

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА»

Технологический факультет  
Кафедра агрономии и агротехнологий



УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор ФГБОУ ВО РГАТУ,  
Д.т.н., профессор  
Бышов Н.В.

« 10 » ноября 2017 г

**ОТЧЕТ**

**Регистрационные испытания агрохимиката  
Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний»  
на картофеле**

Исполнитель:  
Доцент кафедры агрономии и  
агротехнологий,  
к.с.х.н. Лукьянова О.В.

Рязань 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из самых важных продовольственных культур в отечественном земледелии – это картофель. Его выращивают в больших объемах по всей территории страны. Почвенно-климатические условия в разных регионах заметно отличаются. Оптимальные условия для выращивания есть не везде, но используя удобрения для картофеля, можно добиться высоких урожаев в любых областях, и на любых почвах. Большое значение при этом имеет не только использование культурой макроэлементов, но и микроэлементов.

Роль микроэлементов в растениях в основном заключается в том, что они входят в состав многих ферментов, играющих роль катализаторов биохимических процессов и повышают их активность. Микроэлементы стимулируют рост растений и ускоряют их развитие; оказывают положительное действие на устойчивость растений против неблагоприятных условий среды; играют важную роль в борьбе с некоторыми заболеваниями растений. В первую очередь растениям необходимы такие микроэлементы, как медь, цинк, железо, кремний.

Цинк снижает активность угольной ангидразы, которая оказывает каталитическое действие на расщепление угольной кислоты до воды и углекислого газа, выделяющегося из растений. Входит в состав ферментов и витаминов, регулирует углеводный и белковый обмен в растениях и положительно влияет на образование ростовых веществ и хлорофилла. При недостатке цинка снижается интенсивность накопления органического вещества, растения плохо растут и развиваются. При внесении цинка в почву усиливается поступление в растения картофеля азота, калия, марганца и молибдена. Цинк ускоряет развитие картофеля, сокращает его вегетационный период, повышает устойчивость к фитофторе.

Установлено, что содержание цинка в почвообразующей породе в значительной степени определяет уровень его содержания в почвах. Наиболее доступны растениям водорастворимые и обменные формы цинка. Подвижность цинка в почвах и доступность его растениям зависит от pH почвенного раствора. Известкование почвы снижает растворимость цинка в

почве и уменьшает его доступность растениям. Подвижность цинка в почве снижается также в присутствии растворимых фосфатов, т.к. образующийся фосфат цинка малорастворим. Слаборастворимы также комплексы цинка с гуминовыми и фульвокислотами. Растворимость соединений цинка возрастает с подкислением среды. Почвы Нечерноземной зоны содержат достаточное количество подвижного цинка. Меньше подвижного цинка содержится в дерново-карбонатных и некоторых дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почвах с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией. В черноземах цинка мало – 0,06 - 0,20 мг/кг. Особенно бедны цинком почвы легкого механического состава.

Железо входит в состав ферментов, участвующих в образовании хлорофилла, поэтому его недостаток снижает интенсивность процессов фотосинтеза в растениях, вызывая заболевание, которое называется хлороз. Наиболее выраженный признак хлороза – светло-желтые, почти белесые листья на молодых побегах. При этом старые листья долго остаются зелеными, в то время как молодые желтеют или белеют, а затем отмирают. Соцветия развиваются слабыми, мелкими. Кроме того, при недостатке железа в растениях задерживается синтез ростовых веществ – ауксинов. Картофель относится к культурам, которые особенно чувствительны к дефициту железа.

Хотя в большинстве почв общее содержание железа достаточно велико (2 – 3%), оно присутствует в основном в трудно растворимых и, соответственно, плохо усваиваемых растениями формах. Кроме того, наличие подвижных (усвояемых) форм железа сильно зависит от кислотности почвы. Влияют на растворимость железа и фосфорные удобрения: внесение их в почву способствует образованию трудно растворимых фосфатов железа.

Медь активизирует окислительно-восстановительные процессы, увеличивает активность окислительных ферментов, способствует повышению содержания хлорофилла в листьях. Кроме того, внесенная под картофель медь ускоряет клубнеобразование, повышает устойчивость растений к фитофторе, уменьшает поражаемость картофеля черной ножкой, паршой и железистой пятнистостью. При недостатке меди у картофеля

задерживается рост стеблей, листьев и корней, что связано с ослаблением синтеза индолилуксусной кислоты и торможением ее передвижения, так как образуются стабильные комплексы индолилуксусной кислоты с белками и дезоксирибонуклепротеидами.

Содержание подвижной меди в почвах колеблется от 0,05 до 14 мг/кг почвы. Доступными для растений формами являются водорастворимые соединения меди, а также медь, находящаяся в обменно-сорбированном состоянии. Содержание водорастворимой меди в почвах не превышает 1% общего его количества. Водорастворимые соединения меди могут быть представлены солями минеральных кислот (азотной, соляной, серной) и комплексными солями органических кислот (лимонной, малеиновой, янтарной, уксусной и др.). Растворимые соединения меди легкоподвижны и могут вымываться из почвы. Процессу закрепления меди в почве способствует большое содержание органических веществ, карбонатов и илистой фракции, щелочная реакция почвенного раствора. Действие медных удобрений проявляется при содержании в почве менее 1,5 мг/кг почвы доступной для растений меди.

Кремний оказывает существенное влияние на рост и развитие растений, повышает урожайность и улучшает качество продукции. При этом положительный эффект кремния особенно заметен у растений в стрессовых условиях. Кремний придает растениям механическую прочность, укрепляет стенки клеток, обеспечивая жесткость различных органов растения.

Кремний в оптимальных дозах способствует лучшему обмену в тканях азота и фосфора, повышает потребление бора и ряда других элементов; обеспечивает снижение токсичности избыточных количеств тяжелых металлов. Оптимизация кремниевого питания растений приводит к увеличению площади листьев. В таких условиях у растений формируются более прочные клеточные стенки, в результате чего снижается опасность полегания посевов, а также поражения их болезнями и вредителями.

Одной из важных функций активных форм кремния является стимуляция развития корневой системы. Исследования на злаковых, цитрусовых, овощных культурах и кормовых травах показали, что при

улучшении кремниевого питания растений увеличивается количество вторичных и третичных корешков на 20 – 100% и более. Дефицит кремниевого питания служит одним из лимитирующих факторов развития корневой системы растений. Установлено, что оптимизация кремниевого питания повышает эффективность фотосинтеза и активность корневой системы.

Агрохимикат «НаноКремний» – это удобрение минеральное с микроэлементами (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание питательных элементов

Состав	Массовая доля элемента, мг/кг
Si	339200
Cu	977
Zn	455
Fe	35216

Препаративная форма (внешний вид) данного удобрения – однородная вязкая жидкость без посторонних примесей и осадка, коричнево-чёрного цвета.

Цель регистрационных испытаний – установление биологической эффективности удобрения минерального с микроэлементами «НаноКремний» на картофеле.

В задачи исследований входило:

- выявить эффективность предпосадочной обработки клубней и некорневых подкормок растений картофеля минеральным удобрением «НаноКремний» в фазу появления всходов и фазу бутанизации;
- установить наиболее оптимальную дозу расхода агрохимиката при некорневых подкормках растений картофеля.

## 1. Место, условия и методика проведения исследований.

### 1.1 Метеорологические условия за вегетационный период 2017 года.

Регистрационные испытания агрохимиката «НаноКремний» при возделывании картофеля 2017 году проводились на базе Опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ, расположенной в юго – западной части Рязанского района Рязанской области, в 21 км от города Рязани.

Данный район характеризуется как зона неустойчивого, а временами и недостаточного увлажнения, гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,2 – 1,3. Суммы среднесуточных температур за период активной вегетации растений колеблются в пределах 2150 – 2200° [2].

Показатели, характеризующие погодные условия Рязанского района в течение вегетационного периода 2017 года, представлены в таблице 2 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 2 – Метеорологические условия вегетационного периода 2017 года

Месяц	Температура, °С			Осадки, мм		
	средне- месячная	средне- многолетняя	отклонение, ±	сумма, мм	средне- многолетние, мм	в % от нормы
Апрель	6,3	6,6	-0,3	36	38	95
Май	11,4	13,6	-2,2	50	34	147
Июнь	14,7	17,2	-2,5	52	64	81
Июль	17,9	19,2	-1,3	109	80	136
Август	18,9	17,3	+1,6	74	57	130
Сентябрь	13,0	11,6	+1,4	41	51	80

Основными климатическими факторами, определяющими рост и развитие сельскохозяйственных культур, являются тепло и влаги. Метеорологические условия вегетационного периода 2017 года отличались температурой воздуха в мае, июне и июле ниже среднемноголетних данных, обильными осадками в мае, июле и августе. Сумма осадков в эти месяцы превышала среднемноголетние данные на 47%, 36% и 30% соответственно.

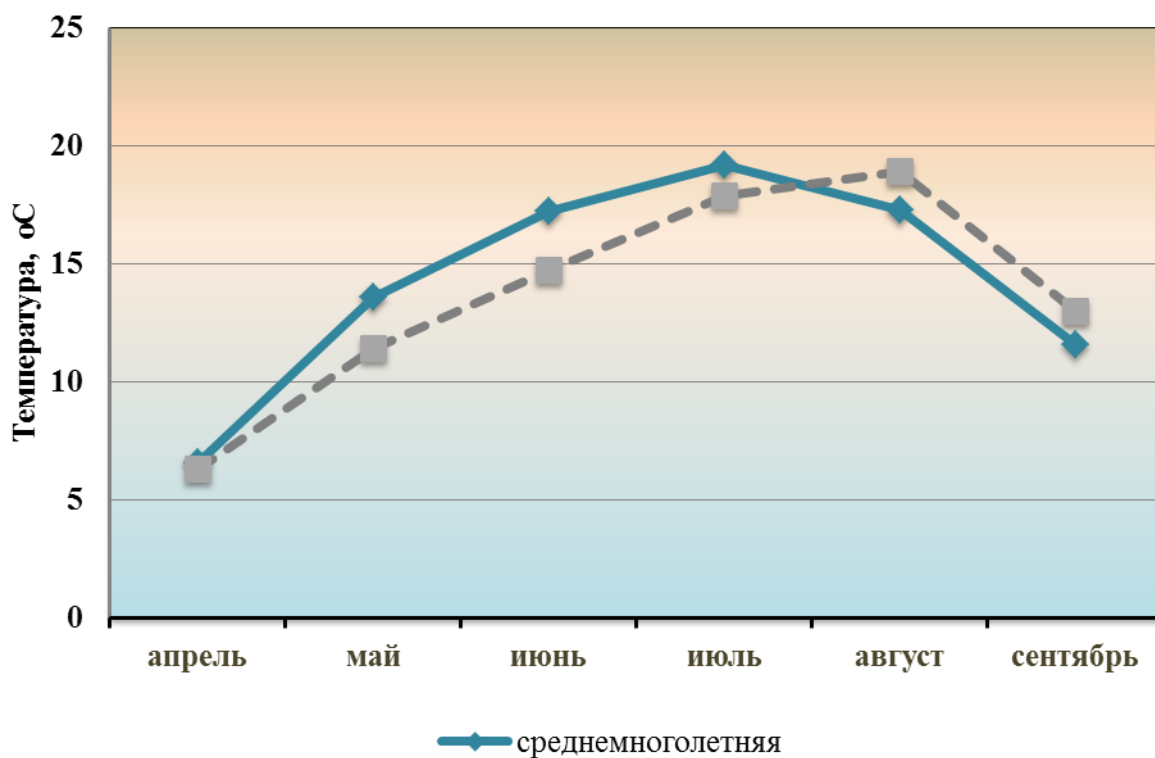


Рисунок 1 – Температурный режим вегетационного периода 2017 года

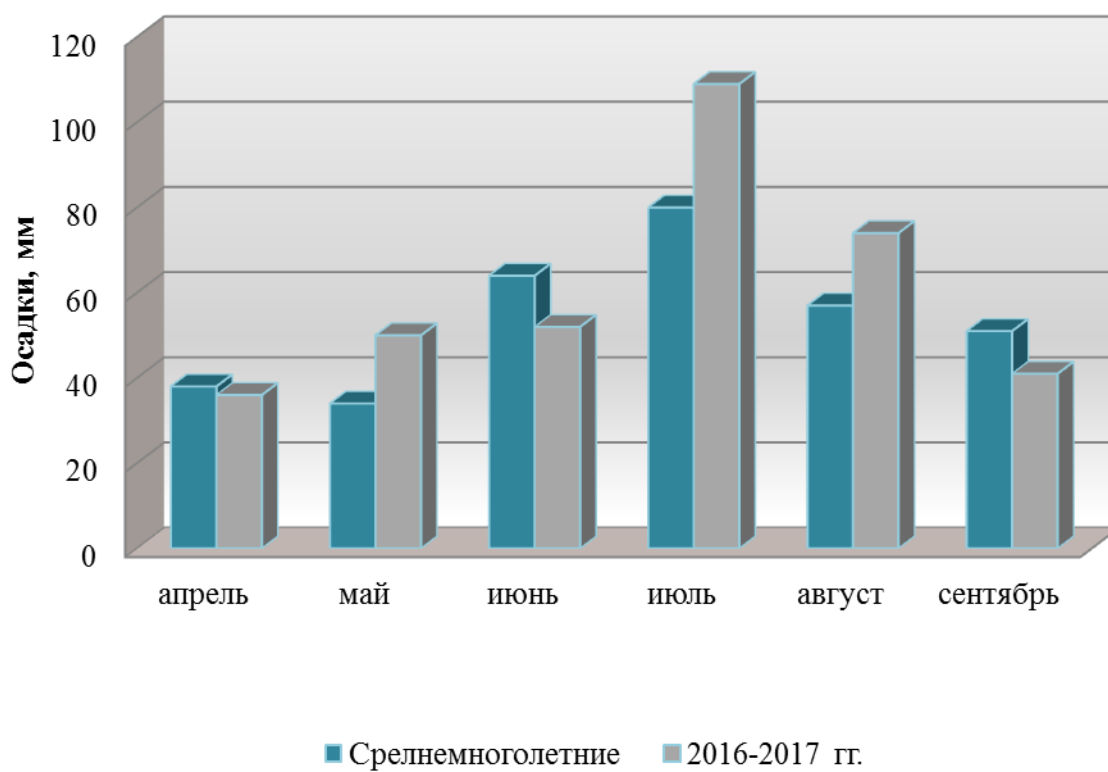


Рисунок 2 – Количество осадков за вегетационный период 2017 года

Сумма осадков за период май – август (период вегетации культуры) составила 285 мм при среднем годовом количестве атмосферных осадков для данного региона 450 – 560 мм.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что в апреле среднемесячная температура воздуха составила 6,3°C, что незначительно отличается от среднемноголетних значений. Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 5°C (начало возобновления вегетации растений) отмечен 20 апреля. Количество атмосферных осадков в апреле незначительно ниже нормы – на 5%.

Условия для посадки картофеля в первой декаде мая были благоприятные. Запасы продуктивной влаги в почве первой декады были достаточными, температурные показатели были незначительно ниже климатической нормы.

Средняя температура в мае составила 13,6°C, что на 2,2°C меньше среднемноголетних данные, что существенно задержало наступление фазы всходов.

Средняя суточная температура воздуха в июне была 17,2°C, что на 2,5°C ниже среднемноголетних показателей, сумма осадков составила 81% от среднемноголетних данных. Для роста ботвы картофеля оптимальной считается температура воздуха 18 – 25°C. В этих условиях наиболее интенсивно идут усвоение растениями углекислоты воздуха и накопление углеводов, необходимых для образования клубней. Следовательно, температура воздуха в июне была несколько ниже оптимальной для роста и развития надземной массы растений картофеля.

В июле температура воздуха составила 19,2°C, ниже среднемноголетних значений на 1,3°C. Для цветения картофеля благоприятная температура воздуха считается в пределах 21 – 24°C. Температура воздуха в июле была ниже оптимальной для цветения растений картофеля.



Количество осадков в июле и августе было выше средних многолетних показателей и составило 109 мм и 74 мм, соответственно, или 136% и 130% от нормы. В отдельные дни осадки были сильными и очень сильными. В связи с этим, на почве наблюдалось переувлажнение.

В целом анализ метеорологических условий вегетационного периода 2017 года показал, что данный период отличался несколько пониженными значениями температуры воздуха, за исключением показателей в августе, и достаточно обильными осадками в период вегетации культуры – мае, июле и августе. Невысокая температура воздуха в мае сказалась на скорости прорастания клубней картофеля. В период формирования и роста клубней картофеля влагообеспеченность была достаточной. Температура воздуха в июле была недостаточной для нормального цветения растений картофеля. Переувлажнение почвы в августе затрудняло уборку урожая картофеля.

## 1.2 Характеристика почвы опытного участка.

Регистрационные испытания агрохимиката «НаноКремний» проводились на серых лесных тяжелосуглинистых почвах. Основные показатели агрохимического и агрофизического факторов плодородия почвы в слое 0 – 30 см (в слое основного залегания корней) представлены в таблице 3 и 4.

Таблица 3 – Агрохимические показатели серых лесных тяжелосуглинистых почв опытного участка.

Показатели	Единицы измерения	Результаты анализа
<i>Макроэлементы и показатели плодородия</i>		
рН (кислотность)		5,3
Органическое вещество	%	2,78
Нитратный азот	мг/кг	6,47
Подвижный фосфор	мг/кг	328
Подвижный калий	мг/кг	305
Сера	мг/кг	4,9
Обменный кальций	Ммоль/100г	12,8
Обменный Магний	Ммоль/100г	2,19
<i>Микроэлементы</i>		
Медь	мг/кг	8,4
Марганец	мг/кг	22,79
Цинк	мг/кг	1,61
Бор	мг/кг	0,6

Агрохимический анализ почвы опытного участка, проведенный в 2016 году Федеральным государственным бюджетным учреждением «Станция агрохимической службы «Рязанская» показал, что содержание органического вещества в почве не превышает 2,78%. Обеспеченность данных почв подвижными соединениями фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) в пахотном горизонте соответственно высокая (328 мг/кг) и очень высокая (305 мг/кг). Содержание микроэлементов в почве колеблется от очень бедных по марганцу (22,79 мг/кг) и обменно магнию до очень богатой для меди (8,4 мг/кг), средней для цинка (1,61 мг/кг) и бора. Реакция почвенной среды слабокислая.

Таблица 4 – Агрофизические показатели серых лесных тяжелосуглинистых почв опытного участка

Слой почвы, см	Агрофизические показатели				
	Количество водопрочных агрегатов, %	Содержание ила, %	Максимальная гигроскопичность, %	Равновесная плотность, г/см <sup>3</sup>	Оптимальная плотность, г/см <sup>3</sup>
A <sub>пах</sub> (0 – 20)	23,8	26,9	3,05	1,41	1,2 – 1,3
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> (20 – 32)	32,8	33,0	3,49	1,80	

Анализ агрофизические показатели плодородия, представленных в таблице 4 показал, что находятся на уровне допустимых значений для данного типа почв.

### 1.3 Схема и агротехнические условия поведения опыта:

Полевые опыты по регистрационному испытанию агрохимиката «НаноКремний» были заложены на картофеле.

Схема опыта включала 4 варианта в 4-кратной повторности.

Схема опыта:

1. Контроль. Фон NPK.

2. Фон NPK + Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний». Предпосадочная обработка клубней, расход агрохимиката – 150 г/т клубней, расход рабочего раствора - 10,0 л/т. Некорневая подкормка растений: 1-я – в фазе появления всходов 2-я - в фазе бутонизации – начало цветения, расход агрохимиката - 25 г/га, расход рабочего раствора - 300 л/га.

3. Фон NPK + Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний». Предпосадочная обработка клубней, расход агрохимиката – 150 г/т клубней, расход рабочего раствора - 10,0 л/т. Некорневая подкормка растений: 1-я – в фазе появления всходов 2-я - в фазе бутонизации – начало цветения, расход агрохимиката - 50 г/га, расход рабочего раствора - 300 л/га.

4. Фон NPK + Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний». Предпосадочная обработка клубней, расход агрохимиката – 150 г/т клубней, расход рабочего раствора - 10,0 л/т. Некорневая подкормка растений: 1-я – в фазе появления всходов 2-я - в фазе бутонизации – начало цветения, расход агрохимиката - 100 г/га, расход рабочего раствора - 300 л/га.

Площадь опытных делянок - 100 м<sup>2</sup>, площадь учетных делянок – 50 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная.

Обработку семенного картофеля проводили непосредственно перед посадкой с использованием помпового опрыскивателей «Kwazar».

Некорневые обработки проводили в безветренную погоду ранцевым опрыскивателем Gardena 7 июня (фаза полных всходов), 30 июня (фаза бутонизации) при температуре воздуха 15°С и 16°С соответственно. Рабочий раствор удобрения готовили непосредственно перед выполнением подкормок.

Полевые работы на опытном участке осуществлялись с учетом погодных условий и требований культуры. Предшественником картофеля в исследованиях была озимая пшеница.

Основная обработка под картофель проводилась после уборки озимой пшеницы и включала: дискование на 10 – 12 см (БДМ - 5,0) проведенное 10 августа 2016 года, и вспашку (ПЛН - 5 - 35) на 24 – 26 см – 24 августа.

Весной с целью закрытия влаги проведено ранневесеннее боронование (БЗТС - 1,0). Подготовка почвы перед посадкой картофеля включала культивацию (КПС - 4,2), безотвальное рыхление (ПЛН - 5 - 35 без отвалов) и нарезка гребней (КРН - 4,2 с окучивающими рабочими органами). Под безотвальное рыхление вносили минеральные удобрения нитрофоску 3,0 ц/га. Посадка картофеля (КСМ – 4) в опыте проводилась 8 мая с нормой посадки 55 тыс. штук на гектар, предварительно семенной картофель обрабатывался инсектицидным протравителем Имидор Про. В период вегетации растений картофеля проводились междурядные обработки и окучивание, а также посадки обрабатывали гербицидом Зонтран, инсектицидом Имидор, фунгицидом Метамил МЦ.

В исследования использовали сорт картофеля Латона:

Оригинатор: HZPC HOLLAND B.V.

Относит к раннеспелым сортам. Период вегетации составляет 70 – 80 дней. На 45 день есть возможность сбора первого «молодого» урожая. Сорт Латона невосприимчив к погодным условиям – прекрасно адаптируется и дает отличный урожай, как при засухе, так и при условиях повышенной влажности. Не имеет особых требований к почве. Куст высокий, прямостоячий. Лист крупный, темно-зеленого цвета, поверхность матовая. Ботва густая, пышная, раскидистая. Характерно умеренное цветение венчиками белого цвета. Ботва отмирает очень медленно. Отмечается высокая стойкость сорта к парше обыкновенной, вирусу скручивания листьев, вирусным инфекциям, золотистой нематодой, кольцевой и сухой гнили. К фитофторозу клубней имеет относительную устойчивость, а вот к фитофторозу клубней отмечена восприимчивость. При сборе урожая картофель сохраняется на 97%, при длительной транспортировке имеет стойкость к ударам. Данный сорт отличается стабильной высокой

урожайностью до 460 ц/га. Каждый куст формирует 10 – 12 клубнеплодов, общий вес которых достигает 2,4 кг отборного картофеля.

Отличается длительностью хранения (можно хранить до весны), сохраняя до 96% товарного вида. Вкус оценивается на 4,9 – 5 по пятибалльной шкале. Содержание крахмала – высокое: 16 – 19%. При термическом воздействии (приготовлении) не рассыпается, держит первоначальную форму [4].

Уборку картофеля проводили 27 августа вручную сплошным методом.

Все исследования проводились согласно общепринятым методикам для данной почвенно – климатической зоны.

Анализы по определению агрохимических показателей серой лесной тяжелосуглинистой почвы и качественных показателей картофеля проводило Федеральное государственное бюджетное учреждение «Станция агрохимической службы «Рязанская».

Экспериментальные данные, полученные в опыте, подвергались математической обработке с помощью дисперсионного анализа [3].

## **2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В процессе выращивания высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции необходимо иметь семена с оптимальными посадочными свойствами.

Лабораторная всхожесть картофеля выявила преимущество применения предпосадочной обработки клубней Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний» (таблица 5, рисунок 3). Содержащиеся в нем компоненты оказали влияние на прорастание клубней, повысив их всхожесть на 5,1% по сравнению с контролем без обработки. Эффективность влияния агрохимиката подтверждает длина ростков, которая была на 23,3% больше, чем на контрольном варианте.

Таблица 5 – Проращивание клубней картофеля в опыте

Вариант	Лабораторные исследования			Полевые исследования
	всхожесть, %	длина ростков, мм	масса ростков, г	
1. Контроль (без обработки)	92,3	3,0	3,01	87,2
2. «НаноКремний», 150 г/т	97,4	3,7	4,26	91,5



Рисунок 3 – Проращивание картофеля в лабораторных условиях

Полевые условия (рисунок 4) подтвердили эффективность применения агрохимиката: всходов картофеля было на 4,3 шт/м<sup>2</sup> больше, чем на контрольном варианте.



Рисунок 4 – Всходы картофеля в опыте

Следовательно, использование агрохимиката Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний» позволило активировать ростовые процессы в клубнях картофеля, в большей мере за счет одного из компонента удобрения – цинка, который входит в состав ферментов и витаминов, регулирует углеводный и белковый обмен в растениях и положительно влияет на образование ростовых веществ, что и обеспечило появление более полных всходов культуры.

Развитие картофеля условно можно разделить на три периода. Первый период – от всходов до начала цветения. На этом этапе главным образом увеличивается масса ботвы, прирост клубней незначителен. Второй период охватывает цветение и продолжается до прекращения прироста ботвы (практически до начала ее увядания). В это время происходят наиболее интенсивные приросты клубней. Третий период – от прекращения приростов ботвы до естественного ее увядания. Приросты клубней еще продолжают, но менее интенсивно, чем во втором периоде.

Таблица 6 – Наступление фенологических фаз развития картофеля в опыте

Вариант	Дата посадки	Фенологические фазы				Дата уборки
		всходы	бутани- зация	цветение	начало увядания ботвы	
1. Контроль (без обработки)	08.05	07.06	30.06	14.07	12.08	27.08
2. «НаноКремний», 25 г/га	08.05	05.06	29.06	14.07	12.08	27.08
3. «НаноКремний», 50 г/га	08.05	05.06	29.06	14.07	12.08	27.08
4. «НаноКремний», 100 г/га	08.05	05.06	29.06	14.07	12.08	27.08

Фенологические наблюдения показали, что единичные всходы появились 1 – 3 июня, через 26 дней после посадки, полная фаза всходов на контроле отмечалась 7 июня, на вариантах с обработкой семенного картофеля агрохимикатом «НаноКремний» – 5 июня. Прорастание клубней несколько затянулось из-за невысокой температуры воздуха в этот период.

Наиболее важным в формировании клубней является второй период. В это время накапливается до 65 – 75% конечного урожая. Погодные условия, складывающиеся в этот период, определяют уровень урожая. Лучшее клубнеобразование происходит при температуре почвы 16 – 19°C, что примерно соответствует температуре воздуха 21 – 25°C. Приросты урожая клубней картофеля колеблются в зависимости от метеорологических условий, которые в этот период характеризуются обильными осадками и невысокой температурой воздуха. Это привело к выравниванию развития картофеля по вариантам.

Применение минерального удобрения с микроэлементами «НаноКремний» оказало влияние на первую половину вегетации картофеля в опыте, сократив продолжительность межфазных периодов на 1 – 2 дня. Погодные условия второй половины вегетации нивелировали эффект от использования агрохимиката.



Однако внесение минерального удобрения отразилось на биометрических показателях биомассы картофеля (таблица 7).

Растения, обработанные удобрением в фазу всходов, имели более развитую вегетативную массу вследствие влияния на физиологические процессы микроэлементов, их высота к фазе бутонизации имела преимущество перед контролем в среднем 2,7 – 2,9 см на фоне контроля.

Подобная тенденция сохранилась по всем вариантам к началу увядания ботвы. Масса подземной части растений к моменту увядания ботвы на вариантах опыта составляла 547,1 – 652,2 грамма, что превышало массу надземной части на 18,5 – 113,7 грамма. Эффективность микроудобрения проявилось в большей различия между подземной и надземной части растений: на контроле она составила 18,5 грамма, тогда как на удобренном фоне с дозой «НаноКремний» 25 г/га и 50 г/га – 113,7 грамма и 112,2 грамма соответственно, чему способствовали микроэлементы, в том числе соединения кремния, которые в первую очередь влияют на развитие корневой системы культур.

Таблица 7 – Динамика биомассы картофеля (1 куст)

Вариант	Высота растений, см			Масса наземной части растений, г			Масса подземной части растений, г			Площадь листьев, см <sup>2</sup>		
	бутонизация	цветение	начало увядания ботвы	бутонизация	цветение	начало увядания ботвы	бутонизация	цветение	начало увядания ботвы	бутонизация	цветение	начало увядания ботвы
1. Контроль (без обработки)	45,5	60,0	77,1	439,1	490,5	528,6	242,6	470,1	547,1	200,2	418,3	476,6
2. «НаноКремний», 25 г/га	48,2	65,0	78,0	440,3	485,5	536,6	249,1	482,0	650,3	204,4	424,2	510,8
3. «НаноКремний», 50 г/га	48,4	67,8	79,9	440,6	492,2	540,0	246,6	484,9	652,2	207,6	430,7	519,9
4. «НаноКремний», 100 г/га	45,6	61,2	76,4	438,2	487,7	531,5	240,8	475,6	605,6	201,3	415,1	488,3

Урожайность картофеля зависит от многих факторов, особое влияние оказывают традиционные удобрения. Однако применение минерального удобрения с микроэлементами «НаноКремний» дополняет основные удобрения при возделывании картофеля и позволяют при незначительных затратах получить прибавку урожая и улучшить качество клубней. Данные таблицы 8 показывают, что на вариантах с дозами агрохимиката 25 г/га и 50 г/га урожайность составила 32,5 т/га и 32,7 т/га, что существенно выше контрольного показателя – на 3,9 т/га и 5,1 т/га ( $НСР_{05}=3,20$  т/га).

Таблица 8 – Урожайность картофеля в зависимости от вариантов опыта

Вариант	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля ( $\pm$ )	
		т/га	%
1. Контроль (без обработки)	27,6	-	-
2. «НаноКремний», 25 г/га	31,5	+3,9	12,29
3. «НаноКремний», 50 г/га	32,7	+5,1	16,78
4. «НаноКремний», 100 г/га	29,8	+2,2	7,24
$НСР_{05}$		3,20	10,54

Максимальная норма расхода агрохимиката «НаноКремний» (100 г/га) не оказала существенного влияния на развитие культуры и, как следствие, урожайность несущественно превысила контроль.

Действие агрохимиката оказывает влияние на составляющие структуры урожая картофеля, что отражают данные таблицы 9, рисунок 5).

Таблица 9 – Структура урожая картофеля в опыте (1 куст)

Вариант	Кол-во клубней, шт	Масса клубней, г	Фракции						Товарность, %
			мелкая (менее 30 г)		средняя (30-60 г)		крупная (более 60 г)		
			шт	г	шт	г	шт	г	
1. Контроль (без обработки)	11,7	611,3	2,0	39,0	3,6	169,5	6,1	402,8	93,6
2. «НаноКремний», 25 г/га	13,2	691,5	2,2	42,6	3,0	129,7	8,0	519,2	93,8
3. «НаноКремний», 50 г/га	13,4	729,0	2,4	48,4	3,2	154,2	7,8	526,4	93,4
4. «НаноКремний», 100 г/га	14,4	657,8	2,8	52,6	4,4	172,9	7,2	432,3	92,0



Рисунок 4 – Структура урожая картофеля в опыте (1 куст)

Отмечено увеличение количества клубней на одном растении на вариантах с использованием минерального удобрения «НаноКремний» по сравнению с контролем на 1,5 – 2,6 штук. Масса клубней с одного куста на опытных вариантах превышала контрольный показатель 46,3 – 11,5 грамма (7,6 – 19,3%).

На всех вариантах преобладающей оказалась крупная фракция, максимальной она была на варианте с нормой расхода агрохимиката «НаноКремний» 50 г/га и составила 506,4 грамма, что на 17% больше, чем на контроле, сопутствующие варианты с удобрением превышали контроль соответственно на 6,8% и 13,0%.

Товарность картофеля определяется наличием крупных и средних клубней в гнезде. В опыте не отмечено существенных различий по данному показателю, товарность на контроле составила 93,6%, а на опытных

вариантах варьировала от 92,0% до 93,8% в зависимости от нормы расхода минерального удобрения «НаноКремний».

Технологические свойства картофеля определяются содержанием крахмала, накапливаемого в клубнях. Крахмалистость считают доминирующим признаком высоких кулинарных качеств картофеля. При повышении крахмалистости возрастает мучнистость мякоти клубней, улучшается развариваемость. Для промышленной переработки требуются сорта картофеля с повышенным содержанием сухого вещества (не менее 20%).

Как показывают данные таблицы 10, содержание крахмала на контроле – 9,89 %, применение минерального удобрения с микроэлементами «НаноКремний» способствовало увеличению данного показателя, в зависимости от нормы расхода, на 0,89 – 7,71%.

Таблица 10 – Показатели качества продовольственного картофеля в опыте

Вариант	Показатели качества, %		
	сахара	крахмал	сухое вещество
1. Контроль (без обработки)	0,44	9,89	22,10
2. «НаноКремний», 25 г/га	0,49	10,78	21,93
3. «НаноКремний», 50 г/га	1,06	17,16	21,05
4. «НаноКремний», 100 г/га	0,98	15,58	22,63

Наибольшее содержание крахмала в опыте 17,16% отмечено на варианте нормой расхода агрохимиката «НаноКремний» 50 г/га. Однако по содержанию сухого вещества варианты опыта не имели существенных различий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении регистрационных испытаний агрохимиката Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний» на картофеле на базе Опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ в условиях 2017 года выявлено:

- содержащиеся в удобрении компоненты оказали влияние на прорастание клубней, повысив их всхожесть на 5,1% по сравнению с контролем, что подтвердили полевые условия;
- применение минерального удобрения с микроэлементами «НаноКремний» оказало влияние на первую половину вегетации картофеля в опыте, сократив продолжительность межфазных периодов на 1 – 2 дня. Погодные условия второй половины вегетации нивелировали эффект от использования агрохимиката;
- растения, обработанные агрохимикатом, в течение всей вегетации имели более развитую вегетативную массу вследствие влияния микроэлементов на физиологические процессы;
- на вариантах с нормой расхода агрохимиката Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний» 25 г/га и 50 г/га получена достоверная прибавка урожая картофеля 3,9 т/га и 5,1 т/га при  $НСР_{05}=2,18$  т/га, максимальная доза (100 г/га) не оказала существенного влияния урожайность;
- увеличение количества клубней на одном растении на вариантах с использованием Удобрения минерального с микроэлементами «НаноКремний» по сравнению с контролем на 1,5 – 2,6 штук. Масса клубней с одного куста на опытных вариантах превышала контрольный показатель 46,3 – 11,5 грамма (7,6 – 19,3%);
- товарность на контроле составила 93,6 %, а на опытных вариантах варьировала от 92,0% до 93,8% в зависимости от нормы расхода

Удобрения минерального с микроэлементами «НаноКремний»

- содержание крахмала на контроле – 9,89 %, применение минерального Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний» способствовало увеличению данного показателя, в зависимости от нормы расхода, на 0,89 – 7,71%.

В период вегетации рекомендуется проводить две внекорневые подкормки картофеля, что способствует увеличению облиственности, увеличение вегетационной массы, интенсивности фотосинтеза и будущего урожая клубней. Внекорневая подкормка способствует увеличению использования питательных веществ из почвы, повышается устойчивость растений к понижению или повышению температуры, недостатку или избытку влаги, позволяет компенсировать недостаток микроэлементов, сформировать полноценную корневую систему и увеличить процессы клубнеобразования. В качестве агрохимикатов для предпосадочной обработки клубней и внекорневой подкормки картофеля рекомендуется агрохимикат Удобрение минеральное с микроэлементами «НаноКремний» в дозе 25 г/га и 50 г/га.

## Список использованных источников

1. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
2. Агроклиматический справочник Рязанской области [Текст]/ – Рязань, 1998. – 53 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст]: учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Доспехов, Борис Александрович. - 6-е изд.; стереотип. Перепечатка с пятого издания 1985 г. - Москва: Альянс, 2011. - 352 с.
4. Растениеводство: Практикум [Текст]/ / Под ред. В.И. Перегудова. – Рязань: Издательство Рязанской государственной сельскохозяйственной академии, 2006. – 252 с.



Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта, 2017 год  
(урожайность картофеля, т/га)

Таблица А.1 – Данные полевого опыта по вариантам

Вариант	Повторность, х				Средние по вариантам, $\bar{x}$
	1	2	3	4	
1. Контроль (без обработки)	28,0	27,3	25,5	29,6	27,6
2. «НаноКремний», 25 г/га	34,2	28,7	30,9	32,2	31,5
3. «НаноКремний», 50 г/га	30,0	32,5	33,1	35,2	32,7
4. «НаноКремний», 100 г/га	27,7	29,4	32,0	30,1	29,8

Размещение вариантов – метод организованных повторений

Таблица А.2 – Результаты дисперсионного анализа

Источник вариации	Суммы квадратов	Доля вариации, %	Степени свободы, v	Средний квадрат, S <sup>2</sup>	Критерий Фишера	
					F <sub>факт</sub>	F <sub>05</sub>
Общий	106,68	100	15	–	–	–
Повторения	11,71	11,0	3	3,90	0,97	3,86
Вариантов	58,80	55,1	3	19,60	4,88	3,86
Остаток (ошибка)	36,17	33,9	9	4,02	–	–

Таблица А.3 – Влияние вариантов опыта на урожайность картофеля

Вариант	Урожайность картофеля, т/га	± от контроля	
		т/га	%
1. Контроль (без обработки)	27,6	-	-
2. «НаноКремний», 25 г/га	31,5	+3,9	12,29
3. «НаноКремний», 50 г/га	32,7	+5,1	16,78
4. «НаноКремний», 100 г/га	29,8	+2,2	7,24
НСР <sub>05</sub>	-	3,20	10,54

Точность опыта (относительная ошибка) –  $S_{x\%} = 3,3\%$