

УДК 621:581.1.03

## Перспективные способы использования физических факторов для активации прорастания семян и растений

*Б. Маринкович*

Институт полеводства и овощеводства, г. Нови Сад, Югославия

*М. Вулич*

"Gamma Trade GMK", г. Белград, Югославия

*М. Груйич, В. И. Кияко*

"Гамма Трейде", Югославия-Россия

*Н. Ф. Морозов*

АОЗТ "Голд ЭПГ", Москва, Россия

*А. Г. Четвериков*

ВНИИ охраны природы, Москва, Россия

*Рассмотрены традиционные и нетрадиционные воздействия физических факторов на растительные объекты. Исследовались биофизические и биологические основы действия наиболее свойственных природе электромагнитных колебаний различной частоты и интенсивности, в целях повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшения качества урожая и создания более совершенных новых форм и сортов. Воздействию подвергались зрелые семена, луковицы, клубни, вегетирующие растения. При воздействии использовался диапазон низких частот (Гц и кГц). Энергия используемых физических полей недостаточна для образования свободнорадианальных продуктов и разрыва даже слабых химических связей, но она способна в резонансном режиме нарушать диполь-дипольные связи и освободить от "блоков" активную группу ферментов. В результате резко возрастает ферментативная активность в клетках, обеспечивающая нормальное функционирование организма и реализацию его генетического потенциала. В результате воздействия физических факторов на посевной материал повышается урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе с одновременным улучшением качества продукции.*

Уже на заре земледельческой культуры большое значение придавалось подготовке посевного материала сельскохозяйственных культур для повышения продуктивности растений. Использовался комплекс воздействий, направленных на улучшение сортовых и посевных качеств семян: наряду с обычными агротехническими приемами использовали и физические факторы воздействия. Еще земледельцы Древнего Египта для сокращения периода вегетации и повышения урожайности возделываемых культур применяли воздушно-солнечный прогрев посевного материала.

Физическое воздействие на посевной материал включает большой спектр излучений различных диапазонов и энергий, обладающих выраженным биологическим действием (жесткие — гамма-, рентген- и УФ-излучения; светимпульсное и лазерное в видимой части спектра и ИК-облучение; НЧ, ВЧ, КВЧ, СВЧ, и УВЧ электромагнитные поля; электрические и магнитные поля) [15–17]. Широкое практическое применение получили такие электромагнитные излучения, которые вызывают стимуляцию физиологических с однове-

менным губительным действием на возбудителей заболеваний семян и растений. Однако применение большинства из них в сельскохозяйственном производстве связано с большими энергетическими и людскими затратами, а производительность подобных установок оказывается низкой. Кроме того, некоторые из этих воздействий обладают ярко выраженной генотоксичностью. Например, ионизирующее излучение, которое обладает огромной разрушительной силой и губительно для живого организма. И если бы на пути этого излучения к земле не имелся слой озона, а на пути к зародышу семени не был бы щит из меланиновых и фенольных соединений, судьба живых организмов, а в нашем случае — судьба семян была бы печальной. Не случайно неокрашенные семена мака оказываются полностью нежизнеспособными.

Результаты воздействия на растительные объекты этого способа были подведены в сборнике “Перспективы использования физических факторов в сельском хозяйстве” [15].

Показано [18–20], что при облучении наибольшее количество свободных радикалов (СР) образуется в кожуре семян, содержащей каротиноиды, порфирины, лигнин, полифенолы, представленные в основном меланинами, а также в алейроновом слое у злаков, где сосредоточены металлосодержащие ферменты, белки, липиды. Меньше индуцированных СР обнаружено в зародышах и весьма незначительное количество — в эндосперме и запасающих органах семян.

При взаимодействии СР с молекулами воды могут образовываться гидроксильные и перекисные радикалы, влияющие на активность и направленность метаболических и окислительно-восстановительных процессов. Возбужденные молекулы и парамагнитные частицы легко вступают в реакции, протекающие на молекулярном уровне, которые вызывают эффекты, наблюдаемые на организменном уровне.

В сельском хозяйстве имеются проблемы не только в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и в улучшении качества продукции, но и в обеспечении генетической чистоты используемых в производстве сортов. Поэтому проводились поиски такой технологии стимуляции посевного материала, которая по своим физическим свойствам не могла бы затрагивать генофонд и не являлась энергоемкой и трудоемкой.

### **Основные явления, предопределяющие активацию прорастания семян и растений**

Известно, что толчком к выходу семян растений “из покоя” является изменение их физиологического состояния в ходе набухания. С появлением фазы свободной воды (более 40 % от общего содержания воды) проявляется активность ряда ферментов: гидролитических, пероксидаз, инвертаз, каталаз, амилаз и др. [3].

Таким образом, определяющим на этом этапе становится скорость поступления воды в семена через их плотные покровы [4]. Поэтому любые средства, вызывающие нарушение целостности оболочки семян без нарушения целостности зародыша, приведут к ускорению процесса набухания. Так, увеличение проницаемости оболочек семян для воды можно вызвать механическим путем (скарификация), фотофизической и фотохимической деструкцией слагающих оболочку элементов.

При деструктивных процессах в недрах гидрофобной оболочки образуются гидрофильные “каналы” в результате изменения физических и химических свойств молекул покровных тканей под действием теплового и электромаг-

нитного излучения или потоков электронов (электрохимическая реакция) [5, 6]. Действие лазерного (красного) излучения даже в импульсном режиме может вызывать необратимую дезагрегацию нативного комплекса белка и липидов за счет кратковременного (10 с) нагрева до 150 °С [18], может “выжигать (плавить) дыры” в покровных тканях семян, с чем, вероятно, связана большая скорость набухания семян после облучения гелий-неоновым лазером.

Следующий этап выхода набухших из покоя связан с нейтрализацией ингибиторов прорастания. Причем в созревающих плодах зерновках ингибиторов накапливается тем больше, чем более зрелыми становятся семена. Наибольшее количество ингибиторов отмечается в кожуре клубней, в осенних почках древесных, в покровных тканях семян. Список подавляющих прорастание семян эндогенных ингибиторов велик. К ним относятся цианиды, горчичные и эфирные масла, феруловая, транс-коричная, *n*-сорбиновая, хлорогеновая, *n*-фумаровая, галловая, кофейная кислоты, кумарин, пирогаллол, пирокатехин, резорцин, алкалоиды, соединения фенольного ряда [8, 9], список их можно продолжить [10]. Некоторые из этих ингибиторов меняют со временем свою активность: снижая ее в результате спонтанной деструкции или увеличивая в результате конденсации молекул [11].

Начало прорастания семян после набухания находится в зависимости, с одной стороны, от концентрации ингибиторов в них, с другой стороны — от скорости их удаления и синтеза гормонов роста. Снижение количества ингибиторов прорастания в репродуктивных органах растений может проходить или в результате их “вымывания” [12], так как большая часть их водорастворима, или в результате действия пероксидаз, или внешних физических факторов [13]. Первые два случая естественны для биологических объектов. В случае воздействия не специфических внешних физических факторов опять лежит принцип фотохимической, фотофизической, электрохимической деструкции и их сублимации при действии высоких температур и тепловых излучений. Таковы возможные мишени физических воздействий на всхожесть посевного материала и на так называемую энергию прорастания, т. е. скорость прорастания, которая не имеет ничего общего с энергетическими процессами.

Рост проклюнувшихся семян изучен достаточно хорошо. Рост осевых органов делением и растяжением клеток регулируется гормонами роста и зависит от их концентрации и соотношения, которые в свою очередь зависят от скорости их синтеза и разрушения. Воздействие же физическими факторами в зависимости от величины кванта и дозы влияет не только на изменение концентрации гормонов, но и на соотношение ингибитор-стимулятор и в семенах, и в вегетирующих органах растений в результате того, что эти химические соединения различаются по своей устойчивости к фотофизическим, фотохимическим, электрохимическим воздействиям и фотосенсибилизированному окислению.

Вот те основные явления, которые определяют “лабораторную и полевую всхожесть, энергию прорастания и силу роста” [2]. И чем быстрее и раньше растение перейдет на автотрофный путь питания, тем выше будет его реальная продуктивность. Такая связь давно не вызывает сомнений и возражений [14], однако и в настоящее время при объяснении эффекта физического воздействия исследователи продолжают пользоваться понятиями “энергетической накачки биополя” объекта, которая последнее время приобрела новый смысл, как информационный аспект взаимодействия поля и биообъекта, связанное с изменением ориентации спина электрона и даже его орбиты под воздействием слабого магнитного поля (эффект Зеемана). Изменение энер-

гии электрона ( $U-E \sim 1$  эВ) достигает значений, когда проявляется туннельный эффект прохождения через клеточную мембрану, вероятность которого через барьер шириной  $d \sim 0,1 \text{ \AA}$  весьма высока ( $\sim 0,32$ ).

$$\rho = e^{-2\pi/h*d\sqrt{m(U-E)}}$$

где  $\rho$  — вероятность события;  
 $h$  — постоянная Планка;  
 $d$  — ширина барьера;  
 $m$  — масса частицы;  
 $U-E$  — изменение энергии электрона.

При воздействии переменным магнитным полем с частотой, близкой к гиромагнитной частоте электрона или иона

$$\Omega = eH/mc$$

в магнитном поле напряженностью  $H$ , массой  $m$ , усиливает раскачку этой частицы, увеличивая вероятность процесса диффузии от оболочки к ядру клетки.

Данный эффект влияет на химическое равновесие и приводит к актам ноообразования или распада молекул.

### **Физическое воздействие слабых низкочастотных электромагнитных полей на посевной материал сельскохозяйственных культур**

Исследования слабых связей в биополимерах, начатые еще в 70-е годы, привели к открытию возможности дистанционной коррекции их у растительных и животных организмов сверхслабыми физическими воздействиями модулированного низкочастотного электромагнитного поля, которое оказывает влияние на интроглобулярный перенос электронов и способствует повышению активности важнейших ферментов биообъекта. Среди запатентованных такого рода воздействий, применяемых в сельском хозяйстве, имеется технология предпосевной обработки воздушно-сухих семян и клубней растений электромагнитным модулятором (ЭММ) [21].

Исходя из теоретических предпосылок, электромагнитные низкочастотные поля (имеющие невысокие энергии квантов и неспособные вызвать разрыв химических связей) могут влиять на силу сцепления связанной воды и на колебательные уровни в цитоплазме. Учитывая, что вода играет важную роль в структурной организации белков, нуклеиновых кислот и мембран, следует полагать, что поглощенное излучение указанного диапазона может привести к изменению и метаболических процессов в живых организмах. Действительно, при воздействии ЭММ на посевной материал в нем активируется ряд ферментов в результате освобождения их активных групп от "блоков", удерживаемых на ферменте диполь-дипольными связями структурированной на поверхности биополимера воды. Наиболее существенно, что воздействие модулятором не приводит к каким-либо мутационным изменениям в хромосомах, в том числе и в локусах, кодирующих биосинтез глиадинов, глютелинов, альфа- и бета-амилаз.

Исследования показали, что после обработки семян ЭММ в зерновках при набухании более чем на 25 % увеличивается активность альфа- и бета-амилаз, способствующих гидролизу крахмала и декстринов эндосперма до олиго-, ди- и моносахаридов, необходимых для питания проростков и корней, усиливается синтез влияющего на интенсивность деления клеток фитогормона гибберри-

лина А<sub>3</sub> в зародыше и его активный транспорт в другие органы. Все это обеспечивает активный старт растению при проклевывании и быстрый переход его на автотрофный путь питания (табл. 1–7). В этом случае формируется мощный фотосинтетический аппарат, обеспечивающий энергией реализацию генетических возможностей объекта. Активный фотосинтез таких растений способствует и более полному усвоению ими минеральных и органических удобрений. В результате получается гарантированная прибавка урожая.

Таблица 1

**Увеличение активности альфа-амилазных ферментов (А) в зерновках пшеницы сорта “Камышенская-3” после 5-минутного воздействия ЭММ и некоторые параметры их прорастания (Б)**

Вариант А	Без зародыша	С зародышем	Сумма	
			в целых зерновках	в % к контролю
Контроль	10,83 + 0,53	13,32 + 0,71	24,08 + 0,62	100
ЭММ	13,65 + 0,73	16,69 + 0,53	30,34 + 0,63	126
Вариант Б	Всхожесть, %	Длина coleoptила, мм	Длина корня, мм	Количество корней, шт.
Контроль	89,3 + 1,25	9,11 + 1,10	7,73 + 0,95	3,26 + 0,40
ЭММ	96,7 + 1,35	11,00 + 0,89	9,60 + 0,93	4,70 + 0,53

Таблица 2

**Влияние ЭММ на энергию прорастания и посевную всхожесть семян хлопчатника сорта 108-Ф**

Вариант	Лабораторная всхожесть, % к контролю	Полевая всхожесть, % к контролю	
		на 4-е сутки	на 6-е сутки
Контроль	100	100	100
Препарат А-1	106	112	130
ЭММ	112	160	180

Таблица 3

**Влияние ЭММ на развитие корневой системы и ростков 8-дневных проростков хлопчатника сорта 108-Ф**

Вариант	Длина корней, мм	Масса корней		Масса ростков	
		мг	%	мг	%
Контроль	98	18,6	100	48,4	100
Препарат А-1	105	20,4	109,7	51,6	106,6
ЭММ	113	21,3	114,5	54,7	113,1

Таблица 4

**Развитие растений хлопчатника сорта 108-Ф в вегетационных сосудах после воздействия ЭММ**

Вариант	Число суток		Средняя сухая масса растения, 15-й день после появления всходов, мг
	от посева до появления всходов	от посева до появления первых настоящих листочков	
Контроль	8	23	109
Препарат А-1	6	18	135
ЭММ	3	15	169

Таблица 5

**Влияние ЭММ на рост, количество листьев и плодозлементов на начало бутонизации у хлопчатника, выращенного в открытом грунте**

Вариант	Высота растений, см	Количество, шт.	
		листьев на растении	бутонов на растении
Контроль	16,8	6,1	1,6
Препарат А-1	20,3	7,4	2,2
ЭММ	23,8	8,9	3,1

Таблица 6

**Влияние ЭММ на прорастание и активацию некоторых биохимических процессов хлопчатника сорта 108-Ф в открытом грунте (5-суточные проростки)**

Вариант	Всхожесть	Высота побега, мм	Длина корня, мм	Число корней, шт.	Площадь семядольных листьев, см <sup>2</sup>	Содержание пигментов, Хл. а/в Карот.	Активность нитратредуктазы, мкг NO на г с.в./ч (листья/корни)	Содержание белка, мкг/г с.в
Контроль	85		82,5	41,0	1,3	11,5 0,29	0,85/0,28 45,6	34,3 4250,2
ЭММ	100		112,3	56,2	4,2	15,40 0,34	0,98/0,32 56,5	44,8 5155,4

Таблица 7

**Влияние ЭММ на прибавку урожая**

Вариант	Культура	Засеянная площадь, га	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, %
Контроль	Ячмень	14	8,4	36,9
ЭММ		15	11,5	
Контроль	Пшеница	60	21,5	35,3
ЭММ		90	29,1	
Контроль	Горох	7	20	11
ЭММ		213	22	
Контроль	Картофель	14	260,4	18
ЭММ		17,1	307,3	

Их таблиц видно увеличение количества и размеров початков у кукурузы, количества стручков у бобовых, более мощное развитие метелки у овса, увеличение размеров корзинки и ее выполненность у подсолнечника, количество женских цветков у гречихи.

Увеличивается не только продуктивность растений, но и улучшается качество продукции: количество белка и клейковины у злаковых и бобовых, олеиновых кислот у масличных культур, хлопковое волокно становится тоньше, длиннее и прочнее. Особенно ощутимая разница между контрольными и опытными посевами оказывается в условиях стресса: засухи, суховея, резкого понижения температуры, что свидетельствует о высокой устойчивости таких растений, в том числе — к болезням.

Однако действие этих электромагнитных колебаний на ферментативные системы объекта имеет острорезонансный характер из-за индивидуальных

(сортовых) характеристик белков. Эта резонансная частота может быть рассчитана по формуле для расчета частоты туннельного переноса [22]:

$$\omega = \omega_0 \exp\left\{-2 \frac{L}{h} \sqrt{2m(U - E_0)}\right\},$$

где  $\omega$  — частота интраглобуляторного переноса;  
 $\omega_0$  — частота соударений электронов;  
 $m$  — масса электрона;  
 $E_0$  — энергия перехода с одного уровня на другой;  
 $L$  — высота барьера;  
 $U$  — ширина барьера;  
 $h$  — постоянная Планка.

Полученная из этого расчета частота практически может быть использована для обработки. На этой частоте происходит разрыв, по меньшей мере, одной из слабых связей ферментного комплекса, содержащегося в обрабатываемом материале, перераспределение электронной плотности в молекуле фермента, что приводит к осязательному усилению ферментативной активности и, как результат этого, — к ускоренному развитию высеянного материала после обработки. Энергия этого излучения не должна превышать энергию разрыва водородных связей, составляющую 4–4,5 ккал/моль.

В общем случае требуемый эффект практически для всех видов растений достигался при использовании частоты электромагнитных колебаний от единиц до десятков герц.

Потому уход частоты от найденной для данной культуры, даже на десятки доли герца, может привести к отсутствию эффекта от обработки и даже к отрицательному результату [21].

Предлагаемая технология предпосевной обработки сельскохозяйственных культур чрезвычайно проста и не требует осязательных энергетических затрат и ручного труда. Посевной материал может находиться в любой таре, в любом количестве, может быть протравленным, так как перетаривания не требуется. Время обработки 150 т посевного материала — 10 мин. Питание ЭММ постоянным током осуществляется от автомобильного аккумулятора или сухих батареек. Единственным ограничением этого метода является необходимость высева материала в течение 5–7 сут со дня его обработки. По истечении этого срока у многих культур эффект от обработки ЭММ резко снижается [23]. Поэтому при невозможности высева материала в указанные сроки проводится его повторная обработка.

Производственные испытания ЭММ производились на десятках тысяч гектаров в различных географических и климатических зонах и на разнообразных культурах. К исследованию эффективности воздействия ЭММ в России были привлечены Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева и Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН, Сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева (г. Москва), Всесоюзный селекционно-генетический институт ВАСХНИЛ (г. Одесса), Агрофизический НИИ РАСХ (Санкт-Петербург), ВНИИ зернобобовых и крупяных культур (г. Орел) и другие институты и исследовательские центры Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, в Югославии в 1998 г. в Институте полеводства и овощеводства (г. Нови Сад). Испытаниям с использованием ЭММ подвергались семена сахарной свеклы, сои, кукурузы, подсолнечника (табл. 8).

Таблица 8

**Прибавка урожая сельскохозяйственных культур, полученная  
с применением ЭММ**

Культура	Сорт	Опытный участок, га	Прибавка, %
Соя	Vojvodjanka	65	20,44
	Balkan	21	6,18
	Mitrosrem		22
Подсолнечник	Zarkovci	41	19,37
	NS-H 45	15	12
Кукуруза	NSSC-640		14
	Balkan		14

Наряду с этим, Институт полеводства и овощеводства проводил работы по испытанию методов активации нетрадиционным электрофизическим воздействием, одним из них был метод резонансно-импульсной электронной стимуляции (РИЭС) (автор Григорьев В. С.), аппаратура которого работает в многочастотном режиме, кГц-диапазона с участием биополя оператора. Обработке этим способом подвергались как семена в предпосевной период, так и непосредственно растения на полях в вегетационные периоды их развития (табл. 9).

Таблица 9

**Прибавка урожая (в СПЮ) в результате предпосевной обработки  
семян и растений в вегетационные периоды аппаратурой РИЭС**

Вариант	Культура	Урожайность	Разница	Прибавка урожая, %
Контроль РИЭС	Кукуруза (NS640)	136 ц/га	34 ц/га	25
РИЭС		170 ц/га		
Контроль РИЭС	Горох	28 ц/га	8 ц/га	28,5
РИЭС		36 ц/га		
Контроль РИЭС (семена)	Соя (Vojvodjanka)	2,48 т/га	0,17 т/га	6,85
РИЭС (семена и растения)		2,65 т/га		
РИЭС		2,68 т/га		
Контроль РИЭС	Сахарная свекла	62,5 т/га	22,5 т/га	36
РИЭС		85 т/га		
Контроль РИЭС	Озимая пшеница	4,65 т/га	1,45 т/га	31
РИЭС		6,1 т/га		
Контроль РИЭС	Подсолнечник	1,91 т/га	0,09 т/га	15
РИЭС		2,2 т/га		

Как в случае с аппаратурой ЭММ, обработка аппаратурой РИЭС требует мало времени, компактна и не выдвигает специальных требований по помещению или хранению обрабатываемого материала.

**Воздействие пирамид, построенных в пропорциях  
золотого сечения, на посевной материал  
сельскохозяйственных культур**

В качестве другого нетрадиционного метода активации прорастания семян предлагается способ использования энергии пирамид (аналогичных египетским пирамидам Хеопса) [24], хотя это направление вызывает у многих ученых пока неоднозначную оценку.

Тем не менее, в течение последних лет в России проводятся исследования пирамид в пропорциях золотого сечения высотой 11, 22, 44 м, построенных

А. Е. Голодом в различных регионах. Поэтому для полноты картины целесообразно хотя бы кратко упомянуть об этих работах.

Зафиксированы явления, которые сегодня можно отнести к области феноменологии. Утверждается, например, что внутри пирамиды даже при температуре  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  не замерзает обычная вода, наблюдаются аномалии при измерении течения физического времени, пространство над пирамидой непрозрачно для лучей локатора на высоту в несколько километров. В пирамиде, якобы, идет спонтанная зарядка конденсаторов, изменяется температурный порог сверхпроводимости. Зафиксирован ряд явлений, указывающих на то, что, возможно, мы имеем дело с неизученными явлениями. В широком диапазоне изменяются физические свойства углеродных, кремниевых и других материалов, меняются условия реализации фазовых переходов первого и второго рода. В октябре 1998 г. на орбитальную станцию "Мир" был доставлен груз кристаллических веществ, прошедших обработку в пирамиде Голода высотой 22 м. В течение нескольких месяцев космонавты проводят космический эксперимент по исследованию воздействия пирамид.

Утверждается также, что в биологическом аспекте под воздействием пирамид существенно возрастает жизнеспособность клеточной ткани, усиливается иммунитет животных, жизнеспособность организма выходит на более высокий уровень, значительно улучшаются свойства лекарственных препаратов.

Насколько вышеприведенные суждения справедливы, должны показать, по нашему мнению, дополнительные независимые исследования. Поэтому, в частности, весной 1998 г. в пирамиду Голода высотой 22 м были помещены на две недели по 30 кг семян подсолнечника и сои, а затем Институтом растениеводства и овощеводства высеяны в Югославии. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 10.

Таблица 10

**Прибавка урожая (СПЮ) в результате предпосевного выдерживания семян в пирамиде**

Вариант	Культура	Урожайность, т/га	Разница, т/га	Прибавка урожая, %
Контроль	Подсолнечник	2,03	0,4	19,97
Пирамида		2,43		
Контроль	Соя	1,929	0,476	24,68
Пирамида		2,405		

Из табл. 10 видно, что хотя и зафиксирован положительный результат в виде заметной прибавки урожая, но требуются еще дополнительные контрольные опыты для набора необходимой статистики, чтобы сделать окончательные выводы хотя бы на феноменологическом уровне.

### Заключение

В результате проведенных исследований рассмотрены новые перспективные способы использования физических факторов для активации семян и растений сельскохозяйственного назначения. Каждый их трех рассмотренных способов дает достоверную прибавку урожая, особенно ярко проявляющуюся в условиях стрессового развития растений из-за погодных условий. Степень изученности каждого способа различна. Наиболее исследованным с накоплением большого числа экспериментальных данных является способ воздействия слабыми электромагнитными полями аппаратурой ЭММ, эффект воз-

действия которого тесно связан с частотой, экспозицией, величиной и формой поля.

Технология повышения продуктивности и улучшения качества урожая апробирована на зерновых, бобовых, овощных, технических, лекарственных, цветочных и субтропических культурах, а также на клубнях картофеля и луковичных. Однако такая технология не заменяет требований растений к удобрениям, влаге и агрообработке почвы, а наоборот, только при их хорошей обеспеченности гарантирует высокую эффективность. Выросшие из активированных семян, клубней или луковиц растения отличаются от контрольных более мощной листовой поверхностью и корневой системой.

В результате предпосевной обработки озимых и яровых пшеницы и ячменя наряду с повышением энергии прорастания и др. в общей надземной массе возрастает доля зерна до 48–55 % против 38–45 % у контроля. Вместе с тем увеличивается масса 1000 семян и на 2–5 % содержание белка. Предпосевная обработка впоследствии в зерновках будущего урожая снижает относительный вес зародыша в среднем на 3,1 и 4,2 %, что, с точки зрения мукомольного и пивоваренного производства, рассматривается как улучшение качества зерна.

Предпосевная обработка семян разных сортов и гибридов кукурузы повышала полевую всхожесть на 12–15 %, сокращала период онтогенеза на 6–8 дней и ускоряла наступление полной спелости початков на 12–18 дней раньше контроля. В фазе выметывания опытные растения более интенсивно, чем контрольные, поглощали азот, фосфор и калий и включали в органические и белковые формы. Это благоприятно сказывалось на активации структурно-метаболических процессов, а в конечном итоге — на интенсификации и продуктивности фотосинтеза и образовании биомассы и зерна.

У позднеспелых сортов сои предпосевное облучение семян повышает урожай на 10–13 %, а в зерне нового урожая — содержание белка на 4–5 %, жира — на 1,5–2 %.

Содержание сухого вещества, сумма сахара и каротина в корнеплодах моркови контрольного варианта составило, соответственно, 9,5; 4,8; 5,1 мг % против 12,8; 5,3; 6,9 мг % в вариантах с обработкой.

Семена от растений предпосевной обработки сохраняют всхожесть в течение двух-трех лет хранения.

Предпосадочная обработка клубней разных сортов картофеля, помимо увеличения урожайности, существенно улучшает структуру и товарность урожая, увеличивая в общем урожае долю крупных клубней до 85 %. Увеличение размеров дочерних клубней коррелирует с содержанием сухого вещества, аскорбиновой кислоты и крахмальностью. Содержание белка практически не изменяется, а содержание нитратов против контроля снижается в 1,3–1,5 раза.

Таким образом, использование физических факторов воздействия методом ЭММ во всех исследованных случаях, помимо прибавки урожая, приводит к улучшению качества выращенной продукции.

Аналогичное улучшение качества выращенной продукции наблюдается при использовании технологии РИЭС. Например, по сравнению с контролем, при увеличении урожайности корнеплодов сахарной свеклы сорта «Дана» процент содержания сахара в корнеплодах повысился на 3,3 %. При этом наилучшие результаты получаются при комплексной предпосевной обработке семян и растений непосредственно на полях в периоды их вегетационного развития (данные фабрики Sajakaska, СРЮ).

Качество продукции по технологии «пирамида» авторами не исследовалось.

## Литература

1. Докучаев В. В. // Сочинения. М., 1901. Т. 8. С. 55.
2. Прокофьев А. А. (ред.) Физиология семян. — М.: Наука, 1982.
3. Обручева Н. В. Физиология растущих клеток корня. — М.: Наука, 1965. С. 17.
4. Аскоченская Н. А. Водный режим семян // Физиология семян. — М.: Наука, 1982. С. 184.
5. Фомин Г. В., Блюменфельд Л. А., Сухоруков Б. И. Электронодонорные свойства иона гидроксила // Докл. АН СССР. 1964. Т. 157. С. 1199.
6. Блюменфельд Л. А., Брюховецкая Л. В., Фомин Г. В., Шейн С. М. Роль актов одноэлектронного переноса в реакциях органических соединений // ЖФХ, 1970. Т. 44. С. 931.
7. Рубин Л. Б. Перспективы использования лазерной и импульсной техники для изучения первых стадий фотобиологических процессов // В сб.: Методы исслед. фотосинт. транспорта электронов. — Пушкино, 1974. С. 146.
8. Запроматов М. Н. Основы биохимии фенольных соединений. — М.: Высш. шк., 1974. — 213 с.
9. Кефели В. И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. — М.: Наука, 1974. — 253 с.
10. Кефели В. И. Рост растений и природные регуляторы // Физиол. растений, 1978. Т. 25. Вып. 5. С. 975.
11. Корецкая Т. Ф., Запроматов М. Н. Фенольные соединения в культуре ткани чайного растения (*Camellia sinensis*) и влияние света на их образование // Физиол. растений. 1975. Т. 22. Вып. 5. С. 941.
12. Константинова Т. Н., Баврина Т. В., Аксенова Н. П. Особенности фоторегуляции генеративного морфогенеза *in vivo* // В кн.: Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. — М.: Наука, 1975. — 186 с.
13. Четвериков А. Г., Станко С. А., Суханов В. М., Салтыкова Н. Н., Тырнов В. С., Шахов А. А. Фотосенсибилизированное образование свободных радикалов и пигментов в культуре тканей растений // Культура клеток и тканей. 3-я Всесоюз. конф. Абовян, 1979. С. 194.
14. Ничипорович А. А. Проблема стимуляции семян (теория и практика) // Изв. АН СССР. Сер. биол., 1982. № 2. С. 180.
15. Войтович Н. В., Козьмин Г. В., Ипатов А. Г. Перспективы использования физических факторов в сельском хозяйстве. — М.: Россельхозакадемия, 1995. С. 128.
16. Щербаков К. Н. Низкоэнергетическое ЭМИ СВЧ КВЧ-диапазонов как источник внутриклеточной информации в биологической информационной системе // Высокоэффективные электротехнологии и биоинформационные системы управления АПК. М., 1997. С. 30.
17. Бородин И. Ф., Щербаков К. Н. Электрические способы стимуляции роста растений и техника в сельском хозяйстве. — М., 1998, № 4.
18. Khouy F., Dannaoui S. G., Guida A. F., Chetverikov A. G., Stanko S. A. Influence de l'intensité et de la longueur d'onde de la lumière sur le rendement des radicaux libres dans les semencens de tomate et de carotte // Physiologia Plantarum. 1982. V. 54. P. 485.
19. Srivastava A. K., Chetverikov A. G., Stanko S. A., Novikova G. V. Induction of free radicals in seeds by high intensive flashes light and relevant phosphorus metabolism in the seedling // Biologia Plantarum. 1984. V. 26 (2). P. 88.
20. Аскоченская Н. А., Четвериков А. Г. Изучение концентрации свободных радикалов в покоящихся семенах и ее изменение в процессе гидратации // Физиология и биохимия культурных растений. — Киев: Наукова думка. 1989. Т. 20. № 6. С. 572.
21. Четвериков А. Г., Морозов Н. Ф. Работа электромагнитного модулятора в резонансном режиме // В сб.: Перспективы использования физических факторов в сельском хозяйстве. — М., 1995. С. 72.
22. Блюменфельд Л. А. Проблемы биологической физики. — М.: Наука, 1974. С. 229.
23. Васичев Б. Н., Рыбаков Ю. Л. Эвристические модели влияния слабого нестационарного поля на конденсированные системы и медико-биологические объекты // Прикладная физика 1998. № 2. С. 100.
24. Литвиненко А. А. Энергия пирамид. — М., Изд-во «Латард», 1998.

## Perspective ways of using physical factors for activation of sprouting of and plants

*B. Marinkovich*

Institute of field husbandry and vegetable growing, Novy Sad, Yugoslavia

*M. Vulich*

"Gama Trade GMK", Belgrade, Yugoslavia

*M. Grujic, V. I. Kijako*

"Gama Trade GMK", Yugoslavia-Russia

*N. F. Morozov*

AOZT "Gold EGG", Moscow, Russia

*A. G. Chetverikov*

VNII of nature protection, Moscow, Russia

*Traditional and non-traditional influences of physical factors for vegetable kingdom were considered. Biophysical and biological bases of action of electromagnetic oscillations of different frequency and intensity which are the most peculiar to nature were investigated for the purpose of rising the productivity of crops, improvement of crop quality and creation of more perfect new forms and varieties. There were influenced ripe seeds, bulbs, tubers, plants in vegetation period. In the time of having the influence it was used the range of low frequencies, Hz and kHz areas. The used physical energy is not enough for forming the free radical products and breaking even the weak chemical binds, but it is able to break dipole-dipole binds and release from "blocks" active group of ferments in resonant regime. As a result sharply increases ferment activity in cells providing normal functioning an organism and realization of its genetic potential. As a result of influence of physical factors on seeds the productivity of crops increases including simultaneous improvement of quality.*