

УДК 631.53:027.2/3:581.48

UDC 631.53:027.2/3:581.48

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ЯЧМЕНЯ «РАТНИК» ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ И ХИМИЧЕСКИМ ПРОТРАВИТЕЛЕМ**

**REGRESSION MODEL OF RATNIK BARLEY COMBINED PRESOWING PROCESSING BY OPTICAL RADIATION AND CHEMICAL PROTECTANT**

Газалов Владимир Сергеевич  
д-р техн. наук, профессор кафедры энергетики, ведущий научный сотрудник отдела электроэнергетики  
РИНЦ SPIN-код=8031- 5708  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ СКНИИМЭСХ), Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ в г.Зернограде, Зерноград, Россия*  
E-mail: [gazalv@rambler.ru](mailto:gazalv@rambler.ru)

Gazalov Vladimir Sergeyevich  
Dr.Sci.Tech., professor, senior research scholar of the Energy Chair  
RSCI SPIN-code=8031- 5708  
*Federal State financed scientific institution North Caucasus scientific- research institute of mechanization and electrification of agriculture (FSBSI NCSRIMEA), Azov-Black sea engineering Institute FSBEI DSAU in Zernograd, Zernograd, Russia*  
E-mail: [gazalv@rambler.ru](mailto:gazalv@rambler.ru)

Брагинец Андрей Валерьевич  
младший научный сотрудник отдела электроэнергетики  
РИНЦ SPIN-код=6352-1932  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ СКНИИМЭСХ), Зерноград, Россия*  
E-mail: [al.55552015@yandex.ru](mailto:al.55552015@yandex.ru)

Braginets Andrey Valeryevich  
junior research scholar  
RSCI SPIN-code=6352-1932  
*Federal State financed scientific institution North Caucasus scientific- research institute of mechanization and electrification of agriculture (FSBSI NCSRIMEA), Zernograd, Russia*  
E-mail: [al.55552015@yandex.ru](mailto:al.55552015@yandex.ru)

Пономарёва Наталья Евдокимовна  
к. т. н., доцент кафедры ЭЭО и ЭМ  
РИНЦ SPIN-код=7094-8675  
*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ в г.Зернограде, Зерноград, Россия*  
E-mail: [PonomarevaNE@Gmail.com](mailto:PonomarevaNE@Gmail.com)

Ponomareva Natalia Evdokimovna  
Cand. Tech. Sci., assistant professor of the EEE and EM Chair  
RSCI SPIN-code=7094-8675  
*Azov-Black sea engineering Institute FSBEI DSAU in Zernograd, Zernograd, Russia*  
E-mail: [PonomarevaNE@Gmail.com](mailto:PonomarevaNE@Gmail.com)

В статье использована методика комбинированной электрооптической обработки, позволяющая выявить рациональные энергетические и технологические режимы обработки семян с определением основных факторов, влияющих на посевные качества семян: энергию прорастания, всхожесть семян и длину ростков, а так же провести исследования по оценке эффективности определенных рациональных параметров и режимов обработки семян на их урожайные свойства в полевых условиях. Задачей исследования являлось получение модели количества всходов и урожайности ярового ячменя сорта «Ратник» в зависимости от числа работающих ламп (1-6) объемного преобразователя и процента от нормы протравителя (1-100). С этой целью бы-

The procedure of combined electrooptical processing which allows to disclose the reasonable energy and technological conditions of seeds' treatment and to define the main factors which influence such seeds' sowing qualities as: germinating power, germinating ability and length of sprouts is used in this article. Besides, the procedure allows conducting the research of efficiency evaluation of some rational parameters and conditions of treatment which influence their yield characteristics in field conditions. The research task was to obtain the data about the number of spring barley called "Ratnik" shoots and their productivity depending on the number of working volume converter's lamps (1-6) and on the protectant norm percent (1-100). The experiments have been carried out and the data have been obtained for this

ли проведёны опыты и получены данные, обработка которых дала уравнение регрессии второго порядка, описывающее с помощью объемной графической интерпретации, требуемый процесс. На основе анализа графиков получена область рациональных параметров предпосевной обработки, обеспечивающих максимальную всхожесть и урожайность ячменя сорта «Ратник». Так как рост всхожести и урожайности наблюдается с увеличением числа работающих ламп, может быть рекомендована двойная просыпка при 6-ти работающих лампах. Концентрация протравителя в этом случае практически перестает влиять на урожайность. Из результатов исследований был сделан вывод о том, что предварительное протравливание зерна, нацеленное на борьбу с болезнями растений, на начальном этапе сдерживает процессы прорастания зерна. Это происходит в связи с ухудшением условий доступа влаги к зерну, покрытого пленкой протравителя. Последующая обработка протравленного зерна оптическим излучением способствует повышению энергии прорастания и всхожести, увеличению длины ростков, компенсируя тем самым отрицательный эффект протравливания

Ключевые слова: КОМБИНИРОВАННАЯ ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА, ОПТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ХИМИЧЕСКИЙ ПРОТРАВИТЕЛЬ

purpose and the processing of these data has given the regression equation of the second order writing the process with the volumetric graphical interpretation. The rational parameter space of presowing treatment providing maximal germination and crop capacity of barley "Warrior" has been obtained on basis of the diagrams' analysis. As the growth of germinating ability and crop capacity is observed when the number of working lamps is increased the double spreading at 6 working lamps should be recommended. The concentration of the protectant practically ceases to influence the crop capacity. According to the results of the research there has been drawn a conclusion that preliminary seeds treatment, for the purpose of plant diseases preventing, restrains the germination processes at the initial level. It happens in connection with conditions deterioration of moisture access to seeds which are covered with protectant film. Further processing of treated seeds by optical radiation promotes the growth of germinating ability and length of sprouts compensating negative effect of treatment

Keywords: COMBINED PRESOWING PROCESSING, OPTICAL RADIATION, CHEMICAL PROTECTANT

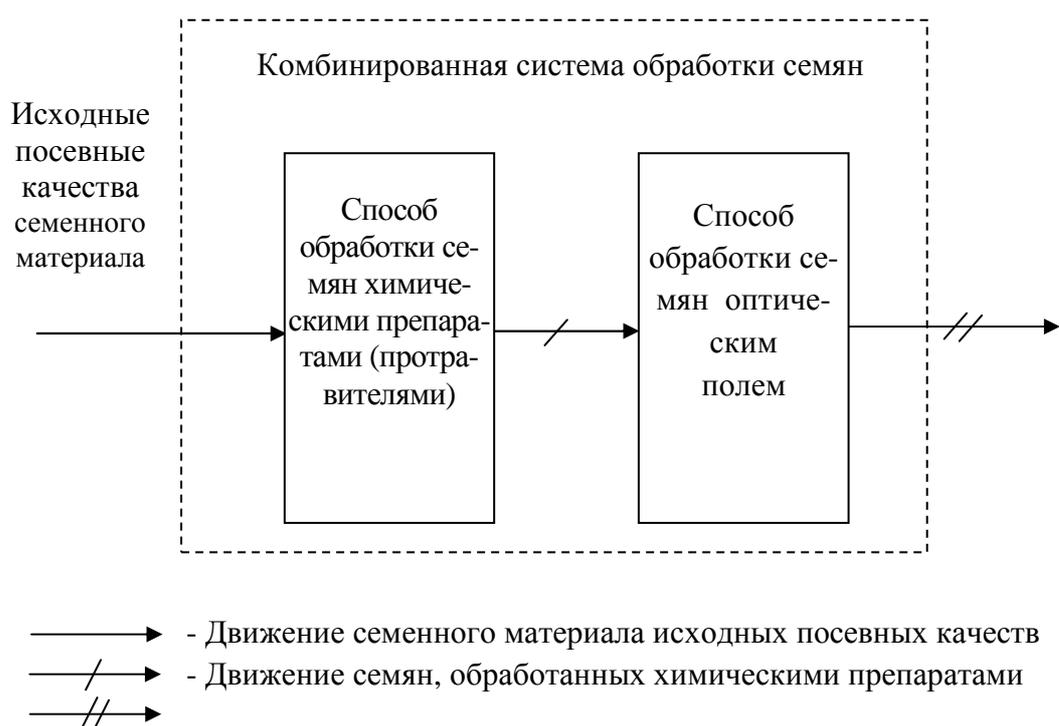
В связи с ухудшением почвенно-климатических условий практически во всех зонах интенсивного земледелия РФ, включая Ростовскую область и весь Северо-Кавказский регион, особое значение приобретают электрофизические методы воздействия на растения на различных этапах их развития, которые могут служить эффективным регулятором основных процессов в биообъекте и способны оказывать положительное влияние на урожайность, сохранность и прочие качества сельскохозяйственной продукции.

Производство зерновых культур, как отрасль растениеводства, включает комплекс различных технологических операций по послеуборочной и предпосевной обработке, хранению и переработке зерна. При этом от совершенства каждой операции зависят как энергозатраты, так и качественные показатели получаемого вида растениеводческой продукции. Это предопределяет актуальность разработки новых технологий, использующих факт отклика живой клетки на воздействие внешнего электромагнитного

поля и другие электрофизические воздействия, включая оптические, при которых происходит качественное улучшение свойств обрабатываемых сельскохозяйственных материалов (биообъектов) без значительных затрат энергии, а в результате получение продукции с высокой пищевой и биологической ценностью при существенной энергоэкономии [1].

В результате предварительных исследований было установлено, что при обработке семян пшеницы оптическим излучением наибольшая эффективность достигается в диапазоне длин волн 302–365 нм и экспозиций 24–120 Вт·с/м<sup>2</sup> [2]. Однако для других культур, в частности, ярового ячменя сорта «Ратник», указанные величины требуют уточнения.

Производственные эксперименты проводились на полях ВНИИЗК им. И.Г. Калининко согласно договору о творческом сотрудничестве, при этом была использована методика комбинированной электрооптической обработки [1] функциональная схема, которой приведена на рисунке 1. Согласно данной методике были выявлены рациональные энергетические и технологические режимы обработки семян и определены основные факторы, влияющие на посевные качества семян: энергию прорастания, всхожесть семян и длину ростков.



## - Движение семян, обработанных комбинированным способом

Обработка семян комбинированным способом производилась в следующей последовательности: семена, прошедшие химическую обработку препаратом «Винцит Форте, кс» (рисунок 2), на протравителе семян ПС-10А, выгруженным шнеком протравителя подавались в электрооптический преобразователь [3], где в дальнейшем подвергались обработке полем оптического излучения.



а)

б)

а – необработанный; б – обработанный протравителем «Винцит Форте, кс»

Рисунок 2 – яровой ячмень сорта «Ратник»

В период полевых исследований были проведены агротехнические мероприятия, фенологические наблюдения, учет урожая и анализ его структуры согласно [4].

Предварительные постановочные опыты в лабораторных условиях показали, что исследуемые факторы оказывают разнонаправленное воздействие на обрабатываемый зерновой материал: оптическое излучение улучшает посевные качества семян, протравитель же в больших дозах оказывает угнетающее воздействие.

Установлено, что при использовании малых концентраций протравителя (40 – 70% от нормы) целесообразен режим одной просыпки семян при од-

ной работающей лампе. При повышении концентрации протравителя (70 – 100% от нормы) для максимального повышения всхожести требуется двойная просыпка уже при 4 – 6 работающих лампах.

В производственных условиях (рисунок 3) для получения модели количества всходов ярового ячменя сорта «Ратник», в зависимости от числа работающих ламп электрооптического преобразователя и процента от нормы протравителя, был реализован многофакторный эксперимент согласно разработанной методике. В результате получены данные, обработка которых дала уравнение регрессии второго порядка, описывающее количество всходов  $W_{\text{КВ}}$  ярового ячменя сорта «Ратник» на площади поля  $0,25 \text{ м}^2$  в зависимости от числа работающих ламп преобразователя  $N_n$  и процента от нормы протравителя  $P_n$  «Винцит Форте, кс»

$$W_{\text{КВ}} = 820664 - 0,0145 \cdot x - 4,3144 \cdot y + 0,0005 \cdot x^2 + 0,0349 \cdot x \cdot y + 1,1128 \cdot y^2, (1)$$

где  $x$  – процент протравителя от нормы;

$y$  – количество работающих ламп.



Рисунок 3 – Производственная проверка технологии комбинирован-

ной предпосевной обработки семян ячменя оптическим излучением

Проверку адекватности уравнений регрессии (1) проводили на основе вычисления F- критерия Фишера [5,6]

$$F = \frac{S_W^2}{S_{ocm}^2} \cdot \frac{n - m}{m - 1}, \quad (2)$$

где  $S_W$  – дисперсия зависимой переменной (всхожесть):

$$S_W^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (W - \bar{W})^2}{n}, \quad (3)$$

где  $S_{ocm}$  – остаточная дисперсия:

$$S_{ocm}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (W - \hat{W})^2}{n}, \quad (4)$$

где  $n$  – число вариантов;

$m$  – число факторов.

Расчеты по определению F- критерия сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчётные значения, необходимые для исчисления  $S_W$  и  $S_{ocm}$

Номер опыта	$W$	$(W - \bar{W})^2$	$\hat{W}$	$(W - \hat{W})^2$
1	82,1	56,25	82,0664	0,00
2	84,8	23,04	88,5164	13,81
3	82,6	49,00	83,6288	1,06
4	84,4	27,04	87,3608	8,77
5	83,9	32,49	88,0904	17,56
6	92,8	10,24	93,9164	1,25
7	100,8	125,44	101,4544	0,43
8	105,4	249,64	109,3744	15,80
Сумма	716,8	573,14	734,41	58,67

В результате были найдены расчетные величины, которые составили:  
 $S_W^2 = 71,64$ ,  $S_{ост}^2 = 7,33$ ,  $F = 58,62$ .

Сравнение полученного значения критерия F с критическим табличным  $F_{крит} = 5,9874$ , для принятого уровня значимости 0,05 и чисел степеней свободы  $\nu_1 = m - 1 = 2 - 1 = 1$  и  $\nu_2 = 8 - 2 = 6$ , показало, что условие  $F > F_{крит}$  выполняется, следовательно, исследуемое уравнение регрессии (1) статически значимо.

Графическая интерпретация экспериментальной зависимости (1) представлена на рисунке 4. Она представляет собой трехмерную модель, описывающую количество всходов ярового ячменя сорта «Ратник» от числа работающих ламп объемного преобразователя и процента от нормы протравителя «Винцит Форте, кс».

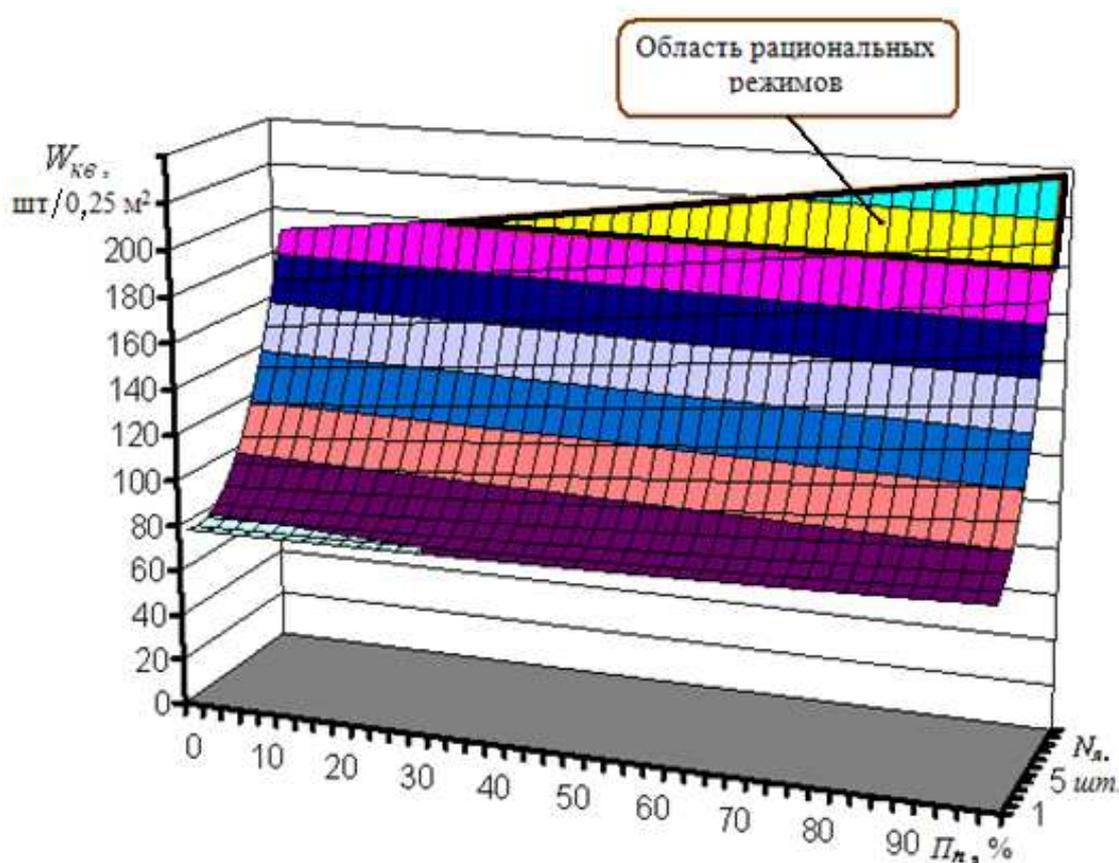


Рисунок 4 – Объёмная графическая интерпретация модели количества всходов ярового ячменя сорта «Ратник» в зависимости от числа работающих ламп объёмного преобразователя и процента от нормы протравителя

На основе анализа модели получена область рациональных режимов предпосевной обработки ячменя «Ратник» комбинированным способом. Очевидно, что наиболее эффективным режимом оказалась двойная просыпка семян при шести работающих лампах и обработке протравителем, близкой к норме.

Также исследовалось влияние различных режимов комбинированной предпосевной обработки с применением электрооптического облучателя на урожайность ярового ячменя сорта «Ратник». В результате было получено уравнение регрессии второго порядка, описывающее зависимость урожайности  $W_{yp}$  ярового ячменя от числа работающих ламп преобразователя  $N_n$  и процента от нормы протравителя  $П_n$  «Винцит Форте, кс»

$$W_{yp} = 33,3479 + 0,1474 \cdot x - 1,9509 \cdot y - 0,0016 \cdot x^2 - 0,011 \cdot x \cdot y + 0,8719 \cdot y^2. (5)$$

Проверку адекватности уравнения регрессии (5) также проводилась на основе вычисления F-критерия Фишера по формулам (1) – (4). Расчеты по определению F- критерия сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчётные значения, необходимые для исчисления  $S_W$  и  $S_{ост}$

Номер опыта	$W$	$(W - \bar{W})^2$	$\hat{W}$	$(W - \hat{W})^2$
1	33,29	7,42	33,3479	0,00
2	33,17	8,09	32,0879	1,17
3	34,69	1,75	34,6929	0,00
4	30,58	29,53	31,5849	1,01
5	37,86	3,41	36,4463	2,00
6	32,52	12,21	32,6783	0,03
7	44,52	72,36	45,1749	0,43
8	41,48	29,88	40,7469	0,54
Сумма	288,11	164,63	286,76	5,17

Расчётные величины составили:  $S_W^2 = 20,58$ ;  $S_{ост}^2 = 0,65$ ;  $F = 190,92$ .

Для принятого уровня значимости 0,05 и чисел степеней свободы  $\nu_1=m-1=2-1=1$  и  $\nu_2=8-2=6$   $F_{крит} = 5,9874$  [6], следовательно, условие  $F > F_{крит}$  выполняется и уравнение регрессии (5) статически значимо.

Графическая интерпретация уравнения (5) показана на рисунке 5. Трёхмерная модель описывает зависимость урожайности ярового ячменя «Ратник» от числа работающих ламп электрооптического преобразователя и процента от нормы протравителя «Винцит Форте, кс».

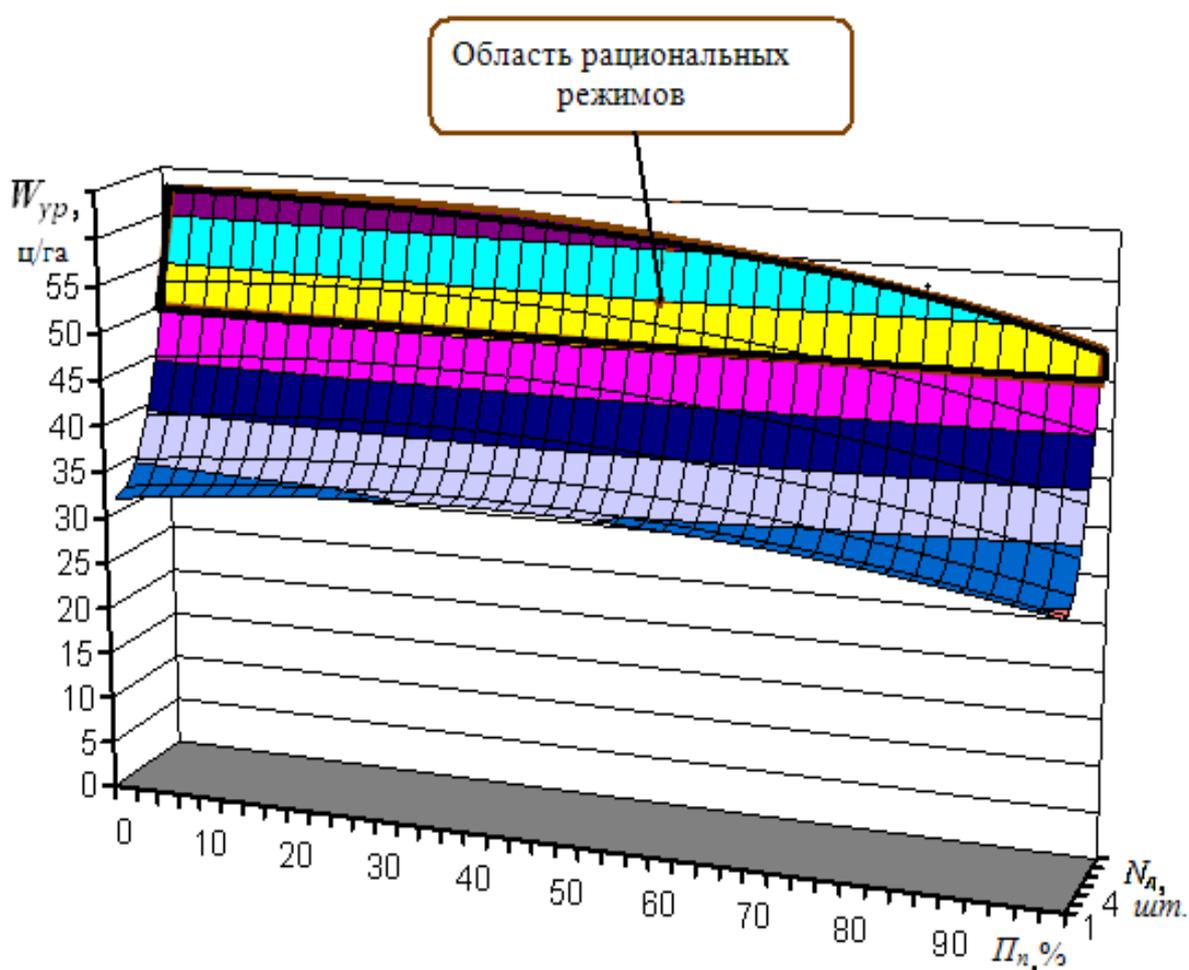


Рисунок 5 – Объёмная графическая интерпретация модели урожайности ячменя «Ратник» в зависимости от числа работающих ламп электрооптического преобразователя и процента от нормы протравителя

Анализ моделей представленных на рисунках 4 и 5 позволяет гово-

речь о том, что рост всхожести и урожайности ячменя сорта «Ратник» наблюдается с увеличением числа работающих ламп, поэтому может быть рекомендована двойная просыпка при 6-и работающих лампах. Концентрация протравителя в этом случае практически перестает влиять на урожайность.

Предварительное протравливание зерна, нацеленное на борьбу с болезнями растений, на начальном этапе сдерживает процессы прорастания зерна. Это происходит в связи с ухудшением условий доступа влаги к зерну, покрытого пленкой протравителя. Последующая обработка протравленного зерна оптическим излучением способствует повышению энергии прорастания и всхожести, увеличению длины ростков, компенсируя тем самым отрицательный эффект протравливания.

### Литература

1. Проведение экспериментальных исследований в производственных условиях энергосберегающих электротехнологий обработки растительных сельскохозяйственных материалов и энергетическая оценка процесса подогрева технологической воды с использованием солнечной энергии; разработка технологического регламента использования электрофизических методов обработки зерновых растительных сельскохозяйственных материалов: Отчет о НИР (заключительный): 09.02.02.01 /ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии; рук. Пахомов А.И. -Зерноград, 2010 -58с. - Исполн.: Пахомов А.И., Ванурин В.Н., Газалов В.С., Максименко В.А., Андреев А.И., Буханцов К.Н., Громакова Л.В., Парapoнов А.А., Абеленцев Е.Ю., - № ВР RASHN. 15070.7721019635.06.8.002.0. - Инв. №89-10.1

2. Газалов В.С. Регулирование экспозиции УФ излучения при проведении предпосевной обработки семян в объемном электрооптическом преобразователе/ В.С. Газалов, Н.Е. Пономарева // Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: Сб. научн. тр. Междунар. науч.-техн. конференции: «Ресурсосберегающие технологии и инновационные проекты в АПК» (г. Зерноград Ростовской обл., ВНИПТИМЭСХ, 14-15 апреля 2009г.). – Зерноград, 2009. – С.264-269

3. Патент № 2278492 РФ, МПК А01 С1/00. Устройство для предпосевной обработки семян оптическим излучением/ В.С. Газалов, Н.Е. Пономарёва (ФГОУ ВПО АЧГАА). – №2004129357/12, заявл.: 10.2004, опубл.: 27.06.2006// БИПМ. – 2006. – №18

4. Леман Е. Физиология прорастания семян злаков/ Е. Леман, Ф. Айхеле.– М.: Сельхозиздат, 1936.: ил.

5. Веденяпин В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных/ В.Г. Веденяпин. – М.: Колос, 1967. – 159с.: ил.

6. Гусаров В.М. Общая теория статистики. / В.М. Гусаров. – М.: ЮНИТИ, 2008. – 526 с.

## References

1. Provedenie jeksperimental'nyh issledovanij v proizvodstvennyh uslovijah jenergosberegajushhih jelectrotehnologij obrabotki rastitel'nyh sel'skohozjajstvennyh materialov i jenergeticheskaja ocenka processa podogreva tehnologicheskoy vody s ispol'zovaniem solnečnoj jenergii; razrabotka tehnologicheskogo reglamenta ispol'zovaniya jelectrofizicheskikh metodov obrabotki zernovyh rastitel'nyh sel'skohozjajstvennyh materialov: Otchet o NIR (zakljuchitel'nyj): 09.02.02.01 /GNU SKNIIMJeSH Rossel'hozakademii; ruk. Pahomov A.I. -Zernograd, 2010 -58s. -Ispoln.: Pahomov A.I., Vanurin V.N., Gazalov V.S., Maksimenko V.A., Andreev A.I., Buhancov K.N., Gromakova L.V., Paraponov A.A., Abelencev E.Ju., - № VR RASHN. 15070.7721019635.06.8.002.0. - Inv. №89-10.1
2. Gazalov V.S. Regulirovanie jekspozicii UF izlucheniya pri provedenii predposevnoj obrabotki semjan v ob#emnom jelectroopticheskom preobrazovatele/ V.S. Gazalov, N.E. Ponomareva // Resursosberegajushhie tehnologii: vozdeľyvanie i pererabotka sel'skohozjajstvennyh kul'tur: Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauch.-tehn. konferencii: «Resursosberegajushhie tehnologii i innovacionnye proekty v APK» (g. Zernograd Rostovskoj obl., VNIPTIMJeSH, 14-15 aprelja 2009g.). – Zernograd, 2009. – S.264-269
3. Patent № 2278492 RF, MPK A01 S1/00. Ustrojstvo dlja predposevnoj obra-botki semjan opticheskim izlucheniem/ V.S. Gazalov, N.E. Ponomarjova (FGOU VPO AChGAA). – №2004129357/12, zajavl.: 10.2004, opubl.: 27.06.2006// BIPM. – 2006. – №18
4. Leman E. Fiziologija prorastaniya semjan zlakov/ E. Leman, F. Ajhele.– M.: Sel'hozizdat, 1936.: il.
5. Vedenjapin V.G. Obshhaja metodika jeksperimental'nogo issledovaniya i obra-botki opytnyh dannyh/ V.G. Vedenjapin. – M.: Kolos, 1967. – 159s.: il.
6. Gusarov V.M. Obshhaja teorija statistiki. / V.M. Gusarov. – M.: JuNITI, 2008. – 526 s.