

**А.А. Назарова**, кандидат биологических наук, доцент;  
**С.Д. Полищук**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой;  
**Д.Г. Чурилов**, кандидат технических наук, старший преподаватель;  
**Е.В. Гуреева**, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией,  
ФГБНУ «Рязанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,  
(390502, Рязанская область, Рязанский район, п. Подвязье, ул. Парковая, д.1, тел.8-  
920-639-84-68, [Nanocentr-APK@yandex.ru](mailto:Nanocentr-APK@yandex.ru); 8-910-617-22-96, [sypolishuk@mail.ru](mailto:sypolishuk@mail.ru)  
8-953-738-07-38, [churilov.dmitry@yandex.ru](mailto:churilov.dmitry@yandex.ru)  
8-920-953-04-95, [elenagureeva@bk.ru](mailto:elenagureeva@bk.ru))  
**Г.И. Чурилов**, доктор биологических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени  
академика И.П. Павлова»,  
(390026 г.Рязань, ул. Высоковольтная, д.9, тел. 8-910-901-32-98,  
[genchurilov@yandex.ru](mailto:genchurilov@yandex.ru))

## НАНОБИОПРЕПАРАТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ СОРТА СВЕТЛАЯ

В статье представлены результаты исследований сои в 2013-2015 гг. в условиях Рязанского района Рязанской области. В данной работе показано влияние биологически активных препаратов на основе наночастиц (НЧ) металлов железа, кобальта и меди на физиологические, биохимические и продуктивные показатели растений сои в производственных условиях: полевая всхожесть, высота и масса растений и корней, площадь листовой поверхности, элементы структуры урожая, урожайность, химический состав. Исследования показали, биопрепарат с НЧ меди увеличил высоту растений в фазе ветвления (на 9,7%) и массу вегетативной части растений (на 26,4%). Но лучший результат наблюдался при использовании биопрепарата с наночастицами кобальта – увеличилась масса корней у вегетирующих опытных растений на 17,7%, урожайность зерна сои повысилась на 20%, содержание белка в зерне – на 4,9% относительно контроля. Полевые испытания эффективности применения препаратов на основе наночастиц железа, меди и кобальта в технологии производства семян сои в условиях Центральной Нечерноземной зоны РФ показали, что наибольшей эффективностью обладают наночастицы кобальта, что дает предпосылки для дальнейших исследований и внедрения в производство биопрепарата – стимулятора роста.

**Ключевые слова:** соя, наночастицы железа, кобальта, меди, наноматериалы, показатели роста и развития, урожайность, зольность, белок.

А.А. Nazarova, Candidate of Biological Sciences, docent;

**S.D. Polischchuk**, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the department;  
**D.G. Churilov**, Candidate of Technical Sciences, senior lecturer;  
**E.V. Gureeva**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory,

*FSBSI "Ryazansky Research Institute of Agriculture"*  
(390502, Ryazan region, Ryazan district, v. of Podvyazie, Parkovaya Str., 1; tel.: 8-920-639-84-68, email: [nanocentr-APK@yandex.ru](mailto:nanocentr-APK@yandex.ru), tel: 8-910-617-22-96, email: [svpolishuk@mail.ru](mailto:svpolishuk@mail.ru), tel.: 8-953-738-07-38, email: [churilov.dmitry@yandex.ru](mailto:churilov.dmitry@yandex.ru), tel.: 8-920-953-04-95, email: [elenagureeva@bk.ru](mailto:elenagureeva@bk.ru)),

**G.I. Churilov**, Doctor of Biological Sciences, professor;  
*Ryazan State Medical University named after the Academician I.P. Pavlov*  
(390026, Ryazan, Vysokovoltnaya Str., 9; tel.: 8-910-901-32-98, email: [genchurilov@yandex.ru](mailto:genchurilov@yandex.ru))

## THE USE OF NANO-BIO-PREPARATIONS IN THE CULTIVATION TECHNOLOGY OF THE SOYBEAN VARIETY ‘SVETLAYA’

The article presents the study results of soybean in the Ryazan district of the Ryazan region in 2013-2015. The paper considers the effect of biologically active preparations based on nanoparticles of iron, cobalt and copper on such physiological, biochemical and productive indexes of soybean as field germination, plant and root height, plant and root weight, leaf area, elements of yield structure, productivity and chemical composition. The study showed that the bio-preparation based on nanoparticles of copper increased the plant height on 9.7% in the branching phase and the weight of vegetative part of the plants on 26.4%. The application of the bio-preparation based on nanoparticles of cobalt gave the best result. The root weight of the plants during a vegetation period increased on 17.7%, productivity of soybean grain increased on 20% and content of protein in grain increased on 4.9% compared with the control variety. The field trials of efficiency of preparations based on nanoparticles of iron, cobalt and copper in the cultivation technology of the soybean in the Central Non-Black earth part of RF showed that nanoparticles of cobalt possess the best efficiency that promotes the further study and introduction of growth regulator into production.

**Keywords:** soybean, nanoparticles of iron, cobalt and copper, nanomaterials, indexes of growth and development, zoning, protein.

**Введение.** Соя является одной из наиболее ценных зернобобовых культур в мире, это основа для получения растительного белка и масла на территории многих стран. Она применяется как продовольственное, техническое, кормовое и лекарственное растение. Соя является лидером по содержанию белка и биологически активных веществ (аминокислоты, ферменты, витамины, микроэлементы). Возделывание сои в Центральном регионе России стало возможным с созданием скороспелых сортов, способных вызревать до фазы полной спелости зерна. Но реализация всего потенциала продуктивности сорта

невозможна без применения различных агротехнологических приемов, в том числе использования биологически активных веществ, стимулирующих процессы роста и развития [1,2,3]. Альтернативой таким веществам могут стать препараты – стимуляторы роста на основе наноразмерных частиц металлов [4,5].

На базе Центра нанотехнологий и наноматериалов для АПК, действующего в Рязанском ГАТУ, изучение биологической активности различных форм наноматериалов проводится на протяжении 20 лет. Исследуются физические, химические и биологические свойства таких наноматериалов, как наночастицы биогенных и техногенных металлов, оксидов металлов, суспензий неметаллов, высокодисперсных гуминовых кислот, высокодисперсных шламовых отходов. Наибольшую эффективность при взаимодействии с семенами сельскохозяйственных культур, в том числе зернобобовых, показали наночастицы железа, кобальта и меди. Наночастицы металлов благодаря особому строению и размерам 20-40 нм обладают специфическими биокатализитическими свойствами. Применение их в качестве стимуляторов роста при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных растений позволяет при минимуме затрат достичь высокой прибавки урожая семян, а также повысить накопление биологически активных веществ в продукции растениеводства [6,7].

В лабораторных условиях для семян сои были отработаны оптимальные концентрации наноразмерных веществ. Эффективность концентраций в диапазоне 0,5-1,0 г на гектарную норму высеива семян была изучена в производственных условиях.

Цель исследований – определить влияние биопрепаратов на основе наночастиц железа, кобальта и меди на растения сои сорта Светлая на основе показателей роста, развития и формирования урожайности.

**Материалы и методы.** Полевые исследования были проведены в 2013-2015 гг. на участке селекционного севооборота Рязанского НИИ сельского хозяйства Российской сельскохозяйственной академии (РАСХН), (п.Подвязье, Рязанская область).

Почва опытного участка темно-серая лесная, тяжелосуглинистая. Реакция почвенного раствора –  $\text{pH}_{\text{сол.}}$  5,3, содержание гумуса 4,6%. Содержание подвижного фосфора – 298, содержание обменного калия – 126 мг/кг почвы. Предшественник – озимая пшеница. Опыты проведены в системе инновационной технологии возделывания сои для хозяйств Рязанской области. Посев опытных делянок произведен сеялкой СН-16 с междурядьями 45 см. Норма высеива – 650 тыс.шт./га.

Объектом исследований являлась соя сорта Светлая. Это ультраскороспелый сорт, семена которого вызревают при пониженной температуре воздуха и слабо реагируют на изменение длины светового дня, районирован для Нечерноземной зоны РФ. Средняя

урожайность до 22 ц/га, содержание белка до – 44, жира – до 19%. Отличается устойчивостью к септориозу и семядольному бактериозу, бобы сорта обладают высокими пищевыми качествами.

Для условий Центрального Нечерноземья, в частности Рязанской области, лимитирующим показателем для развития сои в отдельные периоды является температурный режим и влагообеспеченность. В целом за 2013-2015 гг. агроклиматические условия для роста и развития сои можно назвать благоприятными.

Опыт однофакторный. Фактор – предпосевная обработка семян нанобиопрепаратами. Схема опыта:

1. Контроль – семена замачивали перед посевом в дистиллированной воде на 30 мин.
2. Нанобиопрепарат с железом (НП железа) – семена замачивали перед посевом в растворе препарата на 30 мин.
3. Нанобиопрепарат с медью (НП меди).
4. Нанобиопрепарат с кобальтом (НП кобальта).

Повторность в опыте 4-х кратная, размещение вариантов систематическое, площадь делянки – 26,6 м<sup>2</sup>, уборочная площадь – 10,8 м<sup>2</sup>.

Для приготовления биопрепаратов использовали нанопорошки железа (НП Fe), кобальта (НП Co) и меди (НП Cu) – мелкодисперсные однородные порошки без посторонних включений, чистота – 99,98%, размер частиц – 20-40 нм, произведены в НИТУ МИСиС.

Закладка опытных делянок, наблюдения, оценки проведены в соответствии с «Методическими рекомендациями по госиспытанию сельскохозяйственных культур», определение белка в зерне сои по ГОСТу 10846-91. Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову с помощью пакета статистических программ Excel 7.0.

**Результаты.** В процессе вегетации определяли следующие показатели: полевая всхожесть, площадь листовой поверхности, высота и масса растений по фазам вегетации, структура урожая и урожайность семян сои.

В наших исследованиях полевая всхожесть семян зависела от предпосевной обработки наночастицами металлов, обработка НЧ железа увеличила данный показатель на 3,0%, НЧ меди – на 3,6%, НЧ кобальта – на 5,4% относительно контроля. При этом густота стояния в фазе всходов у опытных растений была выше контроля в среднем на 5,5%.

Решающее значение для формирования урожайности семян сои имеет сохранность растений к уборке, в нашем опыте сохранность растений в целом составила 94, на контрольном варианте – 91%.

По наблюдениям за 2013-2015 гг. растения опытных и контрольного вариантов имели одинаковую продолжительность вегетационного и межфазных периодов.

В фазе ветвления сои были определены высота и масса вегетативной и корневой частей растения, а также площадь листовой поверхности (табл. 1).

#### 1. Морфологические и физиологические показатели растений сои.

Показатель	Контроль	НП железа	НП меди	НП кобальта
Высота растений, см	37,0±1,2	37,3±0,5	40,6±1,1	38,5±0,9
<i>Отношение к контролю, %</i>	-	+0,8%	+9,7%	+4,1%
Масса вегетативной части растения, г	17,0±0,3	19,3±0,1	21,5±0,5	20,0±0,6
<i>Отношение к контролю, %</i>	-	+13,2%	+26,4%	+17,5%
Масса корневой части растения, г	3,1±0,2	2,9±0,1	3,4±0,3	3,6±0,2
<i>Отношение к контролю, %</i>	-	-1,9%	+10,2%	+17,7%
Площадь листовой поверхности, м <sup>2</sup> /га	20518±328	21239±563	24687±439	22451±621
<i>Отношение к контролю, %</i>	-	+3,5%	+20,3%	+9,4%

Обработка семян сои перед посевом нанобиопрепаратами показала, что максимальное увеличение высоты растений в фазе ветвления отмечено на варианте с наночастицами меди (на 9,7% относительно контроля), здесь же наблюдается наибольшее повышение массы вегетативной части растения – на 26,4%. Наночастицы кобальта, напротив, стимулировали развитие корневой части растения – ее масса увеличилась на 17,7% по сравнению с контролем. Вероятно, это связано с тем, что кобальт необходим бобовым растениям для усиления азотфиксации клубеньковыми бактериями, также он способствует синтезу витамина В<sub>12</sub>, который находят в клубеньках, усиливает процесс фотосинтеза и повышает защитные функции от поражения болезнями. НП железа не оказал на растения сои значительного влияния.



Рис.1. Соя в фазе ветвления на вариантах Контроль и НП меди (2014 г.)

Обработка семян сои перед посевом наночастицами железа способствовала повышению площади листовой поверхности на 3,5, наночастицами кобальта – на 9,4, наночастицами меди – на 20,3% по сравнению с контролем.



Рис.2. Растения сои, семена которых были обработаны НП кобальта

В таблице 2 представлены основные элементы структуры урожая сои сорта Светлая

## 2. Элементы структуры урожая сои

Вариант	Высота, см		Количество, шт / раст.			Влажность семян, %
	растения	прикрепления нижнего боба	продуктивных узлов всего / на главном стебле	бобов	семян	
Контроль	41,9±0,3	7,1±0,1	10,8 / 8,3	21,4±0,8	44,5±1,8	18,8±0,1
НЧ железа	45,0±0,5	10,5±0,2	14,1 / 9,0	26,9±1,1	55,3±1,5	18,1±0,2
НЧ меди	43,6±0,4	9,5±0,3	16,0 / 8,6	29,9±0,9	65,4±2,1	17,7±0,4
НЧ кобальта	41,7±0,2	8,2±0,1	15,5 / 8,6	31,6±1,0	66,5±1,4	17,9±0,3

Применение наночастиц биогенных металлов в качестве стимуляторов роста растений сои привело к увеличению ее продуктивности. Так, на варианте с НП железа высота растений была максимальной и превысила контроль на 7,3%, а высота прикрепления нижнего боба выше на 47%. Также НП железа увеличил количество бобов на одном растении на 25,7, НП меди – на 39,6, НП кобальта – на 47,6%.

Количество семян на 1 растении было больше на варианте с наночастицами кобальта (на 49,4% по сравнению с контролем), что отразилось на урожайности семян сои (табл. 3).

### 3. Урожайность сои и химический состав зерна

Вариант	Урожайность (при кондиционной влажности 14%), ц/га	Отношение к контролю, %	Зольность зерна, %	Массовая доля белка в пересчете на абсолютно сухое вещество, %
Контроль	16,0±0,3	-	6,53±0,24	34,56±0,69
НЧ железа	16,9±0,2	+5,6	6,41±0,45	42,24±0,57
НЧ меди	17,8±0,4	+11,3	6,64±0,31	43,69±0,44
НЧ кобальта	19,2±0,5	+20,0	6,49±0,28	39,51±0,76
HCP 05	0,88			

Изучение химического состава зерна сои показало, что зольность опытных вариантов незначительно отличалась от контроля и находилась в пределах нормы. Содержание белка в зерне сои показало, что использование НП железа в предпосевной обработке способствовало повышению белка на 7,68, наночастиц меди – на 9,13, наночастиц кобальта – на 4,95% по сравнению с контрольным значением.

Анализ таблицы 3 подтверждает активацию биохимических и физиологических процессов в растениях сои под влиянием биопрепаратов на основе наночастиц металлов. Повышение урожайности семян опытных растений наблюдалось на всех опытных вариантах, максимально на 20% при действии наночастиц кобальта.



Рис.3. Общий вид опытного участка сои (04.08.2015)

Таким образом, полевые испытания эффективности применения препаратов на основе наночастиц железа, меди и кобальта в технологии производства семян сои в условиях Центральной Нечерноземной зоны РФ показали, что наибольшей эффективностью обладают наночастицы кобальта, что дает предпосылки для дальнейших исследований и внедрения в производство биопрепарата – стимулятора роста.

### Литература

1. Агрономия: Учеб. Пособие для учреждений сред. проф. образования / Н.Н. Третьяков, Б.А. Ягодин, А.М. Туликов и др.; Под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
2. Кубеев, Е.И. Технологии и технические средства по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур. Монография / Е.И. Кубеев, В.А. Смелик // Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2011.– 209 с.
3. Сыромятников В.Ю. Продуктивность сои в зависимости от условий минерального питания, приемов ухода и норм высева семян на юго-востоке ЦЧР: Автореферат диссертации кандидата с.-х. наук.– Воронеж, 2011.–23 с.
4. Федоренко, В.Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе: научное издание / В.Ф. Федоренко, М.Н. Ерохин, В.И. Балабанов. – М.: «Росинформагротех», 2011. – 312 с.
5. Нанотехнологические разработки аграрных вузов: каталог. // И.Г. Голубев, Л.А. Неменущая. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013.– 84 с.

6. Полищук, С.Д. Биологически активные препараты на основе наноразмерных частиц металлов в сельскохозяйственном производстве / С.Д. Полищук, А.А. Назарова, И.А. Степанова, М.В. Куцкир, Д.Г. Чурилов // Нанотехника.– №1 (37). – 2014.– С. 72-81.

7. Polishuk S.D., Nazarova A.A., Kutskir M.V., Churilov D.G., Ivanycheva Y.N., Kiryshin V.A., Churilov G.I. /Ecologic-Biological Effects of Cobalt, Cuprum, Copper Oxide Nano-Powders and Humic Acids on Wheat Seeds. // Modern Applied Science. – 2015, vol.9. – №.6. – P. 354-364.

### **Literature**

1. Agronomy: textbook for the institutions of Sec.Prof.Ed./ N.N. Tretiyakov, B.A. Yagodin, A.M. Tulikov, et al; ad. by N.N. Tretiyakov. – M.: Publ. Center ‘Academy’, 2004. – 480 p.

2. Kubeev, E.I. Technologies and equipment for pre-seeding processing of seeds of agricultural crops / E.I. Kubeev, V.A. Smelik // Monograph. – Saint-Petersburg: StPSAU, 2011.– 209 p.

3. Syromyatnikov, V.Yu. The productivity of soybeans, depending on the conditions of mineral nutrition, methods of care and seeding rates in the southeast of the CBA: thesis on Cand.of Agr.Sc.–Voronezh, 2011.– 23 p.

4. Fedorenko, V.F. Nano technologies and nano materials in the agroindustrial complex: research issue / V.F. Fedorenko, M.N. Erokhin, V.I. Balabanov. – M.: ‘Rosinformagrotekh’, 2011. – 312 p.

5. Nanotechnological development of agrarian universities: catalog / I.G. Golubev, L.A. Nemenushchaya. – M.: ‘Rosinformagrotekh’, 2013.– 84 p.

6. Polishchuk S.D., Nazarova A.A., Stepanova I.A., Kutskir M.V., Churilov D.G. Biologically active preparations based on nanoscale metal particles in agricultural production// Nano-technique. №1 (37). 2014. PP. 72-81.

7. Polishuk, S.D. Ecologic-Biological Effects of Cobalt, Cuprum, Copper Oxide Nano-Powders and Humic Acids on Wheat Seeds / S.D. Polishuk, A.A. Nazarova, M.V. Kutskir, D.G. Churilov, Y.N. Ivanycheva, V.A. Kiryshin, G.I. Churilov // Modern Applied Science. – 2015, vol.9. – №.6. – PP. 354-364