

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ МЕЛИОРИРОВАННОЙ ПОЧВЫ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Шилова О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА», г. Тверь, Россия

Для получения стабильного высококачественного урожая полевых культур необходимо постепенное сокращение производственных затрат, возобновление природных ресурсов, формирование стойких агроэкосистем при минимальном загрязнении окружающей среды. Поэтому в настоящее время актуальными являются исследования устойчивости, биологической активности, миграции в агроэкосистемах экологически безопасных и высокоэффективных биологически активных соединений и продуктов их распада в естественных условиях.

К таким веществам можно отнести комплексоны и комплексоны, успешно применяемые в различных областях сельскохозяйственного производства. По данным ряда исследователей среди комплексонов достаточно эффективными считаются этилендиаминдиантарная кислота (ЭДДЯК), иминодиантарная кислота (ИДЯК) и др.

При этом необходимо учитывать возможность использования тех комплексонов, которые содержат жизненно важные минеральные элементы для живых организмов [1-6]. Для Тверской области одним из таких элементов является селен, количество которого в почвах, воде и продуктах питания ниже оптимального уровня. Следовательно, существует необходимость увеличения указанного элемента и его соединений в продуктах питания для населения.

В связи с этим, для вероятного решения указанной проблемы было изучено влияние биологически активных селеносодержащих соединений на разных фонах питания как на свойства дерново-подзолистой почвы, так и на продуктивность картофеля.

Исследования проводили в 2022 году на экспериментальном участке кафедры агрохимии, земледелия и лесопользования Тверской ГСХА в пределах агротехнологического полигона. Общая площадь опытного участка под картофелем – 1600 м², площадь одной делянки – 14 м². Повторность опыта трехкратная, расположение делянок рендомизированное.

Перед закладкой полевого опыта были отобраны почвенные образцы в целях определения гранулометрического состава пахотного слоя дерново-подзолистой почвы методом Н. А. Качинского. Наибольшим процентным содержанием обладала фракция мелкого песка, которая составила 66,50%. Процентное содержание фракции пыли средней оказалось наименьшим (1,97%).

Суммарное количество фракций физического песка составило 87,8%, физической глины – 12,2%.

Мощность пахотного горизонта почвы экспериментального участка составила 22 см, что типично для дерново-подзолистых почв. Реакция почвенного раствора среднекислая (рН 5,0), содержание гумуса 2,1%.

По количеству подвижного фосфора почва относится к высокообеспеченным (в среднем 187 мг/кг почвы), а по содержанию обменного калия – к среднеобеспеченным (в среднем 105 мг/кг почвы).

По степени насыщенности основаниями почва относится к 3 группе, а, следовательно, слабо нуждается в известковании.

Схема опыта включала варианты: 1 – Контроль (без удобрения и без опрыскивания растений); 2 – N₉₀P₆₀K₉₀ без опрыскивания растений; 3 – N₉₀P₆₀K₉₀ и опрыскивание растений раствором Na₂SeO₃; 4 – N₉₀P₆₀K₉₀ и

опрыскивание растений раствором ИДЯК; 5 – N₉₀P₆₀K₉₀ и опрыскивание растений раствором Se-ИДЯК.

В качестве минеральных удобрений использовали, нитроаммофоску в дозе 350 кг/га (490 г на делянку) и хлористый калий в дозе 59 кг/га (82,6 г на делянку). Нитроаммофоску вносили под предпосевную культивацию, а хлористый калий – осенью под основную обработку почвы.

Комплексонат селена (Se-ИДЯК) на основе иминодиянтарной кислоты (ИДЯК) был синтезирован к.х.н., доцентом кафедры агрохимии, земледелия и лесопользования Смирновой Т.И.

В качестве объекта исследований был выбран картофель сорта Родриго – среднеранний сорт немецкого происхождения (70-80 дней).

Преимущества сорта: 1. Высокая урожайность (до 500 ц/га); 2. Крупные клубни (средний размер розовых клубней – 200 г); 3. Высокое содержание крахмала (13-15%); 4. Высокая сохранность после перевозки – до 90%; 5. Низкий показатель выбраковки на хранении. Если обеспечить картофелю оптимальные условия, то выбраковка составит не больше 5%; 6. Хорошая сопротивляемость болезням и вредителям. У сорта имеется генетическая резистентность к грибковым и вирусным заболеваниям; 7. Неприхотливость к условиям культивации – почве и погодным условиям. Стойко переносит высокие температуры и засушливые времена; 8. Долго сохраняет сортовые признаки – 6-7 лет; 9. Картофель имеет отличный товарный вид; 10. Универсальность – клубни годятся для варки, жарки, добавления в салаты. Недостатков, из-за которых бы стоило отказаться от выращивания, сорт практически не имеет [7].

Дата посадки картофеля – 28 мая 2022 года. Норма посадки составила 3 т/га (или 43 тыс. клубней на га). Перед посадкой клубни обрабатывали протравлителем «Эместо Квантум» в концентрации 250 мл на 10 л воды. Опытные растения дважды опрыскивали исследуемыми растворами

биологически активных препаратов в концентрации $1,26 \cdot 10^{-5}$ моль (в пересчете на элементарный селен это 0,0001%) из расчета 100 мл/м².

В течение вегетационного периода растения картофеля обрабатывали растворами гербицида «Сойл» (в дозе 0,8 кг/га, расход рабочей жидкости 300 л/га) и фунгицидов «Рапид Голд», «Инфинито» и «Танос» (в дозе 2,5 кг/га, 1,6 л/га и 0,6 кг/га соответственно, расход рабочей жидкости 400 л/га).

Вегетационный период 2022 года оказался неоднозначным по количеству выпавших осадков и перепадам температур. В целом, он был не вполне подходящим для возделывания картофеля, поскольку преобладала жаркая и сухая погода. Указанные особенности заметно повлияли как на величину урожая опытной культуры, так и на трансформацию удобрений в почве, что отразилось на количестве доступных форм элементов питания.

В связи с применением минеральных удобрений и биологически активных растворов сезонная динамика питательных веществ в почве оказалась различной.

В начале вегетационного периода 2022 года минимальным содержанием нитратного азота отличались деланки контрольного варианта (в среднем 19 мг/кг), а максимальным – удобренная почва без опрыскивания растений селеносодержащими растворами (в среднем 27 мг/кг почвы).

Некорневая подкормка картофеля селеносодержащими микроудобрениями на минеральном фоне увеличивало содержание нитратов по сравнению с контролем (в среднем на 5-7 мг/кг почвы). Однако эти значения оказались меньше по сравнению с удобренными деланками без опрыскиваний (в среднем на 2-4 мг/кг почвы). Обработка растений раствором иминодиятнрной кислоты совместно с применением минеральных удобрений незначительно повышало количество нитратного азота по сравнению с контролем.

В июле значения нитратов уменьшились на всех вариантах опыта, особенно на варианте с применением хелатированного селена на удобренном

фоне (количество нитратов уменьшилось в среднем на 4 мг/кг почвы по сравнению с июнем). Максимальным содержанием нитратного азота в этот период отличались делянки с применением минеральных удобрений без опрыскиваний исследуемыми растворами (в среднем 24 мг/кг почвы).

С июля по август содержание нитратов в почве продолжало снижаться, что особенно заметно на контроле (в среднем на 7 мг/кг почвы). Как в июне и в июле, максимальное количество нитратов в августе отмечено на удобренных делянках без опрыскивания растений биологически активными растворами. Среди удобренных вариантов минимальное содержание нитратного азота в почве выявлено на варианте с опрыскиванием иминодиянтарной кислотой.

В течение вегетационного периода картофеля в почве снижалось количество фосфатов. Однако, в отличие от контрольного варианта, применение минеральных удобрений совместно с некорневой подкормкой селеносодержащими растворами, а также без нее способствовало увеличению содержания соединений фосфора в почве.

В июне максимальным количеством фосфатов отличался вариант без опрыскивания растений на минеральном фоне (в среднем 208 мг/кг почвы), а минимальным – вариант с обработкой иминодиянтарной кислотой на удобренном фоне (в среднем 199 мг/кг почвы).

В июле наибольшее количество фосфатов выявлено на варианте с минеральными удобрениями без опрыскиваний растений, а значения вариантов с использованием селеносодержащих соединений и иминодиянтарной кислоты уступали указанному в среднем на 7-9 мг/кг почвы.

В период с июля по август 2022 года количество подвижного фосфора продолжало снижаться. По сравнению с июлем содержание P_2O_5 уменьшилось в среднем: на контроле – на 14 мг/кг почвы, а на остальных делянках в среднем 5-10 мг/кг почвы. Максимальным содержанием фосфатов

в августе отличались удобренные делянки, на которых не проводилась некорневая подкормка растений (в среднем 192 мг/кг почвы), а минимальным среди вариантов с опрыскиванием – на делянках с применением хелатированного селена (в среднем 183 мг/кг почвы).

В течение всех сроков проведения опыта содержание обменного калия в почве постепенно увеличивалось, за исключением контроля, где количество K_2O к августу оказалось наименьшим. В июне наибольшее количество K_2O отмечено на минеральном фоне без обработки растений (в среднем 125 мг/кг почвы). При этом опрыскивание растений раствором селенита натрия на удобренном фоне уступало указанному варианту лишь на 3 мг/кг почвы. Минимальное содержание обменного калия установлено на варианте с обработкой растений раствором иминодиянтарной кислоты (в среднем 110 мг/кг почвы).

В период с июня по июль 2022 года количество калия заметно увеличилось на вариантах с использованием минеральных удобрений (в среднем на 7 мг/кг почвы). При этом минимальным значением обменного калия в июле среди вариантов с опрыскиванием растений отличались делянки с использованием иминодиянтарной кислоты.

В августе наблюдалось наибольшее содержание обменного калия в почве всех удобренных вариантов. Значения K_2O на вариантах с минеральными удобрениями, как и следовало ожидать, оказались больше, чем на вариантах с использованием биологически активных соединений на удобренном фоне (в среднем на 2-18 мг/кг почвы в зависимости от вида раствора для некорневой подкормки).

Таким образом, максимальное содержание основных элементов питания (азота, фосфора и калия) в почве во все периоды проведения наблюдений выявлены на удобренных делянках без применения растворов биологически активных соединений, а минимальное – в почве контрольного варианта.

Помимо изучения динамики основных элементов питания было определено содержание органического вещества в почве. В исходных образцах почвы (до посадки сортов картофеля) содержание органического вещества составляло 2,1%. В конце вегетационного периода культуры (в августе 2022 года) большинство образцов почв на вариантах с опрыскиванием по сравнению с контролем отличались максимальным содержанием $C_{\text{орг.вещ-ва}}$. Опрыскивание растений селенитом натрия на удобренном фоне оказалось малоэффективным, поскольку величина $C_{\text{орг.вещ-ва}}$ на этом варианте практически не отличалась от значений при использовании минеральных удобрений без опрыскивания. Применение Se-ИДЯК совместно с минеральными удобрениями оказалось эффективным и способствовало заметному увеличению количества органического вещества (в среднем от 2,2 до 2,4%).

Наряду с отмеченными изменениями в количестве $C_{\text{орг.вещ-ва}}$, применение минеральных удобрений и исследуемых растворов оказало различное влияние на обменную и гидролитическую кислотность почвы. Исходная величина $pH_{\text{КС1}}$ почвы составляла 5,0; а гидролитической кислотности – 4,3 мг-экв. на 100г почвы. В августе 2022 года в контрольных образцах почвы значения гидролитической кислотности увеличилось в среднем на 0,1 – 0,2 мг-экв. на 100 г почвы по сравнению с исходными значениями. Величины обменной кислотности снизились в среднем на 0,1 в почве по всем сортам картофеля.

Значения гидролитической кислотности на удобренном фоне при использовании опрыскивания и без него заметно варьировали. В почве заметно повысилось значение гидролитической кислотности на удобренном фоне (на 0,6 мг-экв. на 100 г почвы при использовании минеральных удобрений без некорневой подкормки и на 0,5-0,8 мг-экв. на 100 г почвы на удобренном фоне в зависимости от вида биологически активного раствора). Внесение удобрений и опрыскивание сортов картофеля практически не повлияло на реакцию почвенного раствора либо снижало значение обменной кислотности на 0,1.

Таким образом, применяемые в полевом опыте минеральные удобрения и растворы биологически активных соединений не оказывают заметного негативного влияния на кислотность почвы, как до посадки картофеля, так и в конце вегетационного периода культур.

Отмеченные изменения агрохимических показателей почвы, оказали влияние на урожайность картофеля сорта Родриго. Контрольный вариант уступал по урожайности всем вариантам опыта (210 ц/га). Наибольшая урожайность клубней картофеля по сравнению с контролем получена на варианте с применением комплексоната селена на удобренном минеральном фоне (230 ц/га). Применение минеральных удобрений без опрыскиваний позволяет увеличивать урожайность в среднем на 12 ц/га, однако наиболее эффективным оказались идентичные варианты, но с опрыскиванием различными биологически активными соединениями.

Следует отметить, что опрыскивание растений ИДЯК на удобренном фоне способствовало увеличению урожайности картофеля по сравнению с контролем на 18 ц/га.

Одними из показателей качества урожая картофеля являются количество крахмала и аскорбиновой кислоты в клубнях. Использование раствора селенита натрия на минеральном фоне незначительно увеличивало содержание крахмала по сравнению с другими вариантами, где применялись растворы биологически активных соединений. Содержание крахмала было ниже в среднем на 0,7-0,9 % по сравнению с вариантом, где растения опрыскивались комплексонатом селена.

Наиболее эффективным среди исследуемых растворов оказался комплексонат селена на основе иминодиянтарной кислоты: количество крахмала в клубнях картофеля составило в среднем 13,5%, что на 1,3% больше, чем на контроле.

Наибольшим содержанием аскорбиновой кислоты отличались клубни картофеля, выращенные на удобренном фоне с обработкой комплексонатом селена (13,1 мг/100 г сырого вещества). Это количество превышало содержание аскорбиновой кислоты в клубнях удобренного варианта с

селенитом натрия на 0,7 мг/100 г сырого вещества (или на 5,6%). Наименьшие значения витамина С получены на контрольных вариантах (в среднем 9,7 мг/100 г сырого вещества).

Применение минеральных удобрений без обработки растений растворами биологически активных веществ оказалось менее эффективным по сравнению с вариантами, где проводилось опрыскивание (прибавка витамина С по отношению к контрольным значениям составила лишь 16,5%).

Среди вариантов с некорневой подкормкой наименьшее количество аскорбиновой кислоты отмечалось при опрыскивании растений иминодиянтарной кислотой. Содержание витамина С составляло в среднем 11,8 мг/100 г сырого вещества, что ниже на 6,2 %, чем на варианте с селенитом натрия, и на 13,5%, чем на варианте с комплексоном селена.

В целом, заметные изменения в количестве крахмала и аскорбиновой кислоты в клубнях обнаружены на вариантах с селеносодержащими растворами на минеральном фоне питания растений.

Таким образом, результаты проведенного полевого опыта показали, что хелатированный селен (Se-ИДЯК) на минеральном фоне эффективно воздействует на урожайность и биохимический состав клубней картофеля сорта Родриго. При этом используемые селеносодержащие биологически активные вещества не оказали существенного влияния на агрохимические свойства дерново-подзолистой мелиорированной почвы.

Список литературы

1. Блинохватов А.Ф., Микроэлемент селен как фактор плодородия почв /А.Ф. Блинохватов, В.А. Вихрева и др. //Проблемы плодородия почв на современном этапе развития: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 50-летию кафедры почвоведения и агрохимии Пензенской ГСХА.– Пенза, 2002. – С. 18-21.

2. Дроздов И.А., Эффективность комплексонов с минеральными удобрениями при возделывании сельскохозяйственных культур/И.А. Дроздов, С.А. Яковлева // Цифровизация в АПК: технологические ресурсы,

новые возможности и вызовы времени: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Тверь: Тверская ГСХА, 2020. – С. 56-61.

3. Смирнова Т.И., Изменение витаминной ценности овощной продукции в результате применения селеносодержащих микроудобрений/Т.И. Смирнова, О.В. Смирнова//Устойчивое развитие АПК регионов: ситуация и перспективы: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Тверь: Тверская ГСХА, 2015 г. – С. 126-128.

4. Цой Т. Л., Влияние сверхмалых доз комплексонов биогенных металлов на онтогенез, урожайность и качество льна-долгунца и картофеля: специальность 03.00.16: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук /Цой Т.Л.– Барнаул, 2007. –23 с.

5. Шилова О. В., Эффективность экологически безопасного селенового ультрамикроудобрения при возделывании разных сортов картофеля / О. В. Шилова, Т. И. Смирнова // Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. – Тверь: Тверская ГСХА, 2021. – С. 51-56.

6. Шилова О.В., Эффективность применения селеносодержащих и борсодержащих соединений при возделывании картофеля /О.В. Шилова, Т.И. Смирнова// Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Тверь: Тверская ГСХА, 2020. – С.42-46.

7. Картофель Родриго: описание сорта, характеристики, выращивание и уход, отзывы [Электронный ресурс]// – URL:

<https://ferma.expert/rasteniya/ovoshchi/kartofel/kartofel-rodrigo>

Дата поступления рукописи в редакцию: 21.08.2022 г.

Дата подписания в печать: 22.08.2022 г.