

DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11165

УДК 631.8:633.34

## КРЕМНИЙ И ЕГО РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОИ

**А.А. МНАТСАКАНЯН, Г.В. ЧУВАРЛЕЕВА**, кандидаты сельскохозяйственных наук  
**А.С. ВОЛКОВА**

ФГБНУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНА ИМЕНИ П.П. ЛУКЬЯНЕНКО»

E-mail: newagrotech2015@mail.ru

*Опыт закладывался в стационаре агротехнологического отдела ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», расположенного в центральной почвенно-климатической зоне Краснодарского края. Основным подтипом почвы является чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный.*

*Целью исследований являлось изучение влияния доз внесения минерального удобрения с микроэлементами НаноКремний на урожайность и качество зерна сои. В статье представлены средние данные за два года исследований (2017 и 2018 гг.). В целом исследуемые годы были сравнительно неблагоприятными для получения высоких урожаев зерна сои.*

*Выявлено, что при обработке семян сои минеральным удобрением в составе которого чистый кремний в жидкой форме – препарат НаноКремний, количество бобов на растении увеличилось на 0,9 шт., последующие обработки по вегетирующим растениям сои способствовали росту этого показателя от 0,5 до 1,1 штук на растении, в зависимости от дозы.*

*Данный препарат не только существенно повысил урожайность сои, но и оказал влияние на другие показатели её продуктивности: количество бобов на растении и семян в бобе, на массу 1000 семян и зерна с 1-го растения, а также на сбор масла и белка.*

*Проведённые исследования выявили, целесообразность применения препарата НаноКремний в технологии выращивания сои в дозах 300/75/75 и 300/100/100, что позволило лучшей реализации потенциала данной культуры.*

**Ключевые слова:** соя, урожайность, качество зерна, масличность, белок, обработка семян, некорневая обработка.

## SILICON AND ITS ROLE IN INCREASING THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SOYBEAN GRAIN

**A.A. Mnatsakanyan, G.V. Chubarleeva, A.S. Volkova**

FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION «P. P. LUKYANENKO NATIONAL  
CENTER FOR GRAIN»

**Abstract:** *The experience was laid in the stationary of the agrotechnological department FSBSI «P.P. Lukyanenko National Center for Grain », located in the central soil-climatic zone of the Krasnodar Territory. The main subtype of the soil is leached low-humus chernozem extra heavy.*

*The aim of the study was to study the effect of doses of mineral fertilizers with trace elements NanoSilicon on the yield and quality of soybean grain. The article presents the average data for two years of research (2017 and 2018). In general, the studied years were relatively unfavorable for obtaining high yields of soybean grain.*

*It was revealed that during the treatment of soybean seeds with mineral fertilizer containing pure silicon in liquid form - the NanoSilicon preparation, the number of beans on the plant increased by 0.9 pcs., Subsequent treatments on vegetating soybean plants contributed to the*

*growth of this indicator from 0.5 to 1, 1 pieces per plant, depending on the dose.*

*This preparation not only significantly increased soybean yield, but also influenced other indicators of its productivity: the number of beans per plant and seeds in a pod, the weight of 1000 seeds and grain from a single plant, as well as the collection of oil and protein..*

*Studies have shown the feasibility of using the preparation NanoSilicon in the technology of soybean cultivation in doses 300/75/75 и 300/100/100, which allowed a better realization of the potential of this culture.*

**Keywords:** soybean, yield, grain quality, oil content, protein, seed treatment, non-root treatment.

Соя – уникальная сельскохозяйственная культура многогранного использования. По богатству и разнообразию содержания в зерне полезных компонентов ей нет равных среди других культур, возделываемых человеком [1, 2].

В нашей стране, несмотря на наличие почвенно-климатических условий для возделывания сои, эта культура ещё не нашла должного распространения. Стоит отметить, что в последние годы лидером по производству сои стал Краснодарский край. Однако урожайность соевого зерна в крае не высокая. Причиной низких урожаев её в последние годы является не только засушливые погодные условия, но и нарушение агротехнических требований при её возделывании (Баранов В.Ф., Кочегура А.В. 2009).

Соя как бобовая азотфиксирующая, улучшающая плодородие почвы, культура способствует формированию экологически устойчивых агроландшафтов. Она характеризуется специфичностью питания, как в количественном, так и в качественном отношении. Благодаря её способности фиксировать азот из воздуха посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями и использованию из почвы фосфора и калия из труднорастворимых соединений и реутилизировать их запасы из стеблей в семена, соя, как правило, не нуждается в минеральных удобрениях [3, 4].

Основной функцией кремния в растении является увеличение её устойчивости к неблагоприятным условиям, выражающееся в утолщении эпидермальных тканей (механическая защита), ускорении роста и развития корневой системы (физиологическая защита), связывании токсичных соединений (химическая защита) и увеличении биохимической устойчивости к стрессам (биохимическая защита), снижении действия высоких температур (тепловая защита) [5].

Кремний способствует устойчивости растений к физиологическим болезням, возникающим при комплексном воздействии пестицидов, сероводорода, анаэробноз и возбудителей грибковых и бактериальных болезней.

По выносу кремния все растения делятся на 2 группы: растения с невысоким выносом (как правило двудольные – картофель, гречиха, клевер и т.д.) и растения с повышенным выносом (в основном однодольные семейства – злаковые и др.) Все растения выносят кремния несколько больше, чем других макроэлементов [6].

Мировой опыт показывает, что кремниевые удобрения являются инновационным фактором интенсификации современного земледелия, без которого невозможно ведение высокопродуктивного, стрессоустойчивого и экологически чистого производства растениеводческой продукции.

В России роль кремниевых удобрений в интенсификации земледелия известна малому кругу специалистов. Кремниевые удобрения используются в Японии, Южной Корее, Колумбии, Мексике, США, Австралии, Бразилии [7].

Отечественное удобрение минеральное с микроэлементами Нанокремний на основе биологически активного кремния предназначено для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений в целях ускорения их прорастания, усиления роста и развития растения в целом, а также для повышения устойчивости к неблагоприятным условиям выращивания.

Цель исследований – изучить влияние доз внесения минерального удобрения с

микрорезультатами НаноКремний на урожайность и качество зерна сои в условиях центральной зоны Краснодарского края.

### Материалы и методы

Исследования проводились в стационарном опыте агротехнологического отдела ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», расположенном в центральной почвенно-климатической зоне Краснодарского края. Основным подтипом почвы является чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный.

Настоящий подтип почвы отличается большой мощностью гумусового горизонта и сравнительно малым содержанием гумуса в верхних горизонтах. Содержание общего азота в слое 0-30 см изменяется от 0,22 до 0,30%, валового фосфора содержится 0,17-0,22%, а валового калия – 1,7-2,1%. Верхние слои почвы имеют нейтральную или слабокислую реакцию почвенного раствора.

Структура чернозема выщелоченного в слое до 30 см комковато-порошистая, в слое до 50 см – комковато-зернистая. Механический состав почвы тяжёлый, содержание физической глины колеблется от 61,0 до 64,0%, а илистой фракции от 37,0 до 44,0%. Большое содержание ила и пыли ухудшает физические свойства черноземов выщелоченных, придаёт им высокую связность и способность к заплыванию, уплотнению после выпадения осадков. Объёмная масса слоя почвы 0-30 см составляет 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup>. Чернозём выщелоченный обладает высокой ёмкостью поглощения. В целом эти почвы пригодны для возделывания сельскохозяйственных культур.

Климат центральной зоны Краснодарского края умеренно-континентальный, умеренно-засушливый, с коэффициентом увлажнения 0,30-0,40. По многолетним данным среднегодовое количество осадков составляет 600-700 мм со значительными колебаниями от 351 до 882 мм. Распределение их по месяцам неравномерное.

Весна начинается в конце февраля – начале марта. К этому времени еще наблюдаются колебания температур от минусовых, до плюсовых. Безморозный период начинается со второй декады апреля.

Лето и переход температуры воздуха через 15°C, наступает в середине мая, обычно оно жаркое и сухое. Летние осадки носят преимущественно ливневый характер. Особенностью лета является преобладание сухих восточных ветров, с высокими температурами воздуха, до +40°C, при очень низкой её относительной влажности.

Безморозный период этой зоны составляет в среднем 187 дней, среднегодовая суточная температура воздуха +10,7°C. Погодные условия в годы исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Температурный режим и сумма осадков в течение вегетации сои

Период исследований	Показатели	Месяц				
		апрель	май	июнь	июль	август
2017 год	температура воздуха, °С	11,8	16,9	21,5	25,3	27,1
	сумма осадков, мм	50,1	132,3	71,6	71,1	11,7
2018 год	температура воздуха, °С	14,5	19,8	24,2	26,4	26,4
	сумма осадков, мм	79,8	14,3	111,8	5,5	77,6
Среднегодовая норма	температура воздуха, °С	17,0	21,0	23,5	22,8	17,8
	сумма осадков, мм	55	69	82	58	51

Апрель был тёплым и сухим. В 2017 и 2018 годах недобор осадков составил 5,0 и 22,6 мм, соответственно (в сравнении со среднегодовой нормой). Погода в мае характеризовалась равномерным нарастанием температуры воздуха, близкой к среднегодовым данным с выпадением осадков выше нормы.

В июне 2017 года недобор осадков составил 10,4 мм, а в 2018 году – 67,7 мм, при температуре воздуха 24,2°C, что превышала среднегодовую норму на 3,2°C и характеризовала июнь 2018 года как жаркий и сухой. Июль был жарким и влажным: температура воздуха на 1,8-2,9°C выше нормы в зависимости от года исследований, осадков выпало в 2017 году на 22,6 – % в 2018 г на 9,2% выше нормы. Август характеризовался высокой температурой воздуха, и недобором осадков в исследуемые годы. В 2017 г выпало 11,7 мм, в 2018 г. – 5,5 мм осадков, при среднегодовой норме 51 мм. В целом исследуемые годы были сравнительно неблагоприятными для получения высоких урожаев зерна сои.

Для изучения влияния удобрения минерального с микроэлементами НаноКремний на урожайность и качество зерна сои в центральной зоне Краснодарского края был заложен опыт по схеме, включающей следующие варианты:

1. Контроль – обработка водой;
2. Обработка семян сои препаратом НаноКремний нормой 300 г/т;
3. Обработка семян сои препаратом НаноКремний нормой 300 г/т + обработка по всходам 50 г/га + обработка в фазу бутонизации 50 г/га;
4. Обработка семян сои препаратом НаноКремний нормой 300 г/т + обработка по всходам 75 г/га + обработка в фазу бутонизации 75 г/га;
5. Обработка семян сои препаратом НаноКремний нормой 300 г/т + обработка по всходам 100 г/га + обработка в фазу бутонизации 100 г/га;
6. Обработка семян сои препаратом НаноКремний нормой 300 г/т + обработка по всходам 125 г/га + обработка в фазу бутонизации 125 г/га.

При предпосевной обработке семян сои норма рабочей жидкости составила 10 л/т семян. Обработку растений изучаемым препаратом НаноКремний проводили ранцевым опрыскивателем «Огюн» – в фазы всходы и бутонизация. Расход рабочего раствора 250 л/га.

Соя – культура высокотехнологичная, адаптированная к различным условиям возделывания. В опыте соя высевалась в III декаде апреля. Всходы отмечены в I декаде мая. Обработку по всходам провели через 7 дней, когда растения сои перешли на автотрофное питание. Фаза бутонизации наступила I декаде июня. До фазы ветвления надземная масса растёт медленно, активный рост стебля происходит в фазу бутонизации и цветения. Вегетативный рост растений прекращается в фазе налива семян.

Объект исследований – сорт сои Селекта 201. Раннеспелый, в системе ГСИ он используется в качестве стандарта. Потенциал урожайности составляет 5,5 т/га. Сорт устойчив к почвенной и воздушной засухам. Высокоустойчив к полеганию и растрескиванию бобов при перестое.

Предшествующей культурой при возделывании сои в наших исследованиях являлась озимая пшеница. Общая площадь делянки 48 м<sup>2</sup>, учётная 30 м<sup>2</sup>. Опыт заложен в четырёхкратной повторности, расположение делянок систематическое. Агротехника в опыте общепринятая для возделывания сои в центральной зоне Краснодарского края.

#### **Характеристика применяемого препарата**

Удобрение минеральное с микроэлементами НаноКремний – экологически чистый продукт, изготовленный на основе сверхчистого кремния, производится в России по уникальной технологии, обеспечивающий получение и сохранность биологически активного кремния, коллоидного размера. Форма жидкая, препарат предназначен для приготовления водных растворов. В состав входит: кремний – 50%, железо – 6%, медь – 1%, цинк – 0,5%, рН – 7,8.

За счёт нано частиц, кремний свободно проникает через клеточную мембрану и становится доступен на клеточном уровне. Клетка растения получает, по сути, энергетическую установку дополнительно к своим внутренним аккумуляторам.

Учеты и наблюдения в опытах:

- фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводились на

пробных площадках на 100 этикетированных растениях на каждой делянке. (Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами, 2010);

– определение структурных элементов урожая в фазе созревания в четырех повторениях варианта опыта в типичных по густоте стояния растений точках делянки отбирали единичные образцы растений с двух площадок по 0,5 м<sup>2</sup> в исследуемых повторениях. (Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами, 2010);

– учёт урожая проводился сплошным методом: сразу после уборки семена с учётной площади каждой делянки взвешивали, который приводили к 100%-й чистоте и к стандартной 14% влажности чистых семян по общепринятой методике (Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами, 2010).

Определение масличности, содержания белка в семенах сои проводилось в лаборатории агротехнологического отдела.

### Результаты и обсуждение

Определение показателей структуры урожая, таких как масса 1000 семян, масса семян 1 растения, количество бобов на растении и семян в бобе, является необходимым для общей характеристики и обоснования полученных результатов урожайности.

Структура урожая и урожайность сои в зависимости от применения удобрения минерального с микроэлементами НаноКремний представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Влияние препарата НаноКремний на формирование элементов структуры урожая и урожайность сои, (в среднем за 2017, 2018 гг.)

Вариант	Количество, шт.		Масса, г		Урожайность, ц/га
	бобов на растении	семян в бобе	1000 семян	зерна с 1-го растения	
Контроль (без удобрений)	19,7	2,09	191,6	7,89	21,7
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га	20,6	2,08	194,8	8,35	22,7
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 50 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 50 г/га	21,1	2,13	194,1	8,72	24,0
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 75 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 75 г/га	21,7	2,20	194,0	9,26	25,5
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 100 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 100 г/га	21,5	2,26	194,1	9,43	25,9
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 125 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 125 г/га	21,1	2,14	194,8	8,80	24,2
НСР <sub>0,05</sub>	0,6	0,07	6,0	0,27	0,7

В зависимости от доз внесения минерального удобрения с микроэлементами НаноКремний изменялась и урожайность сои. За два года исследований урожайность на контроле составила 21,7 ц/га. Препарат НаноКремний в исследуемых дозировках увеличивал урожайность сои. При обработке посевного материала в дозе 300 г/т семян урожайность сои

составила 22,7 ц/га, что на 1,0 ц/га выше контроля, но уступает по урожайности другим вариантам.

При обработке посевного материала в дозе 300 г/га и некорневых обработках в дозе 50 г/га по всходам + 50 г/га в фазу 7-8 листьев, а также на и варианте с повышенной дозой (300/125/125) внесения по вегетирующим растениям, урожайность не имеет существенных различий и превышает контроль на 2,3-2,5 ц/га.

Высокие показатели урожайности за годы проведенных исследований получены при обработке семян в дозе 300 г/т семян и двух обработок по вегетирующим растениям в дозах по 75 г/га и по 100 г/га. На этих вариантах отмечена, достоверны высокие показатели урожайность превышая исследуемые варианты от 3,8 до 4,2 ц/га, равные между собой и составили 25,5 и 25,9 ц/га соответственно.

Выявлена закономерность от вносимых доз препарата на урожайность сои, но на какие показатели структуры урожая данной культуры влияет доза минерального удобрения НаноКремний с микроэлементами, разберём более детально.

Один из основных показателей – это количество бобов, сформировавшихся на одном растении. На контроле, данный показатель составил 19,7 шт. Количество семян в одном бобе на контроле 2,09 штук, такие же результаты, в меньшей или большей степени, но в пределах НСР получены на вариантах 300; 300/50/50; 300/125/125.

Максимальное количество семян в одном бобе выявлено при обработке препаратом в дозах 300/75/75 и 300/100/100, что составило 2,2 и 2,26 шт., соответственно. Полученные результаты превышали контроль и равные его данным варианты в среднем на 5,7%.

Семена сои сорта Селекта 201 имеют массу 1000 зёрен в пределах 180-200 грамм. При определении массы 1000 семян в наших исследованиях, отмечены, высокие результаты на всех вариантах с применением исследуемого препарата и изменялась от 194,0 г (300/75/75) до 194,8 г (300/125/125), когда на контроле получено 191,6 грамм. Между вариантами опыта с применением препарата НаноКремний по массе 1000 семян существенных отличий не отмечено.

При определении массы зерна, полученного с одного растения, выявлена также закономерность, что и по урожайности сои.

Таким образом, при анализе данных по урожайности и изменении её структуры все варианты с внесением минерального удобрения с микроэлементами НаноКремний оказались действенными. Однако наиболее эффективное применение его в технологии выращивания сои в дозе 300/75/75 и 300/100/100.

Получив относительно хорошие результаты по урожайности сои, еще не залог хорошего качества зерна [3]. Влияние изучаемых доз препарата НаноКремний на содержание белка и масличности приведено в таблице 3.

Оценивая все зернобобовые культуры, стоит отметить сою, которая способна накапливать значительное количество белка и масла в своих семенах. Это создаёт возможность повышения её продуктивности не только за счёт собранного урожая, но и за счёт продуктов её переработки [8, 9]. Основным компонентом соевого зерна является белок, характеризующийся благоприятным по сравнению с другими культурами, аминокислотным составом [5]. Содержание белка в сое варьирует от 28,0 до 50,0% в зависимости от сорта и условий выращивания. В наших исследованиях среднее содержание белка составило 30,1% и варьировало от 29,1 до 30,7%.

Незначительное снижение содержания белка, по отношению к контролю, в зерне сои отмечено на вариантах с дозой 300/75/75 и дозой 300/100/100 и составило 29,5 и 29,1%, соответственно. На остальных вариантах опыта с внесением препарата отмечено не существенное, но его увеличение и изменялось от 30,5 до 30,7%.

Таблица 3

**Качество зерна сои в зависимости от доз внесения препарата НаноКремний,  
(в среднем за 2017, 2018 гг.)**

Вариант	Белок		Масличность	
	%	сбор с 1 га, кг	%	сбор с 1 га, кг
Контроль (без удобрений)	30,0	651,0	25,6	555,5
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га	30,5	692,4	26,4	599,3
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 50 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 50 г/га	30,5	732,0	26,6	638,4
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 75 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 75 г/га	29,5	752,3	25,7	655,4
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 100 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 100 г/га.	29,1	753,7	25,6	663,0
Обработка препаратом НаноКремний семян нормой 300 г/га + растений по всходам нормой 125 г/га + растений в фазу 7-8 листьев нормой 125 г/га	30,7	742,9	26,5	641,3
НСР <sub>0,05</sub>	0,9	22,3	0,8	19,4

Сбор белка напрямую взаимосвязан с урожайностью сои. На контроле сбор белка с одного гектара минимальный и составил 651,0 кг. При обработке только посевного материала сбор белка увеличился по отношению к контролю на 41,4 кг. Последующие обработки по вегетирующим растениям сои увеличили исследуемый показатель от 40,0 до 61,0 кг/га, в зависимости от доз внесения.

Анализ данных исследований выявил, что при обработке удобрением минеральным с микроэлементами НаноКремний в дозах 300/50/50; 300/75/75; 300/100/100; 300/125/125 полученные данные равны и составили 732,0; 752,3; 753,7; 742,9 кг/га, имеющаяся между ними разница входит в ошибку опыта.

Масличность сои такой же важный показатель, как и содержание белка. Соевое масло имеет высокий жирно-кислотный состав и занимает лидирующее место как пищевое растительное [2]. Масличность полученных семян на контроле, при обработке семян в дозе 300 г/т семян и на вариантах с обработками в дозах 300/75/75 и 300/100/100 равна и составила 25,6; 26,4; 25,7; 25,6%, соответственно. Выявлено, что при обработке семян и вегетирующих растений в минимальной (300/50/50) и максимальной (300/125/125) дозе масличность превысила контроль на 1,0-0,9%, соответственно.

Необходимо отметить, что применение в технологии возделывания сои препарата НаноКремний в дозах 300/75/75 и 300/100/100 количество содержания масла в семенах имеет минимальный показатель в опыте и уступает другим вариантам.

Определение содержания масла в семенах сои ещё не определяющий показатель, при учёте урожайности пересчитывали сбор масла с одного гектара и полученные данные показывают, что в проведённых исследованиях сбор масла варьирует от 555,5 до 655,4 кг/га, в среднем по опыту составил 625,5 кг/га. Анализ полученных данных показал, что применение в различных дозировках препарата НаноКремний по определению сбора масла с одного гектара прослеживается такая же тенденция по изменению данных, как и при определении сбора белка с одного гектара. Исключение составил вариант при внесении

препарата в дозировке 300/100/100, где сбор масла с одного гектара максимальный по опыту и составил 663 кг, достоверно превышающий контроль, обработку семян и вариант с дозировкой 300/50/50 на 107,5; 63,7; 24,6 кг, соответственно.

#### Заключение

В ходе исследований выявлено, что эффект от применения препарата НаноКремний наблюдался на одном из самых важных показателей – на урожайности и в среднем по опыту составил существенную прибавку - 2,8 ц/га или 12,9% , по сравнению к контролю.

Масса зерна с одного растения и количество бобов на одном растении, под действием различных доз препарата существенно превосходили контроль, в среднем на 1,0 г и 1,5 шт., соответственно. Такие важные показатели как сбор белка и масла с 1 га существенно выше от применения изучаемого препарата в среднем на 83,7 кг/га и 83,9 кг/га, соответственно. Наибольший сбор белка (+102,7 кг/га) и масла (+107,5 кг/га) отмечен на варианте с дозой 300/100/100 по сравнению с контролем.

#### Литература

1. Вапиров В.В., К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2017. – № 2 (163). – С. 95-102.
2. Зайцев Н.И., Бочкарёв Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения // Масличные культуры. – 2016. – № 2 (166). – С. 3-11.
3. Сидорик И.В., Дидоренко С.В., Зинченко А.В. Агроэкологическая оценка сои в условиях Костанайской области // Материалы Международной науч.-практ. конф. молодых ученых. – Горки, – 2017. – Ч.1. – С. 163-165
4. Акулов А. С., Васильчиков А. Г. Изучение некоторых агроприёмов возделывания новых сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1 (25). – С. 36-40.
5. Кошчаев А.Г., Дмитренко С.Н., Жолобова И.С. Биохимия сельскохозяйственной продукции // Санкт-Петербург: Лань, – 2018. – ISBN 978-5-8114-2946-2.
6. Козлов А.В., Куликова А.Х., Яшин Е.А. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 23-24.
7. Сидорик И.В., Зинченко А.В. Значение сои в земледелии Казахстана // Масличные культуры. – 2018. – № 2 (174). – С. 75-78.
8. Белявская Л. Г., Белявский Ю. В., Диянова А. А Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28). – С. 42-48.
9. Рябуха С.С., Чернышенко П.В., Святченко С.И., Тесля Т.А. Новые селекционные достижения по сое // Масличные культуры. – 2019. – № 2 (178). – С. 27-33.

#### References

1. Vapirov V. V. On the behavior of silicon in nature and its biological role. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta — Scientific notes of Petrozavodsk State University*. 2017. no.2 (163), pp. 95–102. (In Russian)
2. Zaitsev N. I., Bochkarev N. I., Zelentsov S. V. Prospects and directions of soybean breeding in Russia in the context of the implementation of the national import substitution strategy. *Maslichnye kul'tury — Oilseeds*, 2016, no. 2(166), pp. 3–11. (In Russian)
3. Sidorik I.V., Didorenko S. V., Zinchenko A. V. [Agroecological assessment of soybeans in the conditions of the Kostanay region]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. molodykh uchennykh*. [Materials Intern. scientific and pract. conf. of young scientists]. Gorki, 2017, Part 1, pp. 163–165. (In Russian)
4. Akulov A. S., Vasil'chikov A. G. The study of some agricultural practices in the cultivation of new soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*. 2018. no.1 (25). pp. 36–40. (In Russian)
5. Koshchaev A. G., Dmitrenko S. N., Zholobova I. S. Biochemistry of agricultural products. St. Petersburg, *Lan'*, 2018, ISBN 978–5–8114–2946–2. (In Russian)
6. Kozlov A. V., Kulikova A. Kh., Yashin E. A. The role and importance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems. *Vestnik Mininskogo universiteta — Bulletin of the University of Minin*. 2015, no.2 (10), pp. 23–24. (In Russian)
7. Sidorik I. V., Zinchenko A. V. The importance of soy in agriculture in Kazakhstan. *Maslichnye kul'tury — Oilseeds*, 2018, no. 2 (174), pp. 75–78. (In Russian)
8. Belyavskaya L. G., Belyavskii Yu. V., Diyanova A. A. Assessment of environmental stability and plasticity of soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*. 2018. no.4 (28). pp. 42–48. (In Russian)
9. Ryabukha S. S., Chernyshenko P. V., Svyatchenko S. I., Teslya T. A. New breeding achievements in soy. *Maslichnye kul'tury — Oilseeds*, 2019, no. 2 (178), pp. 27–33. (In Russian)