

УДК 573

*М.Н. Комарова, лаборант кафедры ботаники
и основ сельского хозяйства БГПУ;*

*Ж.Э. Мазец, кандидат биологических наук, доцент
кафедры ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ;*

*Е.В. Спиридович, кандидат биологических наук, ведущий сотрудник отдела
биохимии и биотехнологий растений ЦБС НАН Беларуси;*

*В.И. Горбачевич, младший научный сотрудник отдела биохимии
и биотехнологий растений ЦБС НАН Беларуси;*

*Е.А. Городецкая, старший научный сотрудник отдела биохимии
и биотехнологий растений ЦБС НАН Беларуси;*

*В.В. Ажаронек, кандидат физико-математических наук, ведущий научный
сотрудник Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси;*

*В.А. Карпович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный
сотрудник Института ядерных проблем БГУ;*

*А.А. Ермолович, младший научный сотрудник
Института ядерных проблем БГУ*

ОСОБЕННОСТИ ПЛАЗМЕННОЙ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН LUPINUS ANGUSTIFOLIUS

Введение. В настоящее время перед практиками сельского хозяйства остро стоит вопрос о повышении урожайности растений и устойчивости их к неблагоприятным факторам среды. Одним из главных условий, определяющим урожайность сельскохозяйственных культур, является качество посевного материала.

Установлено, что основной причиной снижения качества семян при хранении считается старение – процесс ухудшения физиологического состояния семян (или детериорация), приводящий к накоплению деструктивных метаболических изменений до тех пор, пока способность к прорастанию не теряется полностью.

Детериорация семян, приводящая к их старению, может начинаться уже на стадии физиологической зрелости и продолжается при уборке урожая, обработке и хранении семян со скоростью, определяемой их генетическими особенностями и интенсивностью воздействия неблагоприятных экзогенных факторов. Вследствие детериорации семена прогрессивно снижают способность к прорастанию, включая скорость и одновременность прорастания, устойчивость к экзогенным стрессорам. Потеря силы роста у семян предшествует потере всхожести, поэтому семена различных партий с одинаковой лабораторной всхожестью часто могут различаться по их физиологическому состоянию (степени детериорации) и, следовательно, иметь различную силу роста (или физиологическое качество) [1, с. 5–30].

Понятно, что улучшение качества семян, то

есть повышение их всхожести и энергии прорастания, дает возможность сократить норму высева и получить прибавку урожая, позволив не только сократить затраты на производство зерна, но и значительно увеличить конечную прибыль [2, с. 1].

Поэтому **актуальность** изучения данной проблемы определяется существующим несоответствием физиологического качества посевного материала требованиям интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и состоит в необходимости увеличения адаптивных свойств семян к неблагоприятным условиям.

Повысить качество и полевую всхожесть жизнеспособных семян можно различными способами воздействия на семена. Данные многочисленных исследований свидетельствуют о том, что различные виды воздействия на семена могут оказывать положительное влияние на активацию ростовых процессов растений. Поэтому в настоящее время в сельскохозяйственной практике достаточно широко применяются стимулирующие факторы, способствующие повышению энергии прорастания и полевой всхожести семенного материала.

При этом одним из многообещающих результатов из проведенных в последние годы работ стало то, что положительное влияние на всхожесть, рост, развитие растений, а соответственно, и на получаемый урожай и его качество оказывает обработка посевного материала различных сельскохозяйственных культур электромагнитными и плазменными методами.

При плазменной обработке происходит комплексное воздействие на семена возбуждающего разряда электромагнитного поля, активных частиц плазмы, лучистых и тепловых потоков. Это приводит к изменению свойств как защитной оболочки, так и семядолей, эндосперма и ростковых зародышей, сопровождающееся повышением гидрофильности и воздухопроницаемости оболочки семян, активацией внутриклеточных биохимических процессов, улучшением межклеточного энерго- и массообмена. Электромагнитное воздействие может сопровождаться ростом температуры и локального давления, а также появлением механических изменений в структуре биологической ткани, функциональными и информационными перестройками процессов жизнедеятельности [3, с. 143–145].

Исследованиями последних лет доказано, что облучение в малых дозах вызывает многочисленные структурные перестройки в клетках, сохраняющиеся длительное время после облучения и приводящие к изменению функциональной активности клеток.

Поэтому **целью** данной работы является изучение влияния плазменной (плазмы высокочастотного емкостного разряда (ВЧЕР) с газовой температурой $T_g \sim 300 \text{ K}$) и электромагнитной обработки (воздействие высокочастотного низкоинтенсивного электромагнитного поля (ВЧЭМП) мощностью $5\text{--}7 \mu \text{W}/\text{cm}^2$) на прорастание семян люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*).

Объекты и методы исследования.

Объектом исследования служили семена люпина узколистного сорта Першацвет. Семена были получены в НПЦ НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино.

Исследования проводились в лабораторных условиях. Семена люпина узколистного были обработаны плазмой с экспозициями 2 мин, 7,5 мин и 15 мин в первом опыте. Затем в последующих опытах семена подвергались электромагнитной (ЭМИ1) обработке и плазменной обработке с экспозициями 0,5 мин, 2,5 и 5 мин. Контролем для них служили необработанные семена. Также были обработаны семена с такими же экспозициями, подвергнутые ускоренному старению (УС) (4 дня при 40°C , 75 % влажности воздуха). Обработка плазмой и ЭМИ1 производилась в ГНУ Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси.

Также был проведен опыт с электромагнитной обработкой контрольных семян в расчете на их объем (ЭМИ2) на расчетной длине волны внешнего воздействия 5,6 мм с экспозицией 7 мин. [4–7]. Обработка ЭМИ2 производилась в Институте ядерных проблем БГУ на лабораторной установке для микроволно-

вой обработки семян различных сельскохозяйственных культур в широком частотном диапазоне (от 37 до 120 ГГц) с плавной регулировкой мощности от 1 до 10 мВт.

Обработанные семена проращивали в лабораторных условиях в течение 11 суток при температуре 18°C : по 20 семян в трех повторностях для каждой экспозиции и контроля. На 4-й день развития все растения выставляли в условия искусственного освещения. Измеряли длину и массу проростков и корней люпина узколистного контрольных и опытных вариантов на 4, 7, 11 сутки. Проросшими считали семена с зародышевым корешком более 0,5 см. Полученные результаты обрабатывались с помощью статистического пакета программ M.Excel и Statistica 6,0.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований установлено, что после обработки плазмой с экспозициями 2, 7,5 и 15 мин на 3, 7 и 10 сутки онтогенеза наименее устойчивыми к стрессовым условиям оказались семена, подвергнутые первоначально ускоренному старению, а затем плазменной обработке. Под влиянием УС у семян значительно снижался показатель энергии прорастания и лабораторная всхожесть, формировалось большее количество аномально развитых проростков, менее интенсивно развитыми были и остальные проростки.

Выявлено, что при обработке плазмой контрольных семян из всех используемых в данном опыте экспозиции наиболее благоприятными оказались обработки 2 и 7,5 мин, о чем свидетельствуют достаточно высокие показатели всхожести и энергии прорастания данных фракций.

Однако наиболее оптимальная экспозиция предпосевной обработки должна стимулировать прорастание семян, главным образом после УС, активизировать прорастание физиологически зрелых семян. Следовательно, эта методика нуждалась в дальнейшей корректировке.

Учитывая, что из всех используемых экспозиций наиболее благоприятные результаты отмечаются при обработке 2 и 7,5 мин., дальнейшие эксперименты строились на уменьшении времени обработки с целью нахождения оптимальной экспозиции для повышения показателей всхожести и энергии прорастания семян люпина узколистного.

Предпосевная обработка плазмой с экспозициями 0,5, 2,5 и 5 мин на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза выявила, что показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести при обработке контрольных семян достаточно высокие при всех экспозициях. А при обработке семян, подвергнутых первоначально ускоренному старению, наиболее благоприятной оказалась обработка 0,5 мин (рисунок 1, таблица 1).

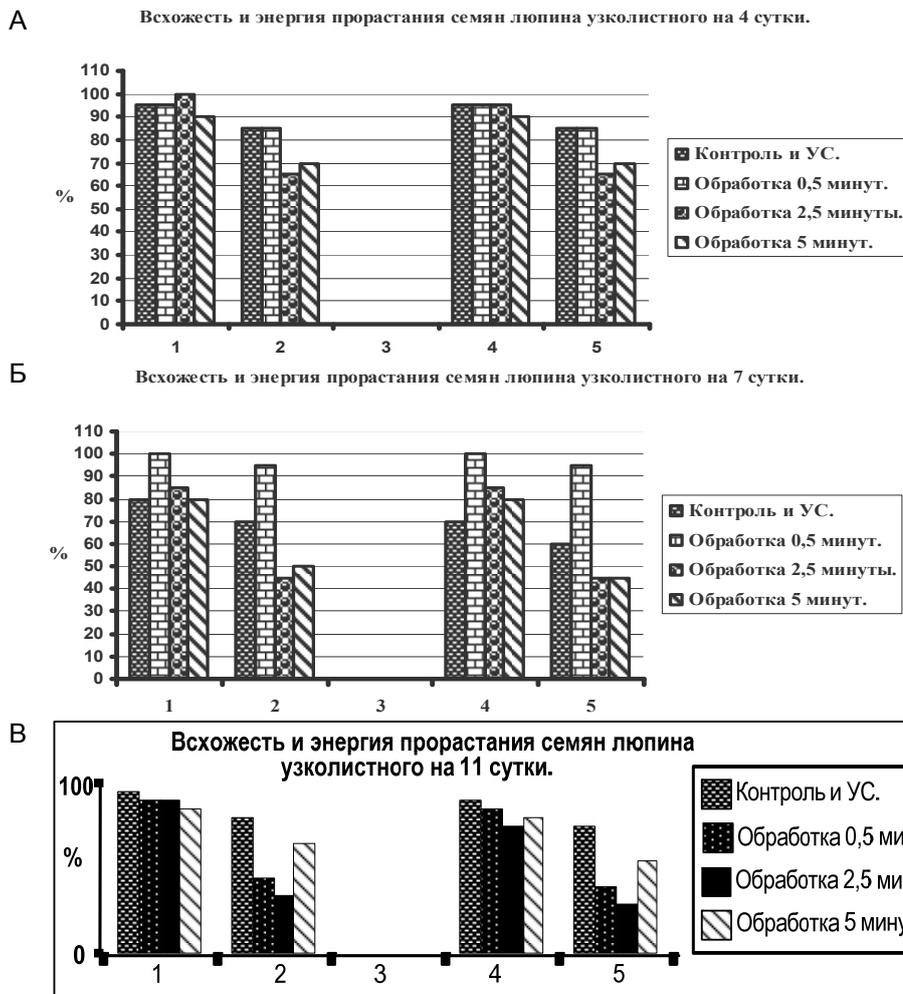


Таблица 1 – Средние значения морфометрических показателей люпина узколистного на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза после плазменной обработки

Вариант опыта; время обработки семян	Длина, см		Масса, г	
	корней	проростков	корней	проростков
4-е сутки				
Контроль	4,9±2,1	3,4±1,2	0,14±0,06	0,47±0,15
0,5 мин	4,5±1,6	3,4±0,8	0,13±0,04	0,49±0,1
5 мин	3,1±1,4	3,1±0,96	0,10±0,05	0,45±0,11
Ускоренное старение	2,7±1,7	2,6±0,9	0,09±0,04	0,39±0,11
0,5 мин	4,3±1,5	3,3±1,1	0,14±0,04	0,48±0,11
2,5 мин	2,4±1,5	2,6±0,8	0,08±0,05	0,44±0,12
5 мин	2,5±1,7	2,7±1,01	0,07±0,06	0,40±0,17
7-е сутки				
Контроль	9,3±1,5	8,3±2,05	0,29±0,07	0,82±0,12
0,5 мин	8,7±1,6	8,9±1,3	0,30±0,07	0,83±0,16
2,5 мин	6,6±2,9	6,5±2,1	0,20±0,11	0,70±0,14
5 мин	5,2±3,1	5,8±3,2	0,18±0,13	0,60±0,25
Ускоренное старение	6,4±2,4	6,6±1,3	0,24±0,12	0,75±0,12
0,5 мин	7,1±1,8	5,7±2,1	0,19±0,10	0,67±0,22
2,5 мин	8,1±1,03	7,2±1,4	0,26±0,05	0,72±0,14
5 мин	7,5±2,05	4,96±2,3	0,28±0,13	0,61±0,24
11-е сутки				
Контроль	11,4±1,7	11,7±1,3	0,36±0,06	0,92±0,19
0,5 мин	9,8±2,01	10,2±3,03	0,31±0,13	0,81±0,19
2,5 мин	11,1±1,1	10,9±2,1	0,40±0,10	0,83±0,19
5 мин	9,5±1,3	10,3±3,1	0,34±0,08	0,80±0,14
Ускоренное старение	5,7±2,97	7,2±3,5	0,21±0,16	0,75±0,26
0,5 мин	8,6±1,7	11,3±1,3	0,30±0,08	0,75±0,18
2,5 мин	10,4±1,6	9,6±0,7	0,40±0,08	0,81±0,10
5 мин	7,96±3,6	9,4±3,6	0,38±0,09	0,94±0,13

Однако следует отметить, что обработка с экспозицией 5 мин на 11 сутки дает более высокие показатели всхожести и энергии прорастания, чем обработки с экспозициями 0,5 и 2,5 мин. Вероятно, что растения, которые были подвергнуты более длительному воздействию физических факторов (в данном случае обработке плазмой), адаптируются к окружающим условиям среды только на 11-е сутки. В процессе адаптации растение проходит два различных этапа: 1) быстрый первичный ответ; 2) значительно более длительный этап, связанный с формированием новых изоэнзимов или стрессорных белков, которые обеспечивают протекание метаболизма в изменившихся условиях. Поэтому можно предположить, что в данном случае при обработке семян с экспозицией 5 мин наблюдается переход растения ко второй фазе адаптации – специализированной адаптации, где, возможно, и происходит образо-

вание новых, более надежных и более эффективных защитных механизмов, ответственных за протекание онтогенеза в условиях длительного действия стрессора [8, с. 404–405].

Кроме плазменной обработки семян проводилась и электромагнитная.

В результате электромагнитной обработки (ЭМИ1) семян люпина с экспозициями 0,5, 2,5 и 5 мин на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести оказались достаточно высокие по сравнению с контролем. Эта закономерность прослеживается как при обработке контрольных семян, так и при обработке семян, подвергнутых первоначально ускоренному старению (рисунок 2, таблица 2). Но все же следует отметить, что морфометрические показатели семян, подвергнутых первоначально УС, намного выше, чем у контрольных семян, что и является важнейшим результатом данных исследований.

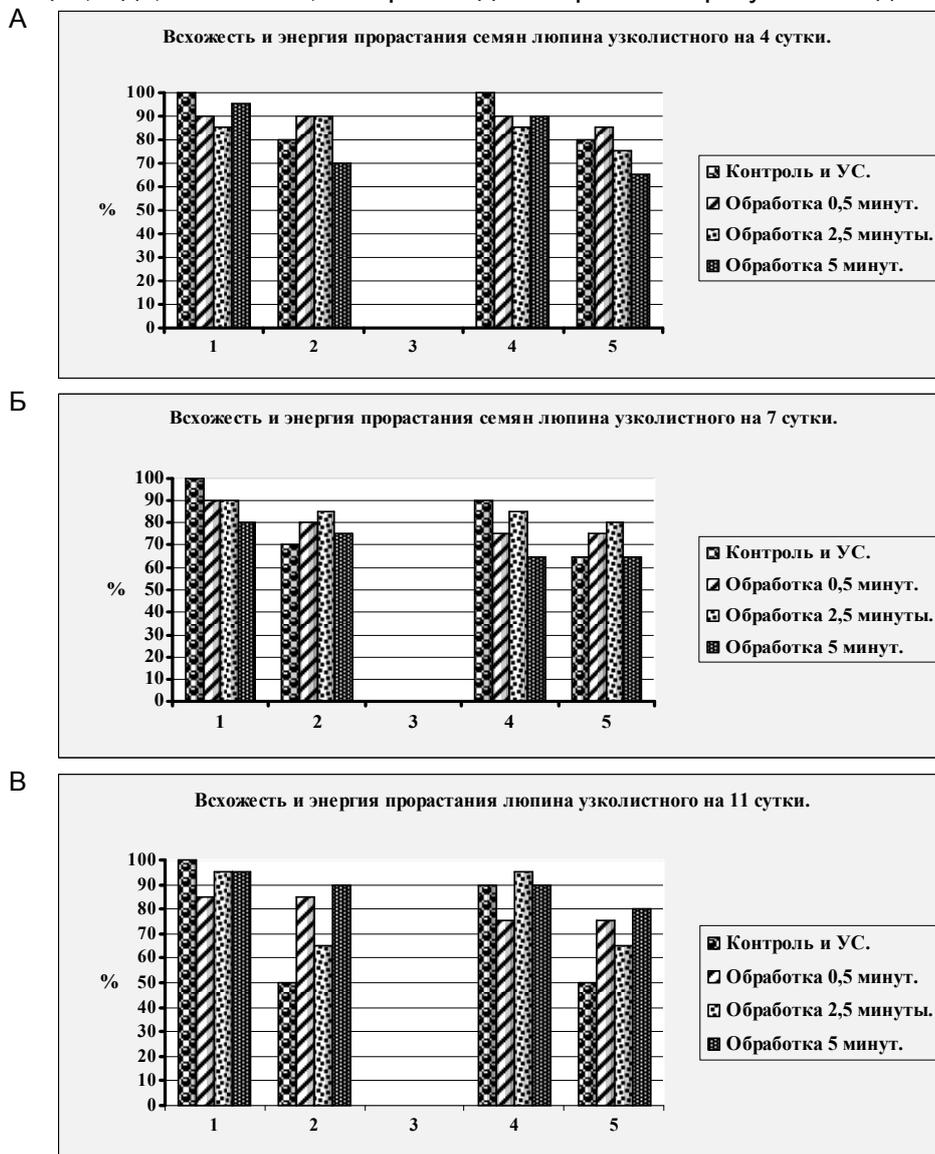


Рисунок 2 – Всхожесть и энергия прорастания семян люпина в результате УС и предпосевной обработки семян ЭМИ1: А – на 4-е, Б – на 7-е, В – на 11-е сутки онтогенеза; 1 – всхожесть семян в контроле, 2 – всхожесть семян, подвергшихся УС, 4 – энергия прорастания семян в контроле, 5 – энергия прорастания семян, подвергшихся УС.

Таблица 2 – Средние значения морфометрических показателей люпина узколистного на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза после электромагнитной обработки (ЭМИ1)

Вариант опыта; время обработки семян	Длина, см		Масса, г	
	корней	проростков	корней	проростков
4-е сутки				
Контроль	5,2±1,2	3,6±0,8	0,13±0,04	0,47±0,10
0,5 мин	3,8±1,96	3,5±1,4	0,13±0,06	0,48±0,15
2,5 мин	3,8±1,8	3,6±1,3	0,13±0,04	0,47±0,17
5 мин	4,5±1,7	3,1±0,9	0,11±0,05	0,42±0,15
Ускоренное старение	3,5±1,7	2,97±0,7	0,10±0,04	0,42±0,11
0,5 мин	5,5±1,1	3,9±0,8	0,15±0,02	0,51±0,10
2,5 мин	5,5±0,8	3,7±0,97	0,16±0,03	0,54±0,10
5 мин	3,8±1,7	3,4±1,4	0,15±0,04	0,42±0,14
7-е сутки				
Контроль	9,02±1,97	6,6±1,6	0,25±0,08	0,64±0,18
0,5 мин	7,4±2,5	6,8±2,4	0,24±0,09	0,72±0,17
2,5 мин	7,4±1,5	7,6±2,1	0,26±0,07	0,74±0,15
5 мин	8,6±1,3	8,0±1,1	0,27±0,06	0,75±0,10
Ускоренное старение	7,2±3,2	5,2±1,6	0,22±0,10	0,65±0,19
0,5 мин	8,04±1,5	7,7±1,4	0,26±0,09	0,79±0,16
2,5 мин	6,5±1,4	7,1±1,6	0,26±0,07	0,69±0,19
5 мин	5,6±2,4	7,1±1,7	0,22±0,08	0,69±0,13
11-е сутки				
Контроль	9,4±2,7	9,03±2,4	0,27±0,12	0,81±0,16
0,5 мин	9,6±2,4	9,6±2,3	0,30±0,11	0,81±0,17
2,5 мин	9,8±1,8	10,8±2,1	0,31±0,10	0,87±0,23
5 мин	9,2±1,5	10,8±1,96	0,31±0,09	0,80±0,13
Ускоренное старение	8,2±2,9	6,4±3,1	0,26±0,12	0,72±0,23
0,5 мин	8,8±1,6	10,6±2,2	0,29±0,07	0,78±0,19
2,5 мин	8,5±1,7	9,0±1,7	0,30±0,10	0,85±0,18
5 мин	7,9±1,3	10,6±1,8	0,31±0,10	0,87±0,16

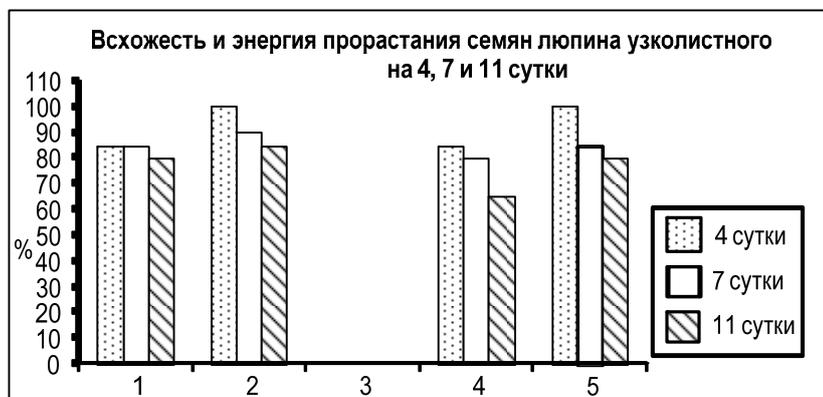


Рисунок 3 – Всхожесть и энергия прорастания семян люпина на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза в результате ЭМИ2: 1 – всхожесть семян в контроле, 2 – всхожесть семян после обработки, 4 – энергия прорастания семян в контроле, 5 – энергия прорастания семян после обработки.

Таблица 3 – Средние значения морфометрических показателей корней и проростков люпина узколистного на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза при электромагнитной обработке в расчете на их объем (ЭМИ2)

Вариант опыта; время обработки семян	Длина, см		Масса, г	
	корней	проростков	корней	проростков
4-е сутки				
Контроль	4,7±1,8	3,5±1,1	0,12±0,05	0,48±0,15
Обработка	6,1±1,7	4,1±1,2	0,16±0,04	0,53±0,14
7-е сутки				
Контроль	9,04±0,99	7,7±2,3	0,31±0,06	0,80±0,14
Обработка	8,6±1,3	8,3±2,2	0,26±0,06	0,83±0,16
11-е сутки				
Контроль	9,8±2,7	9,3±2,2	0,33±0,14	0,82±0,13
Обработка	9,2±2,98	10,2±3,1	0,32±0,13	0,87±0,20

Выявлено, что при ЭМИ1 обработке семян из всех используемых в данном опыте экспозиций наиболее благоприятными оказались обработки 0,5 и 2,5 мин в контрольном варианте и после УС (рисунок 3). Однако обработка с экспозицией 5 мин на 11-е сутки дает более высокие показатели всхожести и энергии прорастания, чем обработки с экспозициями 0,5 и 2,5 мин. Такая же закономерность наблюдалась и при плазменной обработке, что наталкивало на подтверждение предположения о переходе растения ко второй фазе адаптации.

В опыте с электромагнитной обработкой семян в расчете на их объем (ЭМИ2) показатели всхожести и энергии прорастания на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза в среднем повысились на 10–15 % по сравнению с необработанным контролем (рисунок 3). По морфометрическим данным длина и масса надземных органов увеличивается к 11-м суткам, тогда как аналогичные показатели у подземных – снижались.

В результате эксперимента выявлено, что относительный вклад каждого из факторов в изменение скоростей протекающих в клетке биохимических реакций различен, и, возможно, более высок у электромагнитного поля. Однако влияние магнитной составляющей ВЧ поля на рост растений снижается из-за одновременного действия на них оптического излучения «красного» диапазона длин волн. Используемая нами плазма ВЧЕР излучает преимущественно в длинноволновой («красной») части видимого участка спектра и ближнем ИК диапазоне длин волн. Можно предположить, что это излучение и явилось причиной снижения эффективности плазменной обработки семян люпина по сравнению с обработкой электромагнитным полем [3].

Таким образом, среди используемых физических методов предпосевной обработки семян наилучшие результаты были получены после применения электромагнитной обработки.

Перспективность данных работ обусловлена возможностью экономии финансовых средств в сельскохозяйственном производстве за счет снижения объемов закупки элитных семян, а также отсутствием необходимости применения традиционных химических и биологических методов их предпосадочной подготовки и охраны растений, приводящих к загрязнению коллекционных участков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексейчук, Г.Н.* Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г.Н. Алексейчук, Н.А. Ламан. – Минск: Право и экономика, 2005.
2. *Ламан, Н.А.* Физиологические основы и технологии предпосевной обработки семян: ретроспективный анализ, достижения и перспективы / Н.А. Ламан // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы V Междунар. науч. конф., г. Минск, 28–30 нояб. 2007 г. / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2007.
3. *Городецкая, Е.А.* Влияние плазменно-радиоволновой обработки на агрономические качества семян / Е.А. Городецкая, Е.В. Спиридович, И.А. Коревко, В.В. Ажаронко, И.И. Филатова // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народ. хоз-ва: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси, Минск, 12–15 июня 2007 г. – Т. 1. – С. 143–145.
4. *Karpovich, V.A.* Application of microwave energy in modern biotechnologies / V.A. Karpovich, V.N. Rodionova, G.Ya. Slepyan // The Fourth International Kharkov Symposium «Physics and engineering of millimeter and sub-millimeter waves»: Symposium Proceedings / National Academy of Sciences of Ukraine. – Kharkov, 2001. – P. 909–910.
5. *Ермолович, А.А.* О влиянии воздействия электромагнитных волн низкой интенсивности на всхожесть и поражение семенной инфекцией зерновых культур и злаковых трав / А.А. Ермолович, В.А. Карпович, О.Т. Новикова, П.П. Васько, Е.Г. Михаленко // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – № 1. – 2004. – С. 68–73.
6. *Ермолович, А.А.* Предпосевная биофизическая обработка семян овощных культур с целью повышения посевных качеств / А.А. Ермолович, В.А. Карпович, О.Т. Новикова, Г.П. Барашкова, Е.Г. Михаленко // Гавриш. – № 3. – 2004. – С. 36–37.
7. *Карпович, В.А.* Новая стимулирующая и обеззараживающая микроволновая технология предпосевной обработки семян овощных культур / В.А. Карпович, А.А. Ермолович, Е.Г. Михаленко, Г.П. Барашкова, О.Т. Новикова // Агронарама. – № 4. – 2004. – С. 17.
8. *Якушкина, Н.И.* Физиология растений: учеб. для студ. вузов, обучающихся по специальности 032400 «Биология» / Н.И. Якушкина. – М.: Гуманитар. Изд. центр ВЛАДОС, 2005. – 463 с.

SUMMARY

*Features of influence of various kinds and ways of physical processing of seeds *Lupinus angustifolius*, having various physiological quality were studied. Advantage of electromagnetic processing of seeds above plasma is revealed. It is established, that as a result of electromagnetic processing seeds with an exposition of 0,5 and 2,5 minutes increases per cent and energy of germination, become more active growth processes of physiologically mature seeds and the seeds, undergone to the accelerated ageing. The most significant effect was given with electromagnetic processing of seeds at the rate of on their volume.*