



## ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА КУБАНИ

П.Журба, ООО НПФ "Биолазер", Краснодар

На основе многолетнего опыта использования лазерных агротехнологий разработаны новые лазерные инструменты и биологические регламенты лазерной обработки семян, адаптированные к производственным условиям. Приведены экспериментально подобранные по основным фазам развития режимы обработки и экспозиции для разных сортов и видов семян.

Лазерные устройства в сельскохозяйственном производстве позволяют перейти к автоматизации и программным способам управления. Первые отечественные агротехнологические лазерные системы начали применять в Краснодарском крае еще в 1976 году. Тогда их использовали для управления землеройными и мелиоративными машинами на строительстве инженерных рисовых оросительных систем при планировке рисовых чеков, строительстве каналов и укладке дренажа в зонах осушения и орошения, при строительстве дорог. Многие лазерные системы – модели СКП-1, САУЛ-1, УКЛ-1, УКЛ-2 – были задействованы в мелиоративном строительстве. Для их внедрения организовали обучение лазерным технологиям механизаторов бригад и мастеров на строительных участках эксплуатации лазерных устройств; разработали и внедрили технологические карты и карты трудовых процессов на строительство рисовых чеков с применением лазерных систем СКП-1 и САУЛ-1М; создали лаборатории по ремонту используемых лазерных систем.

В тот же период были начаты поиски возможностей освоения лазера для задач сельского хозяйства при обработке семян риса для повышения урожайности. Изыскания проводились совместно с учеными ВНИИ риса на их полях под научным руководством директора ВНИИ риса академика Е.П.Алешина. Для работы были приобретены пять комплектов He-Ne-лазеров ЛГН-111 (ПО "Полярон", Львов); изготовлены лабораторные устройства для лазерной активации семян, на них отрабатывали режимы обработки семян риса и других культур. Совместно с учеными на полях и в камерах искусственного климата

## PRACTICE OF LASER AGRO-TECHNOLOGY APPLICATION IN KUBAN

P.Zhurba, Biolaser Research and Production Firm,  
Limited Liability Company, Krasnodar

On the basis of long-term experience of laser agrotechnology use, the new laser tools and biological procedures for laser treatment of seeds adapted to the production conditions are developed. Conditions for the treatment and exposure of different varieties and species of seeds which were selected on the experimental basis by the main development phases are specified.

Laser devices in agricultural industry allow the transition to automation and software-based control methods. The first national agrotechnological laser systems started to be used in Krasnodar Krai in 1976. At that time they were used for the control of digging and reclamation machines when constructing the engineering rice irrigation systems for the planning of rice bays, laying of channels and drainage in the areas of dewatering and irrigation, road construction. Wide range of laser systems was used in the reclamative construction: models SKP-1, SAUL-1, UKL-1, UKL-2. For their implementation the training of team machine operators and foremen was organized at the construction sites where the laser devices were operated; flow charts and charts of working processes were developed and adopted for the construction of rice bays using the laser systems SKP-1 and SAUL-1M; laboratories for the repair of used laser systems were established.

At the same period the research activities connected with the laser implementation in agriculture for the rice seed treatment were initiated in order to increase the productivity. Research activities were carried out together with the scientists of the All-Union Research Institute of Rice in its fields under the academic supervision of the Academician E.P. Aleshin. Five sets of He-Ne-lasers LGN-111 (Polaron Production Association, Lvov) were purchased for the work; laboratory devices for the laser activation of seeds were produced; they were used for the optimization

проводили опыты. В процессе лабораторных испытаний исследовали влияние лазерной активации на повышение урожайности и борьбу с болезнями семян риса. Как результат, в 1991 году было получено авторское свидетельство на изобретение №1827744 "Способ борьбы с болезнями риса" (авторы: П.С.Журба, С.А.Дякунчак, М.Б.Попова) и разработаны Протоколы при исследовании лазерного облучения семян риса для повышения всхожести, борьбы с фузариозом, пирикулярриозом, нематодой.

В тот период длительные исследования группы специалистов под руководством профессора В.М.Инюшина позволили установить наиболее эффективные режимы лазерного облучения семян яровой и озимой пшеницы, в результате с их помощью удалось получить 12% добавочного зерна. В Казахстане были разработаны несколько образцов лазерных установок для предпосевной обработки семян: КЛ-11М, КЛ-13, КЛ-14, ЛУО-1 и другие. На базе этих устройств в 1978 году "Полярон" начал серийный выпуск лазерных установок модели "Львов-1. Электроника". Предполагалось, что они будут работать во многих колхозах и совхозах СССР и за рубежом. Однако из-за технического несовершенства лазерного инструмента и отсутствия биологических регламентов по технологии работ практическое применение этих установок оказалось незначительным. Реальные режимы лазерной активации семян невозможно было воспроизвести. Помимо низкой технологичности такого приема семена в процессе многократного пропускания через лазерную установку получали механические повреждения и теряли всхожесть.

Зная об опыте казахстанских ученых, мы приобрели в Казахстане одну небольшую лазерную установку по обработке семян для производственных испытаний (рис.1). Испытания провели в 1991 году в колхозе им.Мичурина Красноармейского района Краснодарского края, обрабатывая перед посевом семена риса, овощных культур (томаты и огурцы) и сахарной свеклы. По данным производственных испытаний были составлены Протоколы. В них нашли отражение результаты воздействия лазерного излучения на полевую всхожесть, энергию роста, на снижение инфекционной зараженности семян, развитие растений при вегетации и на полученную урожайность. Анализ испытаний, проведенных при обработке семян, показал положительную динамику повышения посевных качеств семян и урожайности при обработке небольших

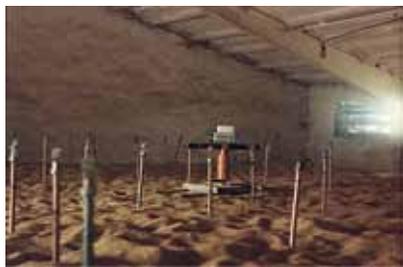


**Рис.1.** Лазерная установка с наклонным желобом  
**Fig. 1.** Laser facility with tip chute

of the treatment conditions of seeds of rice and other crops. Experiments were carried out together with scientists in fields and climate chambers. In the process of laboratory tests the influence of laser activation on the increase of productivity and control of rice seed diseases was studied. As a result, in 1991 the Inventor's Certificate No. 1827744 "Method of Control of Rice Diseases" (authors: P.S. Zhurba, S.A. Dyakunchak, M.B. Popova) was issued and the Protocols of Study of Laser Irradiation of Rice Seeds for the Enhancement of Germinating Capacity, Control of Rice Fusarial Wilt, Blast and Nematode were developed.

During that period long-term research activities of the group of experts under the supervision of the Professor V.M. Inyushin made it possible to detect the most effective conditions for the laser irradiation of seeds of spring and winter wheat and using this study we managed to receive 12% of additional grain crops. Several samples of laser facilities for the pre-sowing seed treatment were designed in Kazakhstan: KL-11M, KL-13, KL-14, LUO-1 etc. On the basis of these devices in 1978 Polaron started the serial production of the laser facilities of model "Lvov-1. Elektronika". They were expected to be operated in many collective and state farms of the USSR and abroad. However, due to the technical imperfection of laser tool and absence of biological procedures for work methods the practical application of these devices turned out to be insignificant. It was impossible to repeat the actual conditions of seed laser activation. Besides the low technological effectiveness of such method, in the process of multiple passing through the laser facility seeds suffered mechanical damages and lost germinating capacity.

Knowing the experience of Kazakh scientists we purchased one small laser facility for the treatment of seeds in order to carry out in-process tests (Fig. 1).



**Рис.2.** Комплект лазерной установки со световодами (ЛУОС-1)

**Fig. 2.** Set of laser facility with lightguides (LUOS-1)

объемов семян (овощных, технических), когда загрузка их в бункер лазерной установки проводилась вручную. При обработке больших объемов (семена риса) загрузка производилась зернопогрузчиком, при этом в рабочей зоне лазера создавалась пыль, которая покрывала зеркало сканирующего устройства лазера. Надо было очищать эти зеркала, периодически выключая лазер для такой операции. Работа зернопогрузчика травмировала семена риса, что снижало их всхожесть.

Учитывая эти отрицательные качества, конструкцию лазерной установки нельзя было считать удачной. В производственных условиях за короткое время необходимо обрабатывать десятки, а то и сотни тонн посевного материала. В результате через несколько часов работы лазерная установка оказывалась засыпанной семенами риса. Отсутствие механической тяги затрудняло перемещение инструмента по рабочей площадке, обработанные семена необходимо было удалять вручную.

Для устранения этих недостатков было решено разработать новые технологии и биологические регламенты лазерной обработки семян, адаптированные к производственным условиям. Была разработана и запатентована новая лазерная установка, с помощью которой можно производить активацию семян в буртах в автоматическом режиме в закрытом зерноскладе. В основе лежала идея, заимствованная у лазерной установки СКП-1, которая применялась при строительстве рисовых чеков. Установка для лазерной активации семян включала источник лазерного излучения (генератор) со сканирующим устройством, что позволяло с задаваемой частотой сканировать горизонтальную оптическую плоскость. Инструмент был снабжен подъемником для регулирования высоты оптической плоскости в рабочей зоне световодов (рис.2).

Tests were carried out on the Collective Farm named after Michurin in Krasnoarmeysky District of Krasnodar Krai in 1991; the seeds of rice, vegetable crops (tomatoes and cucumbers) and sugar beets were treated before sowing. Protocols were prepared on the basis of the data of in-process tests. They reflected the results of influence of laser radiation on the field germinating capacity, growing capacity, reduction of seed infectiousness, development of plants during the vegetation period and obtained productivity. Analysis of the tests carried out during the seed treatment showed the positive dynamics of improvement of seed sowing characteristics and productivity upon the treatment of small amounts of seeds (vegetables, plants for industrial use) when their feed to the laser facility hopper was performed manually. When large amounts of seeds (rice seeds) were treated their feed was performed by grain loader and dust was generated in the laser operating area; this dust covered the mirror of laser scanner. These mirrors needed to be cleaned and therefore laser was turned off periodically for this operation. Grain loader operation damaged the rice seeds and this fact reduced their germinating capacity.

Taking into account these negative characteristics the construction of laser facility could not be considered as appropriate. Under the production conditions it is required to treat tens and hundreds of tons of seed grain for the short period of time. As a result of several hours of operation the laser facility turned out to be filled with rice seeds. Absence of the mechanical traction complicated the tool movement on working area and the manual removal of treated seeds was required.

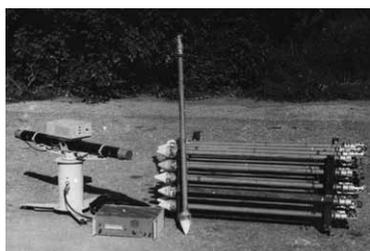
In order to eliminate these defects it was determined to develop new technologies and biological procedures for the laser treatment of seeds adapted to the production conditions. The new laser facility was designed and patented; using this unit it was possible to activate the seeds in piles automatically in close granary. The idea borrowed from the laser facility SKP-1 which was used during the construction of rice bays became the foundation of this device. Facility intended for the laser activation of seeds included the source of laser radiation (generator) with scanner which allowed the scanning of horizontal optical plane with the set frequency. The tool was equipped with elevator in order to adjust the height of optical plane in the lightguide operating area (Fig.2).

The set of lightguide devices was installed in different areas of seed pile at the depth of 1-1.5 meters in such manner as to locate the mirror

Серию световодных устройств установили в разных зонах бурта семян на глубину 1-1,5 метра таким образом, чтобы зеркало каждого световода находилось в плоскости сканирования лазерного луча (рис.3). Отраженный от зеркала луч проходил внутри трубы и попадал на светорассеивающую линзу из оргстекла с вмонтированным в нее фотодиодом. Фотодиод был необходим для контроля попадания лазерного луча на линзу. Электрический сигнал с приемника регистрировался с помощью милливольтметра, что позволяло настраивать световод на рабочее положение. Отраженный зеркалом световой импульс облучал семена вокруг, создавая энергетическую зону.

Работа лазерной установки (4-5 суток) проводилась в закрытом зерноскладе без присутствия людей. Лазерной обработке подвергалась только часть семян, расположенных в зоне световодных устройств. В процессе совместного хранения необлученных и облученных семян происходит энергообмен между семенами посредством вторичного переизлучения уже облученных семян. После лазерной обработки и отлежки семян в общей массе бурта они подвергались лабораторному контролю на всхожесть, энергию прорастания и санитарное состояние (табл.1).

Применение данной лазерной установки при активации семян в буртах по патенту РФ №2072758 в хозяйствах Краснодарского края дало высокий эффект, как биологический, так и экономический. С помощью лазерной установки обработку семян когерентным излучением проводили во многих хозяйствах в Краснодарском крае. Положительные результаты работ отражены в Протоколах и Актах внедрения при проведении производственных испытаний. Но сразу же проявился недостаток этого способа лазерной активации семян в буртах - высокая трудоемкость



**Рис.3.** Лазерная установка в рабочем положении при обработке семян  
**Fig. 3.** Laser facility in operating position during seed treatment

of every lightguide in the laser beam scanning plane (Fig.3). The beam reflected from the mirror transmitted inside the pipe and got on the light-diffusing plexiglass lens with inbuilt photodiode. Photodiode was necessary for the control of laser beam transfer on the lens. Electric signal from the detector was registered with the help of millivoltmeter which made it possible to tune the lightguide in the operating position. The light pulse reflected by mirror irradiated the seeds around forming the energy band.

The laser facility operated in close granary in the absence of people for 4-5 days. The part of seeds located in the area of lightguide devices underwent the laser treatment only. In the process of joint storage of unirradiated and irradiated seeds the energy exchange occurred between the seeds due to the secondary reradiation. After the laser treatment and lying of seeds in the bulk of pile they were subjected to the laboratory control of germinating capacity, germinating energy and sanitary condition (Table 1).

Application of this laser facility for the activation of seeds in piles on the basis of the Patent of the Russian Federation No. 2072758 on the farms of Краснодар Krai produced great biological effect as well as economical effect. With the help of the laser facility the treatment of seeds by coherent radiation was performed on many farms of Краснодар Krai. Positive results of these works were specified in Protocols and Implementation Reports during in-process tests. But immediately the shortcoming of this method of laser activation of seeds in piles was shown - high labor content



**Рис.4.** Лазерная установка ЛУ-2 для обработки семян и растений  
**Fig. 4.** Laser facility LU-2 for the treatment of seeds and plants



установки световодных устройств в бурт семян и последующая настройка их в рабочее положение. Трудоемкость процесса настройки требовала двух-трех минут на установку одного световодного устройства, а для всех световодов необходимо было потратить уже три-четыре часа в зависимости от навыка оператора. Лазерное устройство позволяло проводить активацию семян лазером с одной позиции установленных световодов до 200 тонн, вес его конструкции составлял 200 кг, и оно не было предназначено для обработки растений на полях.

Поэтому дальнейшие разработки служили целям технического усовершенствования и механизации применения не только при обработке семян, но и при обработке растений в полях для стимуляции их роста и защиты от болезней. При этом мы учитывали производственные условия: большие объемы семян (бурты семян от 50 до 800 тонн и более) и обширные площади

of the placement of lightguide devices into the seed pile and further tuning in operating position. Labor content of the tuning process required 2-3 minutes for the placement of one lightguide device and 3-4 hours were needed for all lightguides depending on operator skills. Laser facility allowed the activation of seeds by laser from one position of placed lightguides up to 200 tons. Its weight was 200 kg and it was not intended for the treatment of plants in fields.

Therefore, further developments served to the purposes of technical improvement and application mechanization not only for the treatment of seeds but also for the treatment of plants in fields in order to promote their growth and protect from diseases. We took into consideration the production conditions: large volumes of seeds (seed piles of 50 to 800 tons and more) and large areas of treated fields (50 to 2000 hectares). The laser facilities with extended limits of irradiated space and simplified

**Табл.1.** Посевные достоинства семян озимой пшеницы, обработанных лазером (О) пнрд необработанными (К) (результаты испытания ЗАО "Колос" Павловского района)

**Table 1.** Results of sowing qualities of winter wheat seeds which were treated by laser (O) and not treated (K) (test results of Kolos CJSC, Pavlovsky District)

№ п/п Item #	Сорт Variety	Объем, т Volume, t	Энергия прорастания, % Germination energy, %		Всхожесть, % Germinating capacity, %		Зараженность болезнями, % Infection rate, %	
			К	О	К	О	К	О
1	Зимородок Zimorodok	60	74	90	88	94	25	7
2	Селянка Selyanka	75	88	96	94	96	23	3
3	Дельта Delta	100	94	98	94	100	24	5
4	Вита Vita	15	84	94	92	94	26	5
5	Зимородок (Элита) Zimorodok (Elita)	40	98	98	98	98	0	0
6	Батько Batko	150	96	100	98	100	35	3
7	Ли́ра Lira	90	92	96	94	100	22	3
8	Дея Deya	100	96	100	96	100	0	0
9	Фишт Fisht	55	94	100	96	100	15	3
10	Краснодар 99 Krasnodar 99	90	92	94	94	98	40	4



**Рис.5.** Лазерная установка с полупроводниковым лазером для обработки семян и растений

*Fig. 5. Laser facility with semiconductor laser for the treatment of seeds and plants*



**Рис.6.** Лазерная обработка семян в зернохранилище

*Fig. 6. Laser treatment of seeds in granary*

обрабатываемых полей (от 50 до 2000 гектаров). Были разработаны лазерные устройства с расширенными границами облучаемого пространства и упрощенной эксплуатацией в производственных условиях. Благодаря оригинальной конструкции сканирующего устройства в виде одного зеркала, вращающегося одновременно в двух плоскостях, отражаемый от зеркала лазерный луч сканирует окружающее пространство не только в горизонтальной плоскости, но и во всех направлениях.

Лазерная установка ЛУ-2 на основе He-Ne-лазера, снабженная этим сканирующим устройством, треногой, блоком питания и управления, весила 16 кг. Ее использовали для обработки когерентным электромагнитным излучением ( $\lambda=632,8$  нм) семян в бурте и посевов вегетирующих растений в поле. На это лазерное устройство (рис.4) получен патент №2202869, патентообладатель ООО НПФ "Биолазер". Обработка семян выполнялась

operation under production conditions were developed. Due to the original design of scanner in the form of one mirror rotating simultaneously in two planes, the laser beam reflected from the mirror scanned the environment not only in horizontal plane but in all directions as well.

The laser facility LU-2 based on He-Ne-laser and equipped with this scanner, three-legged stand, power supply unit and control unit weighed 16 kilograms. It was used for the treatment by coherent electromagnetic radiation ( $\lambda = 632.8$  nm) of seeds in pile and crops, vegetative plants in field. This laser facility (Fig. 4) was patented, the Patent No. 2202869, patent holder: Biolaser Research and Production Firm, LLC. Seed treatment was performed automatically in close storehouse in the absence of people. Seed volumes intended for the treatment were limited to the storehouse capacity.

Development of laser technology made it possible to replace the laser unit based on discharge tube with the semiconductor laser. Use of solid-state emitter allowed the creation of reliable laser tool in lightweight form which is less prone to the destructive vibration during the movement on tractor. This device weighed 6 kilograms and radiated on the wavelength  $\lambda = 650$  nm (Fig. 5). The treatment of seeds and plants with the consideration of the main stages



**Рис.7. Период обработки семян**  
**Fig. 7. Period of seed treatment**

в автоматическом режиме в закрытом складе без присутствия людей. Объемы семян для обработки были ограничены лишь вместимостью склада.

Благодаря развитию лазерной техники появилась возможность заменить лазерный модуль на основе газоразрядной трубки полупроводниковым лазером. Использование твердотельного излучателя позволило создать надежный лазерный инструмент облегченного типа, менее подверженный разрушительной вибрации при перемещении на тракторе. Это устройство весило 6 кг и излучало на длине волны  $\lambda=650$  нм (рис.5). Обработка семян, а затем растений по основным фазам их развития обеспечила, наряду с улучшением посевных качеств и стимуляции роста, эффективную защиту их от патогенов, влияющих на экономические параметры. Новое устройство также было нами запатентовано (патент №75530).

Лазерные технологии на базе использования установки ЛУ-2 просты. Обработка с их помощью проводится в два этапа. На первом этапе выполняется активация семян в буртах. По технологическому регламенту активация проводится в автоматическом режиме в закрытом складском помещении в отсутствие людей (рис.6). Результаты показали, что эффект оптимального биорезонансного состояния семян (активации) возникает примерно через 7-10 дней отлежки семян, но исчезает через 100-110 дней после окончания обработки. На диаграмме (рис.7) представлены характерные периоды состояния посевного материала в обработанном бурте в течение этого срока. После лазерной обработки проводится диагностический контроль семян и их фитосанитарный мониторинг. Для осуществления диагностического контроля

of their development allowed the enhancement of sowing qualities and growth promotion as well as efficient protection from pathogens influencing on the economic parameters. The new device was also patented (Patent No. 75530).

Laser technologies based on the use of the unit LU-2 are simple. Treatment with their use is performed in 2 stages. In the first stage, the activation of seeds in piles is performed. According to the process procedure the activation is performed automatically in close storehouse in the absence of people (Fig.6). Results showed that the effect of optimal bioresonance condition of seeds (activation) occurs approximately in 7-10 days of seeds storing but it disappears in 100-110 days after the treatment. Typical periods of the condition of seed grain in the treated pile during this term are shown in the diagram (Fig. 7). After the laser treatment the diagnostic inspection of seeds and their phytosanitary monitoring are performed. In order to perform the diagnostic inspection the methods of seed sprouting in Petri dishes are used (Fig. 8).

The second stage consists in the laser treatment of plants during vegetation in field. In order to make the laser movement easy, the laser should be secured on the tractor or car (Fig. 9). Laser scanning beam operates at the distance of 400 meters and therefore driving around the field perimeter makes it possible to have laser influence on all treated plants automatically. Laser treatment of crops is accomplished at the night time according to the procedure. The efficiency of plants treatment in field using one laser facility is 100 ha/hour.

Option of the manual laser facility LU-3 (Fig. 10) was developed and successfully used for the work in hothouses, greenhouses, nursery gardens, garden-plots, small plots of farmlands; this facility underwent tests in the farmlands of the All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection



используется методика проращивания семян в чашках Петри (рис.8).

Второй этап состоял в лазерной обработке растений при вегетации в поле. Для облегчения передвижений лазер крепился на тракторе или автомобиле (рис.9). Сканирующий луч лазера действует на расстоянии 400 метров, поэтому объезд поля по периметру позволяет автоматически осуществить лазерное воздействие на все обрабатываемые растения. Лазерная обработка посевов проводится в темное время суток согласно регламенту. Производительность обработки растений в поле одной лазерной установкой 100 га/ч.

Для работы в теплицах, парниках, питомниках, на садовых участках, на малых участках сельхозугодий разработан и успешно используется вариант ручной лазерной установки ЛУ-3 (рис.10), которая прошла испытание на сельхозугодиях Всероссийского научно-исследовательского института биологической защиты растений (ВНИИБЗР, Краснодар), а также в теплицах частного сектора и лесном питомнике Краснодарского опытного лесхоза. Обработка семян ручной лазерной установкой ЛУ-3 проводилась перед посевом путем воздействия сканирующим лазерным лучом на небольшую партию семян, размещенных тонким слоем в чашке или на площадке. Режим обработки (количество) и экспозиция (длительность цикла) при этом подбирались экспериментально для каждого сорта и вида семян и составляли 3-5 минут за один цикл обработки.

Совместно с учеными проводились полевые исследования по применению лазера для защиты озимой пшеницы от вредителей: твердой головни,



(VNIIBZR, Krasnodar) as well as in the hothouses of private sector and forest nursery of Krasnodar Experimental Forestry. Treatment of seeds using the manual laser facility LU-3 was performed before the sowing process influencing on the small batch of seeds, which were placed in the dish or at the site in thin layer, with the laser beam. Treatment conditions (amount) and exposure (duration of cycle) were selected experimentally for each variety and specie of seeds and were 3-5 minutes for one treatment cycle.

Together with scientists we carried out field studies connected with the laser application for the protection of winter wheat from pests: stinking smut, rust, and leaf spotting. Plant laser treatment with the consideration of the main stages of development causes the suppression (at the level of fungicide Alto Super) of stem rust and leaf spotting of winter wheat. Sunflower laser treatment in the stage of budding before blossoming and during blossoming increases the antheridium diameter and crop yield and replaces the chemical protectant. Due to the fact that plant laser treatment takes place with the help of laser facility which is secured on the tractor moving



**Таблица 2.** Изменение урожая и его структуры у озимой пшеницы сорта "Юна" (1990–2005 годы)

**Table 2.** Variation of harvest and its structure for winter wheat of the Yuna variety (1990–2005)

Показатель Parameter	Вариант опыта Experiment variant	
	С использованием лазерной технологии Using laser technology	Без использования лазерной технологии Not using laser technology
Высота растения, см Plant height, cm	79,9	74,5
Длина главного корня, см Main root length, cm	9,1	8,9
Количество зерен в колосе, шт Amount of grains in ear, pcs.	47,0	45,6
Масса зерен в колосе, г Mass of grains in ear, g	1,74	1,44
Масса 1000 зерен, г Mass of 1000 grains, g	37,0	31,6
Количество колосьев на 1 м <sup>2</sup> , шт Amount of ears per 1 m <sup>2</sup> , pcs.	568,0	544,0
Урожай биологический, ц/га Biological harvest, c/ha	98,8	78,3

ржавчины и пятнистостей листьев. Обработка растений лазером по основным фазам развития приводит к подавлению (на уровне фунгицита Альто супер) стеблевой ржавчины и пятнистостей листьев озимой пшеницы. Обработка лазером подсолнечника в фазу бутонизации перед цветением и в цветение увеличивает диаметр корзинки, повышает урожайность и заменяет

around the field perimeter we managed to obtain the energy saving up to 81.5%, at least.

Research activities connected with the study of laser effect on the seeds and plants of different crops: wheat, sunflowers, soybeans, vegetables (tomatoes and cucumbers) were carried out in the creative cooperation of agricultural research teams of Biolaser Research and Production Firm, LLC, VNIIBZR, All-Russian

**Таблица 3.** Влияние лазерных обработок на урожайность озимой пшеницы сортов "Княжна" и "Победа-50" (2000–2001 годы)

**Table 3.** Influence of laser treatments on the productivity of winter wheat of the Knyazhna and Pobeda-50 varieties (2000–2001)

Вариант опыта Experiment variant	Урожайность озимой пшеницы, ц/га Winter wheat productivity, c/ha	
	Сорт "Княжна" Knyazhna	Сорт "Победа-50" Pobeda-50
Контроль Control	52,0	58,7
Эталон (Фунгицит – Альто супер) Standard (fungicide – Alto Super)	60,9	78,3
Опыт (лазер по семенам) Experiment (laser on seeds)	56,2	61,8
Опыт (лазер по семенам + по фазе флаг листа) Experiment (laser on seeds + by flag phase)	57,6	64,4
Опыт (лазер по семенам + по фазе флаг листа + по фазе цветения) Experiment (laser on seeds + by flag phase + by blossoming phase)	60,2	76,1



химический протравитель. В связи с тем, что обработка растений лазерным излучением проводится с помощью лазерного устройства, закрепленного на движущемся по периметру поля тракторе, удалось довести энергосбережение как минимум до 81,5 %.

Научные исследования по изучению действия лазера на семена и растения различных сельскохозяйственных культур - пшеницы, подсолнечника, сои, овощных (томатов, огурцов) - проводились в творческом сотрудничестве сельскохозяйственных научных коллективов: ООО НПФ "Биолазер", ВНИИБЗР, ВНИИ масличных культур, КНИИСХ им. Лукьяненко, Краснодарского опытного лесхоза. Институты продолжили исследования влияния лазерной активации на семена и растения различных сельскохозяйственных и лесных культур. Одновременно работы по внедрению лазера при обработке семян и растений шли в хозяйствах Краснодарского края и Ростовской области по договорам на коммерческой основе. Всего за последние годы в эксперименте приняли участие более 50 хозяйств на площади свыше 80000 га. Результаты подтвердили устойчивое повышение урожайности

Research Institute of Oil Crops, Krasnodar Research Institute of Agriculture named after Lukyanenko, Krasnodar Experimental Forestry. Institutes continued the research activities related to the influence of laser activation on the seeds and plants of different agricultural and forest crops. Simultaneously, activities connected with the implementation of laser for the treatment of seeds and plants were carried out on the farms in Krasnodar Krai and Rostov Region on the basis of commercial agreements. More than 50 farms with the area of more than 80000 ha have participated in the experiment over the recent years. Results confirmed the stable enhancement of productivity of crops by 5-10 centners/ha at the expense of the growth of field germinating capacity and germinating energy, increase of the amount of productive ears and mass of 1000 grains (see Table 2-4).

Analysis of obtained results confirmed the correctness of selected procedure of pre-sowing treatment of seeds and vegetative plants using the laser beam with low intensity. Data indicates the enhancement of crop yield and efficient inhibition of fungous pathogen complex. Experience of tomato growing using the laser technology in Kuban, Krasnodar Krai, at Kuban Product LLC in Belorechensk



зерновых культур на 5-10 ц/га за счет роста полевой всхожести и энергии прорастания, увеличения количества продуктивных колосьев и массы из расчета 1000 зерен (см. табл.2-4).

Анализ полученных результатов подтвердил правильность выбранной процедуры предпосевной обработки семян и вегетирующих растений лазерным лучом низкой интенсивности. Данные свидетельствуют о повышении урожайности и эффективном ингибировании комплекса грибных патогенов.

Интерес представляет опыт выращивания томатов с применением лазерной технологии на Кубани в Краснодарском крае в ООО "Кубань продукт" Белореченского района в 2012 году (табл.5). С участием производителя был организован производственный опыт при выращивании в открытом грунте томата гибрида "Солероссо" голландской селекции.

Согласно регламенту, лазерная обработка растений томатов проводилась при движении трактора с работающей лазерной установкой ЛУ-2 по технологической колее в темное время суток (после 21.00 часа). Уборка урожая проводилась вручную по мере созревания: первая уборка - 10.08.2012; вторая уборка - 17.08.2012; третья уборка - 24.08.2012; четвертая уборка - 31.08.2012. Итоги эффективности опыта приведены в табл.6. В процессе лазерной обработки под действием красного света ( $\lambda=650$  нм) в растительном организме семян и растений происходят процессы, приводящие к ускорению роста и развития, повышению урожайности и качества продукции. Опираясь на результаты работы ООО "Кубань продукт", мы справедливо

**Таблица 4.** Влияние лазерных обработок на распространение стеблевой ржавчины на озимой пшенице сорта "Победа-50" (2000–2001 годы)

**Table 4.** Influence of laser treatments on the spread of stem rust on winter wheat of the Pobeda-50 variety (2000–2001)

Вариант опыта Experiment variant	Распространение стеблевой ржавчины, % Spread of stem rust, %
Контроль Control	90
Эталон (Фунгицит – Альто супер) Standard (fungicide – Alto Super)	26,9
Опыт (лазер по семенам) Experiment (laser on seeds)	7,6
Опыт (лазер по семенам + по фазе флаг листа) Experiment (laser on seeds + by flag phase)	3,6
Опыт (лазер по семенам + по фазе флаг листа + по фазе цветения) Experiment (laser on seeds + by flag phase + by blossoming phase)	0,2

District in 2012 is of interest (Table 5). Commercial experiment was organized with the participation of the producer upon the outdoor growing of the tomato hybrid Solerosso of Dutch selection. According to the procedure the laser treatment of tomato plants was performed during the tractor movement with the operating laser facility LU-2 on technological track at the night time (after 9:00 PM). Harvesting was performed manually as the ripening took

**Таблица 5.** Агротехника проведения опыта

**Table 5.** Agricultural technology of experiment

Вариант Variant	Количество обработок Amount of treatments	Дата обработки Treatment date	Фазы развития культуры в период обработки Crop development stages during the treatment period	Площадь, га Area, ha
Контроль Control	Без обработки лазером Without laser treatment	-	-	25
Опыт Experiment	1-я обработка лазером 1 <sup>st</sup> laser treatment	22.04.2012	Предпосевная обработка семян Pre-sowing treatment of seeds	25
	2-я обработка лазером 2 <sup>nd</sup> laser treatment	15.06.2012	5–6 листьев 5–6 leaves	25
	3-я обработка лазером 3 <sup>rd</sup> laser treatment	09.07.2012	Цветение 1-й кисти Blossoming of the 1 <sup>st</sup> cluster	25
	4-я обработка лазером 4 <sup>th</sup> laser treatment	15.07.2012	Цветение 2 - 3-й кисти Blossoming of the 2 <sup>nd</sup> - 3 <sup>rd</sup> cluster	25



считаем использование лазерной технологии при выращивании томатов эффективным.

Конечно, при облучении семян и растений важную роль играет способ сканирования лазерного луча. Применение импульсного излучения при сканировании с помощью вращающейся зеркальной призмы усиливает плотность света на облучаемый материал, сильнее возбуждает пигменты семян при их обработке и хлорофилл растений при активации посевов [1]. Эффект связан с механизмом действия облучения – активацией электронного комплекса молекул, составляющих семя, с ионизацией этих молекул, то есть переходом молекул в возбужденное состояние. В возбужденном состоянии молекулы существуют доли секунды. И при сканировании лазерным лучом этого времени оказывается достаточно для усиления работы ферментных систем, контролирующей прорастание семян [2].

Операцию предпосевной лазерной активации семян в буре проводят путем облучения его поверхности сканирующим лазерным лучом особым способом, который повышает эффективность насыщения семян биоэнергией и упрощает техническое выполнение этой операции. Для яровых культур (зерновых) отлежка должна составлять не меньше

place: the first harvesting – 10.08.2012; the second harvesting – 17.08.2012; the third harvesting – 24.08.2012; the fourth harvesting – 31.08.2012. Results of the experiment efficiency are specified in Table 6. During the process of laser treatment under the action of red light ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ) the processes causing the growth and development acceleration, enhancement of crop yield and product quality occur in the organisms of seeds and plants. Relying on the results of work of Kuban Product LLC we fairly consider the use of laser technology for tomato growing to be efficient.

Of course, upon the irradiation of seeds and plants the method of laser beam scanning plays great role. Application of pulse radiation for scanning with the help of rotating mirror prism intensifies the light density on irradiated material, excites the seed pigments upon their treatment more intensely and plant chlorophyll upon the crop activation [1]. The effect is connected with the mechanism of irradiation action – activation of electron complex of molecules, which make up the seed, in ionization of these molecules, in other words, the transition of molecules to excited state. In excited state molecules exist for fractions of second. And upon the scanning by laser beam this



10 суток, но не превышать 50 суток. Дальнейшее увеличение отлежки снижает эффект. Для семян озимых зерновых культур время отлежки – до 13 суток. Отежка связана с тем, что пигмент фитохром проявляет различную чувствительность к перепаду температур окружающей среды. При посеве яровых

time is sufficient for the intensification of operation of enzyme systems controlling the germination of seeds [2].

Operation of pre-sowing laser activation of seeds in piles is carried out on the basis of irradiation of the surface by scanning laser beam using the special

**Таблица 6.** Хозяйственно-экономическая эффективность от применения лазерной технологии

**Table 6.** Economical efficiency as the result of laser technology application

№ #	Основные показатели Main parameters	Опытный участок Experimental plot	Контрольный участок Controlled plot
1	Площадь участка, га Plot area, ha	25	25
2	Урожайность томатов, т/га В том числе: Productivity of tomatoes, t/ha Including:	27,2	21,2
	Первый сбор First harvest	8,84	8,41
	Второй сбор Second harvest	8,54	7,6
	Третий сбор Third harvest	8,68	4,59
	Четвертый сбор Fourth harvest	1,14	0,6
3	Дополнительная урожайность томатов на опытном участке, т/га Additional productivity of tomatoes at the experimental plot, t/ha	6	Нет
4	Сбор томатов со всей площади, тонн Harvest of tomatoes from the whole area, tons	680	530
5	Дополнительное количество томатов, собранных на опытном участке, тонн Additional amount of tomatoes collected at the experimental plot, tons	150	Нет
6	Средняя закупочная цена 1 тонны томатов, руб. Average purchase price of 1 ton of tomatoes, RUB	6500	6500
7	Общий доход от реализации томатов, руб. Total income from the sale of tomatoes, RUB	4420000	3445000
8	Дополнительный доход, полученный от реализации томатов, собранных на участке с использованием лазера, руб. Extra income received from the sale of tomatoes collected at the plot where laser was used, RUB	975000	Нет
9	Затраты сельхозпроизводителя с применением лазерной технологии, руб. Expenses of agricultural producer using the laser technology, RUB	11500	Нет
10	Дополнительная прибыль, полученная на опытном участке, руб. Extra profit received at the experimental plot, RUB	963000	Нет
11	Доля затрат сельхозпроизводителя при применении лазерной технологии в себестоимости единицы продукции, руб. Share of the expenses of agricultural producer using the laser technology in the cost of production unit, RUB	0,02	Нет



в весеннюю холодную почву у семян, которые мало накопили биоэнергии, фитохром начинает перерождаться в пассивную форму. Посев озимых семян зерновых культур производится в теплую почву, и фитохром своих свойств не изменяет. Энергии, которую получила клетка от лазера, достаточно чтобы активизировать процессы, связанные с накоплением дополнительного урожая [1].

Лазерные устройства и технология неоднократно экспонировались на региональных и международных выставках в Краснодаре, Москве, Ганновере (Германия), Ухань и Чанша (Китай). НПФ "Биолазер", обладая многолетним опытом по внедрению в сельское хозяйство лазерных технологий, участвует в инновационной программе "Старт", финансируемой через "Фонд содействия Бортника", а также через региональный венчурный фонд инвестиций в малые предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Якобенчук В.Ф.** Эффективность светолазерного облучения семян. – Вестник сельхоз науки, 1989, №4 (392).
2. **Тютюрев С.Л.** Роль и место физических методов обеззараживания семян. – Защита и карантин растений, 2001, №2.

method which enhances the efficiency of seed saturation with bioenergy and simplifies the technical execution of this operation. Spring cultures (crops) must lay for not less than 10 days but not more than 50 days. Further increase of laying period impairs the effect. For the seeds of winter crops laying period is up to 13 days. Laying period is connected with the fact that phytochrome pigment has different sensitivity to the ambient temperature difference. In case of sowing of spring crops to the spring cold soil phytochrome of the seeds which accumulated small amount of bioenergy regenerates to the passive form. Winter grain seeds are sowed into warm soil and phytochrome does not change its properties. Energy received by the cell from laser is sufficient for the activation of the processes connected with the accumulation of additional harvest [1].

The laser facilities and technology were shown several times at the regional and international exhibitions in Krasnodar, Moscow, Hannover (Germany), Wuhan and Changsha (China). Having many years of experience of laser technology implementation in agriculture, Biolaser Research and Production Firm participates in the Innovation Program "Start" financed through the Bortnik Assistance Fund as well as venture capital fund of small business investments.