

УДК 621.313.12 + 635.073

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Спиров Г.М., Валуева Ю.В., Меркулова В.Г., Медведева Л.Н.,  
Лукьянов Н.Б., Зайцев А.С.

*Российский Федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров,  
Нижегородская обл.*

Подробная информация об авторах размещена на сайте  
«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

**В работе представлены результаты исследования влияния высокоинтенсивных физических факторов электрического поля коронного разряда (ЭПКР), создаваемого установкой «Экран», и некогерентных световых импульсов (НСИ), создаваемых установкой «Стимул» [1, 2], на семена овощных культур, с целью повышения урожайности.**

**По результатам исследования выявлено, что все использованные в эксперименте режимы высокоинтенсивного физического воздействия на семена овощных культур оказывают стимулирующий биологический эффект при оценке урожайности. Определено, что наиболее эффективными режимами ЭПКР для повышения урожайности овощных культур являются режимы с напряженностью электрического поля 3,5 кВ/см и 5 кВ/см. Выявлено, что наиболее эффективными режимами НСИ для повышения урожайности овощных культур является режим с запасенной суммарной электрической энергией импульсного источника энергоснабжения 80 кДж. Показано, что при воздействии на посадочный материал картофеля НСИ с запасенной суммарной электрической энергией 40 кДж наблюдается стимулирование роста, развития, повышение всхожести и сокращение вегетационного периода картофеля. Кроме того, данное физическое воздействие вызывает повышение качества урожая картофеля, т.к. вес и количество крупных и средних клубней в опытной группе значительно больше, чем в контрольной.**

### **Введение**

Электрофизические факторы воздействия на семена и вегетирующие растения, тепличные грунты и субстраты, микроклимат, газовую среду и т.п. могут играть особую роль в повышении урожайности и качества выращиваемых культур [3-7]. Разработка новых методов повышения жизнеспособности сельскохозяйственных культур является важнейшей задачей агробиологических наук и сельскохозяйственного производства.

Как показывает анализ научно-технической литературы, одним из перспективных направлений в повышении урожайности овощных и зерновых культур

является применение высокоинтенсивных физических факторов, генерируемых электрофизическими методами. Известны способы стимулирующей обработки семян на основе воздействия постоянных (ПМП), градиентных (ГМП) и импульсных (ИМП) магнитных полей, переменных электромагнитных полей (ЭМП) с широким спектром частот, электрического поля коронного разряда - ЭПКР, некогерентных световых импульсов - НСИ и т.д. [4, 8].

В Российском Федеральном Ядерном Центре – Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ) в течение ряда лет ведутся инициативные рабо-

ты по разработке и внедрению электрофизических методов в сельское хозяйство. На основе договоров о научно-техническом сотрудничестве проводились совместные исследовательские работы ученых научно-технического центра НТЦФ ВНИИЭФ, научно-исследовательского института сельского хозяйства (НИИСХ) и сельскохозяйственных предприятий Мордовии, а также и других организаций страны [6].

В течение ряда лет проводились лабораторные, мелкоделаячные и полевые опыты по исследованию влияний высокоинтенсивных экологически безопасных физических факторов, используемых при предпосевной обработке семян и вегетирующих растений, на развитие и урожайность сельскохозяйственных культур в хозяйствах республики Мордовии и Нижегородской области, на базе тепличных хозяйств ОАО «Агросистема» ВНИИЭФ, производственной теплицы ВНИИЭФ, городского тепличного хозяйства г. Сарова [6]. Отмечены положительные тенденции и получены достоверные результаты по увеличению урожайности зерновых и овощных культур, выращиваемых на больших производственных площадях [9].

В связи с этим целью данной работы являлось исследование влияния воздействия высокоинтенсивных физических факторов электрического поля коронного разряда и некогерентных световых импульсов на овощные культуры.

#### Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали следующие культуры: огур-

цы сорт «Апрельский»; фасоль сорт «Мистраль»; редис сорт «Жара»; морковь сорт «Амстердам»; лук репка сорт «Штуттгартер ризен»; картофель сорт «Голландский»; салат сорт «Кучерявец Грибовский».

В соответствии с целью исследования работа проводилась по следующим направлениям:

- экспериментальное исследование влияния ЭПКР напряженностью от 1 до 6 кВ/см на овощные культуры;
- экспериментальное исследование влияния НСИ с энергией от 16 до 80 кДж на овощные культуры.

Оценку влияния воздействия высокоинтенсивных физических факторов ЭПКР и НСИ на овощные культуры проводили по результатам всхожести, цветения и итогового сбора урожая.

В эксперименте на опытные и контрольные грядки в равных количествах высаживали семена и проростки следующих культур:

- огурцы сорта «Апрельский» в 3 ряда по 6 штук в ряду;
- фасоль сорта «Мистраль» по 274 шт.;
- редис сорта «Жара» по 6 г семян;
- морковь сорта «Амстердам» по 500 шт.;
- лук репка сорта «Штуттгартер ризен» по 88 шт.;
- картофель сорта «Голландский» по 80 шт.;
- салат сорта «Кучерявец Грибовский» по 1 г семян.



Рис. 1. Устройство для обработки посадочного материала «Экран-М»

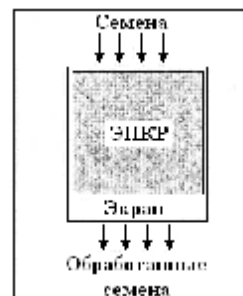


Рис. 2. Схема обработки семян

Воздействие ЭПКР градиентного типа на семена овощных культур проводили с помощью разработанного в НТЦФ ВНИИЭФ опытного устройства для обработки посадочного материала «Экран»

(рисунок 1) [2] по схеме, представленной на рисунке 2.

Технические характеристики установки «Экран» представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Технические характеристики установки «Экран»

Длительность экспозиции обработки зерна, с	0,3
Количество каналов рабочей камеры	3
Максимальная производительность обработки семян ячменя, л/мин.	60
Максимальная производительность обработки овса, л/мин.	40
Напряжение сетевого питания, В	220
Максимальная потребляемая мощность, Вт	10

Семена подвергали воздействию ЭПКР в четырех режимах, отличающихся напряженностью электрического поля в рабочем пространстве камеры 2 кВ/см, 3,5 кВ/см, 5 кВ/см и 5,5 кВ/см.

Воздействие мощным некогерентным световым излучением, генерируемым открытым искровым электрическим разрядом в воздухе при атмосферном давлении, на семена овощных культур проводили с помощью разработанного в НТЦФ ВНИИЭФ комплекса «СТИМУЛ-1» (рисунок 3) [1] для стимулирования посевного материала.

Длительность однократных световых импульсов составляет единицы и десятки микросекунд, спектральная область излучения соответствует видимому и УФ-диапазнам длин волн, генерируемые мощности составляют десятки и сотни мегаватт. Обработку проводили одноискровым

излучателем, закрепленным сверху над семенами на расстоянии ~ 0,5м.

Технические характеристики установки «Стимул» представлены в таблице 2.



**Рис. 3.** Одноискровой комплекс «СТИМУЛ-1-1» для обработки семян

**Таблица 2.** Технические характеристики установки «Стимул»

Емкость конденсаторной батареи, мкФ	40
Диапазон рабочих напряжений, кВ	1-15
Максимальная запасенная энергия, кДж	4,5
Число искровых промежутков, шт	1-10
Напряжение сетевого питания, В	220
Частота сетевого питания, Гц	50
Масса установки (без выпрямителя), кг	100

Для выявления эффектов воздействия ЭПКР и НСИ на овощные культуры формировали контрольные группы, которые количественно соответствовали опытным образцам и исследовались по аналогичным методикам.

На опытные участки в одни сроки были высажены контрольные и обработанные культуры. Обработка почвы химическими и органическими веществами не проводилась. Полив растений осуществлялся одинаково (как контрольных, так и обработанных образцов).

Оценку влияния ЭПКР и НСИ на овощные культуры проводили по скорости прорастания семян, всхожести, темпам роста, цветению и урожайности растений.

#### Результаты исследования

При воздействии мощных НСИ на посевной материал (семена овощных культур, клубни, луковицы) происходит использование энергии фотоиндуцированных свободных радикалов, энергии окислительных реакций фотостимулируемого дыхания, обусловленного активацией митохондрий и пероксисом. Запасенная во время светоимпульсного облучения семян энергия реализуется на синтез пигментов, ускоренное протекание хлоропластогенеза и митохондриогенеза и т.д. Светоимпульсное облучение семян стимулирует рост, формообразование, развитие растений, направленность обмена веществ. В итоге действия и последствие на клетку световых импульсов, стимулирующих растения, повышаются одновременно урожайность, семенная продуктивность в потомстве и биосинтез полезных продуктов: сахаров, крахмала, белков, аскорбиновой кислоты и др.

На рисунках 4 - 9 представлены нормированные к контролю значения прибавки урожая овощных культур, выращенных в 2006 г. на опытном участке.

Выявлено, что все режимы, используемые при воздействии на семена, вызывают однонаправленный биологический эффект. Урожайность овощных культур по

сравнению с контрольными значениями увеличивалась.

Наиболее ярко выраженное увеличение урожайности огурцов сорт «Апрельский» (15 %) отмечено при воздействии НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 20 кДж и при воздействии ЭПКР с напряженностью 3,5 кВ/см (18 %).

Наибольшее увеличение урожайности лука репки (51%) отмечено при воздействии НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 80 кДж.

Показано, что максимальное увеличение урожайности фасоли сорта «Мистраль» (26 %) отмечалось при воздействии ЭПКР с напряженностью 5 кВ/см.

Отмечено, что эффективность увеличения урожайности при воздействии обоими режимами, НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 20 кДж и 80 кДж, на семена редиса сорта «Жара» была примерно одинаковой - 47 % и 51 %, соответственно.

Наиболее ярко выраженное увеличение урожайности моркови сорта «Амстердам» (39 %) отмечено при воздействии НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж.

Отмечено, что урожайность картофеля увеличилась на 32 %, а урожайность салата сорта «Кучерявец Грибовский» на 36 %.

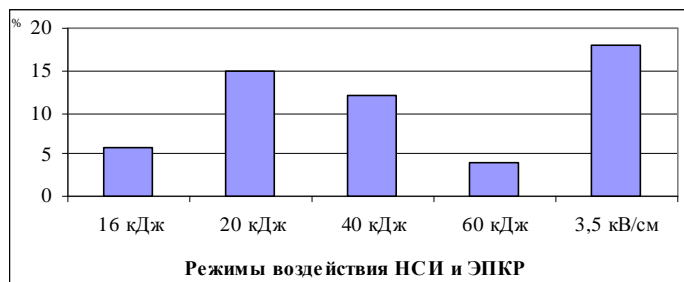


Рис. 4. Прибавка урожая огурцов сорт «Апрельский» (опыт/контроль) в 2006 г. на опытном участке

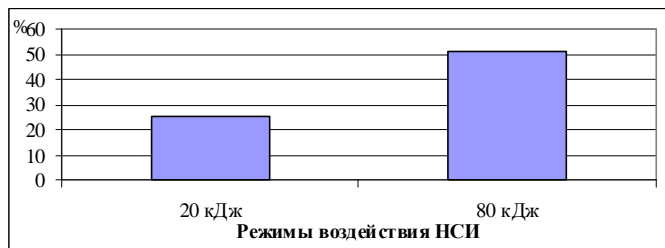


Рис. 5. Прибавка урожая лука репка (опыт/контроль) в 2006 г. на опытном участке

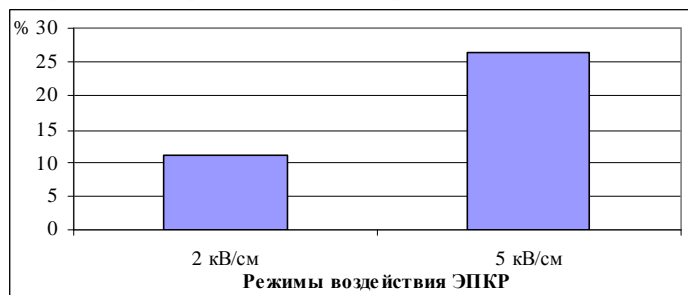


Рис. 6. Прибавка урожая фасоли «Мистраль» (опыт/контроль) в 2006 г. на опытном участке

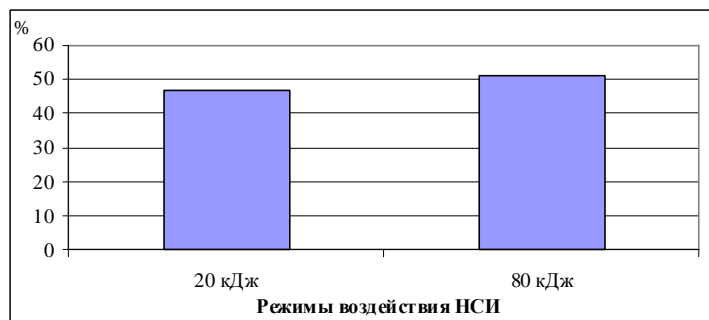


Рис. 7. Прибавка урожая редиса «Жара» (опыт/контроль) в 2006 г. на опытном участке

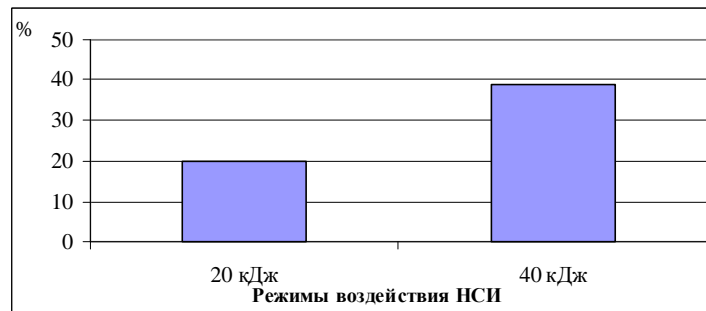
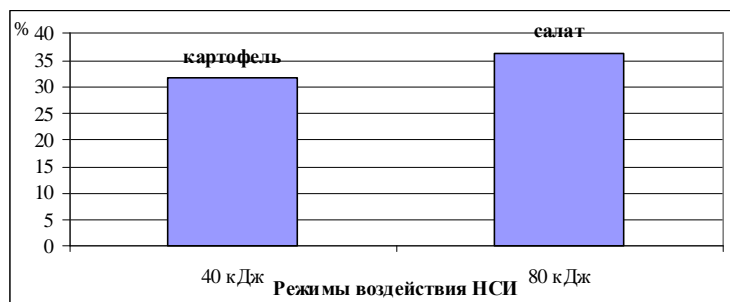


Рис. 8. Прибавка урожая моркови «Амстердам» (опыт/контроль) в 2006 г. на опытном участке



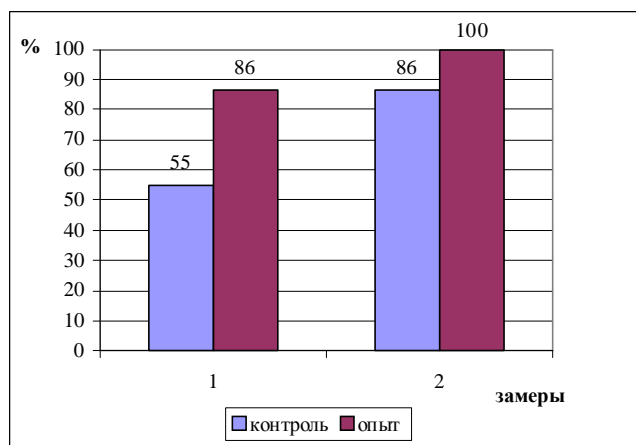
**Рис. 9.** Прибавка урожая овощных культур (опыт/контроль) в 2006 г. на опытном участке

Таким образом, по результатам данного исследования выявлено, что все использованные в эксперименте режимы высокоинтенсивного физического воздействия на семена овощных культур оказывают стимулирующий биологический эффект при оценке урожайности.

Наиболее эффективными режимами ЭПКР для повышения урожайности овощных культур являются режимы с напряженностью 3,5 кВ/см и 5 кВ/см. Наиболее эффективными режимами НСИ для повышения урожайности овощных культур являются режимы с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 80 кДж.

На рисунках 10 – 13 представлены результаты экспериментального исследования влияния НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж на посадочный материал картофеля.

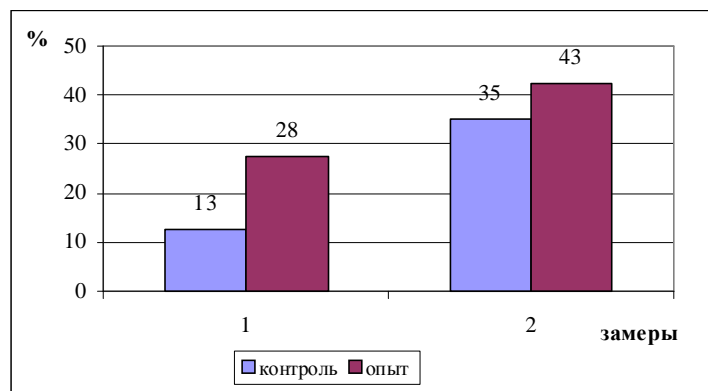
Выявлено, что при данном режиме воздействия, всхожесть обработанного картофеля повышается по сравнению с контрольным, причем при первом замере, через 21 день, обработанного картофеля всшло 86 %, а контрольного – 55 %, при втором замере, через 6 дней, в группе после обработки наблюдалась 100 % всхожесть, в контрольной же группе всшло лишь 86 %.



**Рис. 10.** Динамика всхожести картофеля, обработанного НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж

Зарегистрировано, что цветение обработанного картофеля происходит раньше по сравнению с контрольным, причем при первом замере обработанного картофеля цвело 28 %, а контрольного – 13 %,

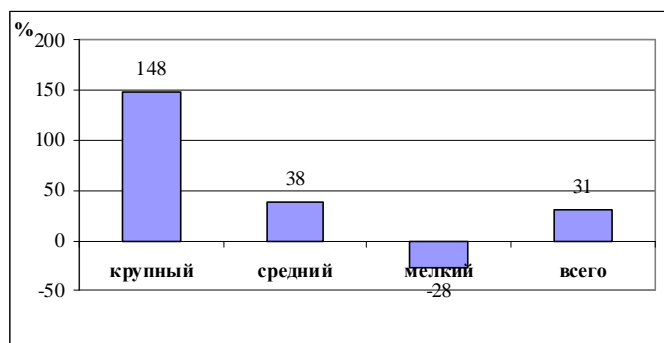
при втором замере в группе после обработки наблюдалось цветение 43 % картофеля, в контрольной же группе – лишь 35 %.



**Рис. 11.** Динамика цветения картофеля, обработанного НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж

Данные весовой прибавки собранного картофеля, отсортированного по размеру, представлены в виде процентного отношения веса собранного картофеля каждого сорта из опытной группы к контролю. Выявлено, что при данном режиме воздей-

ствия в группе обработанного картофеля вес крупных клубней на 148 % больше, чем в контрольной, вес средних клубней на 38 % больше, а мелких – на 28 % меньше, чем в контрольной группе.



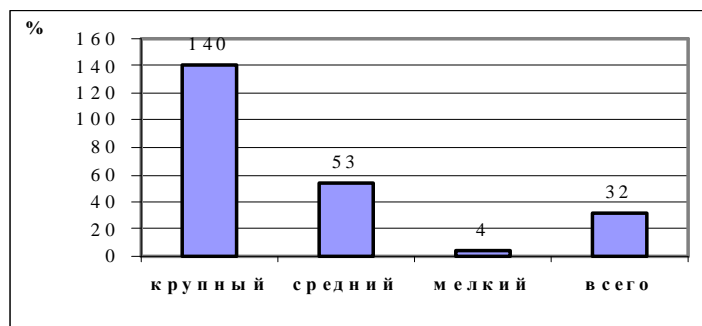
**Рис. 12.** Весовая прибавка (опыт/контроль) собранного картофеля, обработанного НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж

Данные прибавки собранного картофеля по количеству клубней, отсортированных по размеру, представлены в виде процентного отношения количества собранного картофеля каждого сорта из опытной группы к контролю. Отмечено, что при данном режиме воздействия в группе обработанного картофеля крупных клубней на 140 % больше, чем в контрольной, средних клубней на 53 % больше, а мелких – на 4 % больше, чем в контрольной группе. Общий сбор урожая картофеля увеличился по сравнению с контролем на 32 %.

Таким образом, по результатам данного исследования выявлено, что при воздействии на посадочный материал картофеля НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж наблюдается стимулирование роста и развития, повышение всхожести и сокращение вегетационного периода картофеля.

Кроме того, данное физическое воздействие вызывает повышение качества урожая картофеля, т.к. вес и количество крупных и средних клубней в опытной группе значительно больше, чем в контрольной.





**Рис. 13.** Количественная прибавка (опыт/контроль) собранного картофеля, обработанного НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж

Полученные в данном эксперименте результаты, по-видимому, связаны с тем, что механизм действия некогерентных световых импульсов заключается в реализации запасенной во время светоимпульсного облучения энергии на синтез пигментов, ускоренное протекание хлоропластогенеза, митохондриогенеза и т.д. В итоге действия и последствия на клетку световых импульсов, стимулирующих растения, повышаются одновременно урожайность, семенная продуктивность в потомстве и биосинтез полезных продуктов.

#### Выводы

1. Проведены экспериментальные исследования влияния ЭПКР градиентного типа, создаваемого установкой «Экран», и НСИ, создаваемого установкой «Стимул», на урожайность овощных культур.

2. По результатам данного исследования выявлено, что все использованные в эксперименте режимы высокоинтенсивного физического воздействия на семена овощных культур оказывают стимулирующий биологический эффект при оценке урожайности.

3. Определено, что наиболее эффективными режимами ЭПКР для повышения урожайности овощных культур являются режимы с напряженностью 3,5 кВ/см и 5 кВ/см.

4. Выявлено, что наиболее эффективными режимами НСИ для повышения урожайности овощных культур является режим с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 80 кДж.

5. Показано, что при воздействии на посадочный материал картофеля НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж наблюдается стимулирование роста, развития, повышение всхожести и сокращение вегетационного периода картофеля.

6. Получено, что воздействие на посадочный материал картофеля НСИ с запасенной суммарной электрической энергией источника питания 40 кДж вызывает повышение качества урожая картофеля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Спиров Г.М., Селемир В.Д. Разработка устройств для получения высокоинтенсивных физических факторов в НТЦ-1 ВНИИЭФ и перспективы их использования // Высокоинтенсивные физические факторы в биологии, медицине, сельском хозяйстве и экологии. Тр. Международной конф. 26-28 апреля 2004 г. – Саров, 2004. – С. 380–387.

2. Спиров Г.М., Савосин С.В., Лукьянов Н.Б., Шлепкин С.И., Клишкин В.И., Селемир Н.М. Применение электрического поля коронного разряда для стимулирования и обеззараживания посевного материала // Высокоинтенсивные физические факторы в биологии, медицине, сельском хозяйстве и экологии. Тр. Международной конф. 26-28 апреля 2004 г. – Саров, 2004. – С. 278–284.

3. Шахов А.А. Повышение урожайности концентрированным светом. - М.: Колос, 1972. – 400 с.



4. Батыгин Н.Ф., Потапова С.М., Кортава Т.С. и др. Перспективы использования факторов воздействия в растениеводстве. М. ГВНИИТЭИСХ. 1978. 56 с.

5. Батыгин Н.Ф. Биологические основы предпосевного облучения семян и зоны ее эффективности // Сельскохозяйственная биология. 1980. Вып.4. С. 495-04.

6. Спиров Г.М., Зайцев А.С., Верховова А.Ф. и др. Стимулирование семян мощными светоионизирующими воздействиями // Международная конференция "Физика и промышленность". 22-26 сентября 1996 г. Голицыно. Московская область: Тезисы докладов. М.: ТОО НИЛ. 1996. С. 256-66.

7. Спиров Г.М., Селемир В.Д., Верховова А.Ф. и др. Разработка электрофизических способов и аппаратуры для стимулирующей обработки семян и растений // Машинные технологии и новая сельскохо-

зяйственная техника для условий евро-северо-востока России / Материалы II-ой Международной научно-практической конференции. 20-23 июня 2002 г. Киров, 2000. С. 44-55.

8. Патент 2109429 Россия. А01 С1/00. Способы предпосевной обработки семян / Г.М. Спиров, В.Д. Селемир, А.Ф. Верховова // Бюл. 1998. № 12.

9. Тюренкова Н.В., Спиров Г.М., Верховова А.Ф., Медведева Л.Н., Меркулова В.Г. Выращивание тепличных культур при стимулирующей обработке семян и вегетирующих растений физическими факторами // Высокоинтенсивные физические факторы в биологии, медицине, сельском хозяйстве и экологии. Тр. Международной конф. 26-28 апреля 2004 г. – Саров, 2004. – С. 308–315.

#### **EXPERIMENTAL STUDY OF ELECTROPHYSICAL FACTORS ON CROP CAPACITY OF VEGETABLE CULTURES**

Spirov G.M., Valuyeva Yu.V., Merkulova V.G., Medvedeva L.N., Lukyanov N.B., Zaytsev A.S.

*Russian Federal Nuclear Center – All-Russia Scientific and Research Institute of Experimental Physics, Sarov, Nizhny Novgorod region*

In work results of research of influence of high-intensity physical factors of an electric field of corona discharge (EFCD) created by installation "Screen", and not coherent light pulses (NLP) created by installation "Stimulus" [1, 2], on seeds of vegetable cultures are submitted, with the purpose of increase of productivity.

By results of research it is revealed, that all modes of high-intensity physical influence used in experiment on seeds of vegetable cultures render stimulating biological effect at an estimation of productivity. It is determined, that the most effective modes EFCD for increase of productivity of vegetable cultures are modes with intensity of an electric field of 3,5 кВ/см and 5 кВ/см. It is revealed, that the most effective modes NLP for increase of productivity of vegetable cultures is the mode with the reserved total electric energy of a pulse source of a power supply 80 кДж. It is shown, that at influence on a landing material of potato NLP with the reserved total electric energy 40 кДж stimulation of growth, development, increase of germination and reduction of the vegetative period of a potato is observed. Besides the given physical influence causes improvement of quality of a crop of a potato, since the weight and quantity of large and average tubers in skilled group is much more than in control.