угнетение или отсутствие всякого изменения [12].

При действии на биосистемы ПеМП острорезонансных по частоте пиков не наблюдается. При этом на отдельных участках частотного диапазона ПеМП величина, а иногда и знак ответной реакции биосистемы заметно отличаются от соседних участков.

Длительное воздействие ПеМП на организм приводит к процессам адаптации и кумуляции, наблюдающимися параллельно. При этом величина отклонений по отдельным признакам уменьшается и постепенно достигает фоновых значений, а общее состояние организма переходит на уровень большей чувствительности к воздействию других факторов [12]. Чувствительность биообъектов к ПеМП зависит от исходного состояния организма: ослабленные или больные организмы более чувствительны [16, 17]; при этом не выявлено минимальной пороговой амплитуды воздействия [18]. Данные особенности эффективности ПеМП определяются исключительной гетерогенностью биологических объектов, их принципиальной нелинейностью, которая выявляется следствием удаленности от термодинамического равновесия и обуславливает нелинейный отклик системы на внешние воздействия [19].

Выводы

1. В условиях электромагнитного «загрязнения» на определенных частотах повышается чувствительность семян и ростков ячменя к действию различных факторов как естественного, так и антропогенного происхождения, в частности, к повышенному уровню химического загрязнения.

2. Эффективность сочетанного воздействия ПеМП и химических веществ в наибольшей степени выражена для сильных ядов, например водорастворимых соединений свинца.

3. Направленность биологического действия ПеМП в условиях засоления субстрата зависит от частоты поля. Накопление и усвоение химических веществ семенами и ростками ячменя могут возрастать, снижаться или оставаться неизменными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хиженьков П.К., Александрова Н.В., Нецветов М.В. Проницаемость мембран клеток семян растений для ионов тяжелых металлов в условиях действия переменных магнитных полей // Доп. НАНУ. 1999. № 8. С. 166 – 169.
2. Хиженьков П.К., Добрица Н.В., Нецветов М.В., Дрибан В.М. Влияние низко- и сверхнизкочастотных переменных магнитных полей на ионную проницаемость клеточных мембран // Там же. 2001. № 4. С. 161–164.
3. Хиженьков П.К., Нецветов М.В., Кисляк Т.П., Добрица Н.В. Изменение проницаемости мембран клеток семян ячменя для отрицательных органических ионов в зависимости от частоты действующего переменного магнитного поля // Там же. 2001. № 3. С. 179 –180.
4. Аксенов С.И., Грунина Т.Ю., Горячев С.Н. Особенности влияния низкочастотного магнитного поля на набухание семян пшеницы на различных стадиях // Биофизика. 2001. Т. 46. Вып. 6. С. 1127–1132.
5. Белова Н.А., Леднев В.В. Влияние крайне слабых переменных магнитных полей на гравитропизм растений // Там же. Вып. 1. С. 122–125.
6. Головкова Н.П., Шамарин В.Н., Муравьева Г.В. Гигиеническая оценка воздушной среды при эксплуатации автомобилей на сжиженном нефтяном газе // Гигиена и санитария. 1993. № 1. С. 15–16.
7. Никифорова Е.М. Тяжелые металлы вредят биосфере // Химия и жизнь. 1976. № 1. С. 34–37.
8. Курапова Е. Дорога – экологический барьер // Там же. 1986. № 9. С. 43–45.
9. Владимирский Б.М. О возможных геофизических механизмах влияния солнечной активности на организм // Электромагнитные поля в биосфере. Т. 1. Электромагнитные поля в атмосфере Земли и их биологическое значение. М., 1984. С. 141–150.
10. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск, 1985.
11. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. Киев, 1989.
12. Плеханов Г.Ф. Три уровня механизмов биологического действия низкочастотных электромагнитных полей // Биологические механизмы и феномены действия низкочастотных и статических электромагнитных полей на живые системы. Томск, 1984. С. 3–8.
13. Пономарев О.А., Фесенко Е.Е. Свойства жидкой воды в электрических и магнитных полях // Биофизика. 2000. Т. 45. Вып. 3. С. 389–398.
14. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. М., 1982.
15. Хиженьков П.К., Макмак И.М., Миронова Г.И., Свирчков В.Н. К механизму действия переменных магнитных полей на живые организмы // Арх. клин. эксп. мед. 1998. Т. 7. № 2. С. 148–150.
16. Соколовский В.В., Павлова Р.Н., Музалевская Н.И. Моделирование нарушений гомеостаза при изучении биологических эффектов слабого низкочастотного магнитного поля // Всесоюз. симп.: Биологическое действие электромагнитных полей. Пущино, 1982.
17. Чижевский А.Л. Об одном виде специфически биоактивного или Z-излучения Солнца // Космический пульс жизни. М., 1995. С. 725–738.
18. Узденский А.Б. О биологическом действии сверхнизкочастотных магнитных полей: резонансные механизмы и их реализация в клетках // Биофизика. 2000. Т. 45. Вып. 5. С. 888–893.
19. Ризниченко Г.Ю., Плюсина Т.Ю. и др. Модель отклика мембранной транспортной системы на переменное электрическое поле // Там же. 1993. Т. 38. Вып. 4. С. 667671.

Поступила 07.03.04

Summary

The influence of high concentration of lead and potassium humate on barley growth under simultaneous action of alternating magnetic field (AMF) has been investigated. It is shown that the presence of lead in the substrate and the influence of AMF with frequencies $f = 1.5, 8$ and 50 Hz causes a decreasing of germinating capacity up to $0 - 30\%$, and the average acrospire length decreases up to $0 - 70\%$ at $f = 8, 32, 40, 50$ Hz in comparison with control acrospires (in the absence of AMF). Simultaneous influence of potassium humate and AMF results in decrease of germinating capacity when $f = 1.5, 32, 40$ Hz, and in increase when $f = 8, 50$ Hz. The average acrospire length increased at $f = 1.5$ and 8 Hz, others frequencies were not efficient.