

<sup>1</sup>Сулейменова Н.Ш.,  
<sup>2</sup>Филиппова М.В.,  
<sup>1</sup>Жараспаева С.М.

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный университет, Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Руссенский университет им. Ангел Кънчева, Болгария, г. Русе

**Экологические аспекты химизации земледелия при ресурсосберегающей технологии возделывания сои**

В данной статье приведены результаты изучения экологического аспекта химизации земледелия и эффективность ресурсосберегающей технологии возделывания сои при оптимальных нормах внесения минеральных удобрений для повышения продуктивности агроэкосистемы [1]. Дана сравнительная оценка обоснования питательного режима почвы и выявления экологических последствий применения минеральных удобрений при традиционной и ресурсосберегающей технологии возделывания сои. Проведен анализ обеспеченности посева питательными веществами при различных вариантах применения минеральных удобрений. Определено содержание подвижных форм фосфора и азота по горизонтам почвы, по фазам развития растения при различных вариантах доз удобрений и технологиях возделывания сои. Доказано, что минеральные удобрения являются одним из главных факторов стабилизации экологического состояния почвы, обеспечивающим оптимизацию питательного режима и повышение продуктивности сои при ресурсосберегающей технологии возделывания в условиях орошения юго-востока Казахстана. Применение научно обоснованных ресурсосберегающих приемов с элементами экологически безопасной интенсивной технологии позволяет достаточно оперативно поддерживать стабильность агроэкосистемы.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, ресурсосберегающая технология, соя, химизация земледелия, экологические аспекты.

<sup>1</sup>Suleimenova N.Sh.,  
<sup>2</sup>Filipova M.V.,  
<sup>1</sup>Zharaspayeva S.M.

Kazakh National Agrarian university,  
Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>Angel Kanchev University of Ruse.  
Ruse, Bulgaria

**Environmental aspects of agriculture chemicalization with resource-saving technology of cultivation of soy**

Results of studying of chemicalization ecological aspect of agriculture and cultivation effectiveness of resource-saving technology of soy at optimum norms of application of mineral fertilizers for agroecosystem efficiency increase are given in this article [1]. The comparative assessment of reasoning of the nutritious mode of the soil and identification of ecological consequences of application of mineral fertilizers at traditional and resource-saving technology of cultivation of soy is given. The analysis of crop provision with nutrients at various options of using mineral fertilizers is given. The content of active forms of phosphorus and nitrogen on the soil horizons is determined by phases of plant development at various options of doses of fertilizers and technologies of soy cultivation. It is proved that mineral fertilizers are one of the main factors of stabilization of soil ecological condition, providing optimizations of the nutritious mode and increase of soy efficiency at resource-saving technology of cultivation in the conditions of irrigation in the southeast of Kazakhstan. Application of evidence-based resource-saving methods with elements of ecologically safe intensive technology allows to quickly maintain stability of agroecosystem.

**Key words:** Agriculture, chemicalization, ecological aspects, mineral fertilizers, resource-saving technology, soybeans.

<sup>1</sup>Сулейменова Н.Ш.,  
<sup>2</sup>Филиппова М.,  
<sup>1</sup>Жараспаева С.

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>Ангел Кънчев атындағы Русе университеті, Болгария, Русе қ.

**Ресурс үнемдеу технологиясымен соя өсіруде егіншілікті химизациялаудың экологиялық аспектілері**

Бұл мақалада егіншілікті химияландырудың экологиялық аспектісін және агроэкожүйенің өнімділігін арттыруда минералды тыңайтқыштардың оңтайлы нормаларын пайдалана отырып майбұршақ өсіруде ресурсүнемдеу технологиясының тиімділігін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Майбұршақ өсіруде дәстүрлі және ресурсүнемдеу технологиясында қолданылатын минералдық тыңайтқыштардың экологиялық салдарын анықтап, топырақтың қоректік режимін негіздеу үшін салыстырмалы талдау жасалған. Майбұршақ өсірудің дәстүрлі технологиясын зерттеуде тыңайтқышсыз (St) нұсқа және АҚ «Вита» кәсіпорны ұсынысы бойынша ұзақ мерзімде қолданылған  $N_{60}P_{180}K_{90}$  дозасымен тыңайтқыш нұсқасы зерттелген. Ал ресурсүнемдеу технологиясын зерттеуде –  $P_{60}K_{30}$  и –  $N_{30}P_{60}K_{30}$  мөлшерінде минералды тыңайтқыш қолданылған екі нұсқа сыналған. Майбұршақ агроэкожүйесінің өнімділігін арттыру мақсатында ресурсүнемдеу технологиясын қолдануда, оның биоэнергетикалық потенциалын ұтымды пайдалану және интенсивті технология элементтері – минералды тыңайтқыштардың мөлшерін барынша төмендету жолдары зерттелген.

**Түйін сөздер:** егіншілікті химияландыру, майбұршақ, минералдық тыңайтқыштар, ресурсүнемдеу, технология, экологиялық аспектісі.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ РЕ- СУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

### Введение

На современном этапе обострение экологической ситуации в мире, в т.ч. Казахстане в значительной мере связано с влиянием сельскохозяйственной деятельности на природную среду. Оценка изменений экосистемы, происходящих в результате антропогенного воздействия, служит основой разработки системы рационального ведения сельского хозяйства и природоохранных мер. Огромный ресурсный потенциал и индустриальное направление развития аграрного сектора Казахстана дают возможность производить и экспортировать экологически чистую продукцию. В связи с этим необходимо управлять природным богатством, грамотно организовать деятельность сельскохозяйственных субъектов и максимально эффективно трансформировать их в устойчивое развитие страны, избегая дестабилизации окружающей среды. Экологическая оценка дестабилизации заключается в определении фактических и возможных изменений состояния природной среды, обусловленных развитием самого сельского хозяйства [1].

Сельское хозяйство – комплексная отрасль биологического природопользования, в задачи которой входит рациональная эксплуатация и воспроизводство сельскохозяйственных ресурсов – почвенно-растительных и животных [2]. Первичная ресурсная база сельского хозяйства – естественное плодородие почв, биологическая продуктивность земледелия. [3] Главная задача земледелия – это увеличение урожайности культурных растений [4]. Для этого в настоящее время в сельском хозяйстве используются технологии, предусматривающие интенсивное применение минеральных удобрений, ядохимикатов, многократную обработку почвы, превращение на обширных территориях естественных биоценозов в искусственные. Ориентация на индустриально-технологические системы земледелия позволила многим развитым странам в относительно короткий исторический отрезок времени значительно увеличить объемы производства продуктов питания, так как растениеводство является одним из важнейших источников продовольствия для человека [5].

На сегодня важнейшим направлением развития растениеводства является интенсификация земледелия, где широко используются минеральные удобрения для оптимизации питательного режима и пестициды – оптимизации фитосанитарного состояния почвы. Химизация земледелия представляет собой один из основных способов его интенсификации и является залогом повышения продуктивности пашни аграрного производства [4]. В растениеводстве эффективность применения удобрений весьма значима. Однако на фоне имеющихся достижений химизации к концу XX в. обозначились и его недостатки. В пахотных почвах наблюдается постоянное снижение содержания гумуса, ухудшаются их биологические свойства [6]. Нерегулируемое применение средств химизации стало причиной накопления в почвах и грунтовых водах остатков минеральных удобрений и ядохимикатов, изменения биогеохимических потоков и загрязнения природных объектов. Агрэкосистемы, утратившие видовое разнообразие, свойственное естественным, превратились в простые одновидовые, а следовательно, и неустойчивые сообщества. Поддерживание их состояния, которое обеспечивает необходимый уровень урожайности, с каждым годом требует все больших и больших затрат [2, 4].

В целом воздействие сельскохозяйственного производства на окружающую среду может превратиться в основную причину потенциального снижения плодородия пахотных земель и постепенной деградации отдельных структурных компонентов агроландшафтов. Неконтролируемое использование средств химизации явилось причиной ухудшения качества продукции сельского хозяйства. В продукции обнаруживаются нитраты, химические элементы, содержащиеся в удобрениях, остатки ядохимикатов [3]. То есть при химизации земледелия возникает экологическая проблема. При длительном, систематическом применении химических удобрений существует реальная возможность накопления их остатков, прежде всего в почве, а также в растениеводческой продукции, поражаются полезные микроорганизмы, флора и фауна почвы [4]. Кроме того, от массового применения химикатов загрязняются источники питьевой воды, гибнут леса. Эти негативные изменения в агроэкосистеме связаны с несбалансированностью процессов воздействия на окружающую среду, возникающей при применении средств химизации [5].

Все процессы, протекающие в агроэкосистемах, опосредованы трансформацией, аккумуляцией и миграцией минеральных удобрений в почвах. Почвенный покров в большей степени подвергается загрязнению, деградации и разрушению. Поэтому при экологической оценке последствий химизации земледелия следует учитывать изменение почв, грунтовых вод, воздуха, живых организмов и структуры фитоценоза под воздействием удобрений. Это приводит к снижению качества продукции, повышению содержания в ней нитратов и остаточных количеств минеральных удобрений. Одновременно происходит нарушение эколого-экономического баланса ресурсов агроэкосистемы, что влечет за собой снижение агрохимических, агрофизических и биологических показателей плодородия почвы и продуктивности возделываемой культуры, сои [6].

Соя – ценнейшая универсальная бобовая культура. Масло сои полувывсыхающее, отличается высоким содержанием физиологически активных незаменимых жирных кислот. Соевый белок хорошо усваивается организмом и по биологической ценности приближается к белкам животного происхождения. Соя характеризуется неравномерным по фазам развития потреблением большого количества минеральных элементов. Создавая большую вегетативную массу и формируя семена с высоким содержанием жира и белка, соя нуждается в интенсивном минеральном питании. По данным исследователей, на формирование 1 ц зерна сои расходуется в среднем 8-10 кг азота, 2,0-3,5 кг фосфора и 3-4 кг калия [7]. В первый период роста от всходов до ветвления сое необходим фосфор, играющий важную роль при закладке генеративных органов. Критическим периодом в отношении азота является промежуток от фазы бутонизации до начала цветения, когда происходит прогрессивный рост вегетативной массы. Соя до начала цветения растения потребляет калия в 1,5 раза больше, чем азота, и в 1,8 раза больше, чем фосфора. Однако растение наибольшее количество калия использует в фазе формирования и налива бобов [8].

Соя с урожаем выносит много азота, однако, значительную часть его (примерно две трети), при хорошем развитии на корнях клубеньковых бактерий, растения усваивают из воздуха. Это объясняется симбиозом сои с клубеньковыми бактериями, за счет которого на 50-75% может удовлетворяться потребность в азоте. Для функционирования процесса азотфиксации необходи-

мо наличие в почве соответствующих бактерий (*Rhizobium japonicum*) или внесение их с семенами. В настоящее время наиболее эффективным бактериальным препаратом для применения на сое является ризовит-АКС, или нитрагин. Результаты исследований питательного режима ученых свидетельствуют о необходимости дифференцированного подхода к нормам внесения минеральных удобрений с учетом биологических особенностей культуры [9].

В случае повышенного применения удобрений возникают экологические проблемы, связанные с загрязнением почвы, и напротив, при их недостаточном использовании снижаются продуктивность и качество урожая. Поэтому почва должна иметь соответствующие агрохимические показатели плодородия для выращивания экологически чистой продукции – сои.

В этой связи необходимость изучения экологических аспектов химизации земледелия, а именно последствий длительного применения высоких доз минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на современном этапе в конкретной агроэкосистеме является весьма актуальной проблемой. Данная статья направлена на изучение экологических аспектов химизации земледелия, выявление нарушения экологического равновесия агроэкосистемы и разработке оптимальных параметров элементов ресурсосберегающей технологии, направленной на улучшение экологической ситуации, поддержание стабильности агроэкосистемы и повышение продуктивности сои в условиях Алматинской области.

### Методы исследования

Предгорная равнина Северного склона Заилийского Алатау, на которой проводились экспериментальные исследования, является засушливой зоной поливного земледелия, характеризуется резко континентальным климатом, низкой влажностью воздуха, обилием солнечного света, короткой, но довольно холодной зимой.

Распределение почв, формирование особенностей климата в регионе подчинено закону вертикальной зональности, которая наиболее четко выражена в центральной части Северного Тянь-Шаня, образованной хребтом Заилийского Алатау в междуречье Каскелен-Чилик. Эта часть открыта для влажных воздушных течений и имеет мощный задерживающий барьер высот – более 4 – 4,5 тыс.м. Абсолютные отметки высот территории – 550-700 м над уровнем моря.

Экспериментальные исследования проводились на территории учебно-опытной станции Казахского национального аграрного университета «Агроуниверситет», в 37 км от г. Алматы; ЧАФ «Тургень» в 59 км от г. Алматы которые расположены в северо-западной части Енбекшиказахского района Алматинской области,

Объектами исследования являются уникальная зернобобовая культура – соя (сорт Эврика), коротко-ротационный плодосменный севооборот. В качестве контроля в опытах служила традиционная технология возделывания сои в соответствии с рекомендациями Системы ведения сельского хозяйства Алматинской области [10]. Полевые опыты и экспериментальные исследования проведены общепринятыми классическими приемами: экспериментом и наблюдением. Выдержаны все методические требования, предъявляемые к методике закладки полевых экспериментов, и проводились по Б.А. Доспехову [11] и согласно методическим рекомендациям Бойко А.Т. и Карягина Ю.Г., ОАО «Vita» [8].

Биометрические и фенологические наблюдения проводились согласно рекомендации Института полеводства и овощеводства, и Методике ГОС сельскохозяйственных культур по выращиванию зерновых, зернобобовых и масличных культур [12, 13]. Полученные экспериментальные материалы обработаны статистическим методом.

Агрохимические исследования по определению питательного режима почвы включали несколько обязательных процедур: отбор проб, подготовку проб к анализу, определение содержания подвижных форм нитратного азота и фосфора (ГОСТ 17.4.4.02.). Для определения содержания подвижных форм питательных веществ в почве использовался метод, основанный на извлечении подвижных соединений фосфора из почвы раствором уксусной кислоты концентрации моль/дм при отношении почвы к раствору 1:25 и последующем определении фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре [7].

Для подготовки образцов к исследованию использовали метод РД 52.18.286-91 (РД 52.18.286-91). Пробы почв рассыпали на бумаге или кальке, пинцетом удаляли механические включения (растительные остатки, камни и прочее) и высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Высушенные образцы измельчали с помощью лабораторной мельницы или вручную в фарфоровой ступке и

полностью просеивали через пластмассовое сито с диаметром ячеек 1 мм.

Для определения содержания тяжелых металлов в почве использовался атомно-абсорбционный спектрофотометр Shimadzu AA7000 с лампами с полым катодом, изготовленными из элементов Cr, Zn, Cu, Pb, Cd. Для подготовки образцов к исследованию использовали метод РД 52.18.286-91 [15].

Для определения содержания подвижных форм N-NO<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, мг/кг в почве использовался фотоэлектроколориметр. Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфора из почвы раствором уксусной кислот концентрации моль/дм при отношении почвы к раствору 1:25 и последующем определении фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре (Спирина & Соловьева, 2014) [16].

Использованные реактивы – кислота азотная (36%), экстракция тяжелых металлов, осуществлялась по ГОСТ 11125, магний хлорнокислый (ангидрон) – по ТУ 6-09-3800, вода бидистиллированная – по ГОСТ 6709 и ацетилен – по ГОСТ 5457.

До анализа готовятся калибровочные стандартные растворы, используемые при атомно-абсорбционном определении металлов в пробах почвы по Государственным стандартным образцам состава комплексных растворов солей металлов. Стандартные растворы солей металлов готовили непосредственно перед использованием.

### Результаты исследования

В районах наших исследований возделывание сельскохозяйственных культур осуществлялось при интенсивной технологии, с применением повышенной дозы N<sub>60</sub>P<sub>180</sub>K<sub>90</sub> минеральных удобрений. Эта доза минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>180</sub>K<sub>90</sub> рекомендована ОАО «Вита» при возделывании сои и вносится путем разбрасывания перед лущением стерни из расчета 330 кг/га.

В условиях наших исследований при возделывании сои вносят 130 кг/га сульфата аммония, где доза азота составляет 30 кг/га действующего вещества. В условиях наших исследований в лугово-каштановой почве содержание валового азота и валового фосфора высокое – 0,251 и 0,212% соответственно. По обеспеченности доступными элементами питания почвы опытного участка характеризуются как высокообеспеченные азотом (138 мг/кг N<sub>д.г.</sub> и 24 мг/кг N-NO<sub>3</sub>) и

обменным калием. Содержание подвижного фосфора низкое – 21 мг/кг почвы. Учитывая вышеизложенное, для определения питательного режима почвы и обоснования экологических аспектов применения минеральных удобрений при ресурсосберегающей и традиционной технологии возделывания сои нами была проведена сравнительная оценка по двум вариантам дозы минеральных удобрений.

При проведении сравнительной оценки изучаемых доз минеральных удобрений были использованы сульфат аммония, суперфосфат и калийная соль. Сульфат аммония ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) – средняя соль серной кислоты, содержит до 21% азота и до 24% серы. Растения из внесенной нормы этого удобрения усваивают NH<sub>4</sub><sup>+</sup> сульфата аммония в основном в виде катиона. Сульфат аммония является типичным представителем физиологически кислых удобрений. В зоне наших исследований лугово-каштановая почва имеет достаточную щелочную среду, поэтому сульфат аммония считается наиболее оптимальным видом азотных удобрений.

Использование элементов ресурсосберегающей технологии при возделывании ведущих культур земледелия дает возможность существенно снизить загрязненность почвенного покрова, затраты энергии на единицу производимой продукции и рационально использовать природных ресурсов в определенных экосистемах. Экологически верные приемы ресурсосберегающей технологии легко вписываются в биохимический круговорот ресурсов агроэкосистемы, создают устойчивый, конкурентоспособный агрофитоценоз обеспечивая тем самым экологизацию земледелия. Следовательно, изучение приемов ресурсосберегающей технологии выращивания культур позволяет выявить скрытые формы нарушений устойчивости и поддерживать стабильность агроэкосистемы [16].

Поэтому нами при разработке ресурсосберегающей технологии возделывания сои и для сравнительной оценки с традиционной технологией были выявлены экологические последствия применения минеральных удобрений и пути рационального использования почвенных ресурсов. Как известно, почва играет роль приемника химических средств, где они разлагаются и откуда перемещаются в растения, грунтовые воды или окружающую среду, либо сохраняются в течение длительного времени.

Осуществлена разработка ресурсосберегающей технологии возделывания ведущих масличных культур (соя, рапс) в условиях

юго-востока Республики, предполагающей минимальной обработки почвы. Так же одним из приемов ресурсосберегающей технологии возделывания сои являются элементы интенсификации земледелия – это применение минеральных удобрений с учетом экологической безопасности.

При обосновании экологических проблем химизации земледелия нами были определены:

– загрязнение почвы тяжелыми металлами при завышенных нормах минеральных удобрений;

– эффективность ресурсосберегающей технологии с элементами интенсификации в улучшении питательного режима посева и повыше-

нии продуктивности и стабилизации экологической ситуации агроэкосистемы сои.

Уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами при применении минеральных удобрений определен на фоне традиционной и ресурсосберегающей технологий возделывания сои. По результатам исследований содержание тяжелых металлов (ТМ) в 0-20 см слое почвы было различным по изучаемым вариантам. Содержание тяжелых металлов в вариантах полевого опыта указывает, что на фоне традиционной технологии возделывания сои, без внесения минеральных удобрений, почва характеризуется низким содержанием практически всех видов тяжелых металлов (таблица 1).

**Таблица 1** – Загрязнение почвы тяжелыми металлами при применении минеральных удобрений в зависимости от технологии возделывания сои (мг/кг)

№ п/п	Варианты применения минеральных удобрений	Тяжелые металлы, мг/кг				
		Сг	Pb	Zn	Cu	Cd
1 фон – традиционная технология						
1	Без удобрений	0,61±0,018	0,57±0,017	1,13±0,053	0,41±0,012	0,35±0,01
2	N <sub>60</sub> P <sub>180</sub> K <sub>90</sub>	5,29±0,14	4,83±0,13	10,91±0,55	3,2±0,064	8,6±0,24
2 фон – ресурсосберегающая технология						
3	P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	0,74±0,025	1,29±0,04	1,38±0,03	0,69±0,01	1,28±0,03
4	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	0,81±0,017	1,61±0,04	2,54±0,05	0,72±0,02	1,82±0,05
ПДК, мг/кг		6,0	6,0	23,0	3,0	20,0

Особенно низким содержанием отмечен кадмий – 0,35 мг/кг и медь – 0,41 мг/кг, что соответственно на 57 и 7 раз ниже уровня ПДК (20,0 и 3,0 мг/кг). Содержание определяемых следующих тяжелых металлов, как Сг, Pb, Zn, в лугово-каштановой почве не превышает их порога допустимой концентрации (ПДК).

Установлено, что при длительном применении повышенных доз минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>180</sub>K<sub>90</sub> количество тяжелых металлов в корнеобитаемом слое почвы существенно повышается. При внесении минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>180</sub>K<sub>90</sub> – рекомендуемой для зоны исследований, количество поступившего кадмия в почву составило 8,6 г/кг, хрома – 5,29 г/кг, свинца – 4,83 г/кг, цинка – 10,9 г/кг и меди – 3,2 г/кг. Выявлено загрязнение почвы медью (Cu), содержания которого повышается от 0,41

до 3,2 мг/кг почвы, что выше порога допустимого предела, ПДК которого составляет всего 3,0 мг/кг почвы и по уровню загрязненности почвы медью относится к высоко опасным классам.

При ресурсосберегающей технологии результаты применения P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> и полного набора минеральных удобрений – N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> показывают, что наибольшее количество Zn и Cd отмечено на этих вариантах. Сравнительное наибольшее содержание Zn – 1,38-2,54 мг/кг в вариантах применения минеральных удобрений (P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub>) намного ниже уровня ПДК (т.е. в 9,7 и 6,5 раз). Содержание Cd было более завышенным и составляет 1,28 и 1,82 мг/кг, они также ниже ПДК в 15,7 и 10,9 раз. Нужно отметить, что содержание в почве подвижной формы тяжелых металлов динамично во времени и не вызывает опасность загрязнения почвы ТМ.

Таким образом, при ресурсосберегающей технологии экологические условия почвы для возделывания сои оптимизируются, содержание тяжелых металлов значительно ниже ПДК, для Сг – 8,1-7,4 раза, Pb – в 4,6-3,7 раз, Zn – в 16,7-9,0 раз, Cu – в 4,3-4,2 и Cd – в 15,6-10,9 раза. Полученные результаты показывают, что ресурсосберегающая технология при внесении минеральных удобрений в дозе  $P_{60}K_{30}$  и  $N_{30}P_{60}K_{30}$  обеспечивает экологически безопасную среду для возделывания сои.

Поэтому есть полное обоснование считать, что научно-обоснованными дозами минеральных удобрений при выращивании сои являются  $P_{60}K_{30}$  и  $N_{30}P_{60}K_{30}$ , которые не накапливают тяжелых металлов в пахотном слое почвы с последующим улучшением питательного режима почвы и повышением продуктивности культуры.

Основной задачей хозяйствующих субъектов в аграрном производстве является повышение продуктивности возделываемой культуры. Что должно обеспечиваться оптимальным питательным режимом. Для обоснования питательного режима сои нами была проведена сравнительная оценка доз минеральных удобрений при исследуемых технологиях:

– при традиционной технологии возделывания сои изучены варианты без удобрений и внесения доз длительного применения  $N_{60}P_{180}K_{90}$  согласно рекомендации ОАО «Вита» [11];

– при ресурсосберегающей технологии, также испытаны два варианта внесения минеральных удобрений –  $P_{60}K_{30}$  при обработке семян нитрагином и с внесением –  $N_{30}$  на фоне этого варианта –  $P_{60}K_{30}$ .

Полученные результаты динамики подвижных форм питательных элементов по периодам роста и развития сои показывают, что при традиционной технологии в фазу ветвления сои содержание нитратного азота в корнеобитаемом слое (0-40 см) составляет всего 11,8 мг/кг, что оценивается как средний уровень обеспеченности, а содержание подвижного фосфора – 13,7 мг/кг, что означает низкий уровень обеспеченности. При длительном внесении повышенной дозы –  $N_{60}P_{180}K_{90}$  на фоне традиционной технологии в фазу ветвления сои, содержание нитратного азота в корнеобитаемом слое (0-40 см) составляет всего 22,4 мг/кг, что оценивается как средний уровень обеспеченности, а содержание подвижного фосфора – 18,3 мг/кг – средний уровень обеспеченности (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на питательный режим почвы (среднее за 2011-2015 гг.)

Технология	Дозы внесенных удобрений	Слой почвы, см	Содержание подвижных форм, мг/кг почвы			
			NO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
			В фазу ветвления	Перед уборкой	В фазу ветвления	Перед уборкой
Традиционная	без удобрений	0-20	13,9±0,48	7,4±0,26	14,5±0,50	8,7±0,34
		20-40	9,7±0,29	6,6±0,19	12,9±0,38	10,5±0,36
		0-40	11,8±0,33	7,0±0,19	13,7±0,54	9,6±0,33
	$N_{60}P_{180}K_{90}$	0-20	23,7±0,63	14,7±0,51	17,6±0,61	11,8±0,35
		20-40	21,1±0,61	13,9±0,48	19,0±0,62	12,6±0,44
		0-40	22,4±0,56	14,3±0,42	18,3±0,54	12,2±0,36
Ресурсосберегающая	$P_{60}K_{30}$	0-20	18,7±0,52	11,1±0,31	26,1±0,52	18,3±0,51
		20-40	9,6±0,33	13,8±0,48	20,4±0,63	14,9±0,52
		0-40	14,6±0,51	12,4±0,43	23,2±0,60	16,6±0,49
	$N_{30}P_{60}K_{30}$	0-20	28,3±0,62	18,9±0,56	28,9±0,63	14,2±0,39
		20-40	22,9±0,57	12,8±0,51	21,8±0,65	15,9±0,55
		0-40	25,6±0,89	15,8±0,55	25,3±0,60	15,0±0,52

На этом фоне технологии возделывания сои в период уборки отмечено снижение запасов нитратного азота (от 7,4 до 6,6 мг/кг) и по обеспе-

ченности оценивается как очень низкий уровень, независимо от системы обработки почвы. При внесении завышенной дозы удобрений  $N_{60}P_{180}K_{90}$

в период уборки запасы нитратного азота будут в пределах 13,9 и 14,7 мг/кг и по обеспеченности оцениваться как низкий уровень.

По обеспеченности посева сои фосфором складывается иная картина, в фазу ветвления сои содержание подвижного фосфора по горизонтам пахотного слоя колеблется в пределах 12,9 и 14,5 мг/кг, при среднем значении – 13,7 мг/кг, что указывает на низкий уровень обеспеченности. Максимальное содержание подвижных форм  $P_2O_5$  отмечено при внесении завышенной дозы удобрений  $N_{60}P_{180}K_{90}$  на фоне традиционной технологии возделывания сои в пределах 12,2 мг/кг и 18,3 мг/кг по фазам развития сои.

Таким образом, выявлено, что при традиционной технологии возделывания сои в критический период развития – ветвления сои обеспеченность посева подвижными формами питательных веществ низкая, а при внесении завышенной дозы удобрений его содержание повышается только до среднего уровня.

При ресурсосберегающей технологии складывается оптимальный питательный режим почвы. В фазу ветвления сои в корнеобитаемом (0-40 см) слое почвы, при внесении удобрений в дозе  $P_{60}K_{30}$ , содержится наименьшее количество подвижных форм нитратного азота 14,6 мг/кг с колебанием по горизонтам (от 0-20 м до 20-40 см) от 18,7 мг/кг до 9,6 мг/кг. При внесении удобрений в дозе  $N_{30}P_{60}K_{30}$  содержание подвижных форм нитратного азота повышается до 25,6 мг/кг с колебанием по горизонтам от 22,9 мг/кг до 9,6 мг/кг 28,3 мг/кг по горизонтам почвы (рис.1).

На фоне ресурсосберегающей технологии внесение  $P_{60}K_{30}$  существенно снижает содержание азота от верхнего 0-20 см горизонта к нижнему 20-40 см горизонту в два раза. Такая закономерность объясняется, по-видимому, результатом ослабления процесса нитрификации, который не обеспечивает потребность растения сои в азотном питании.

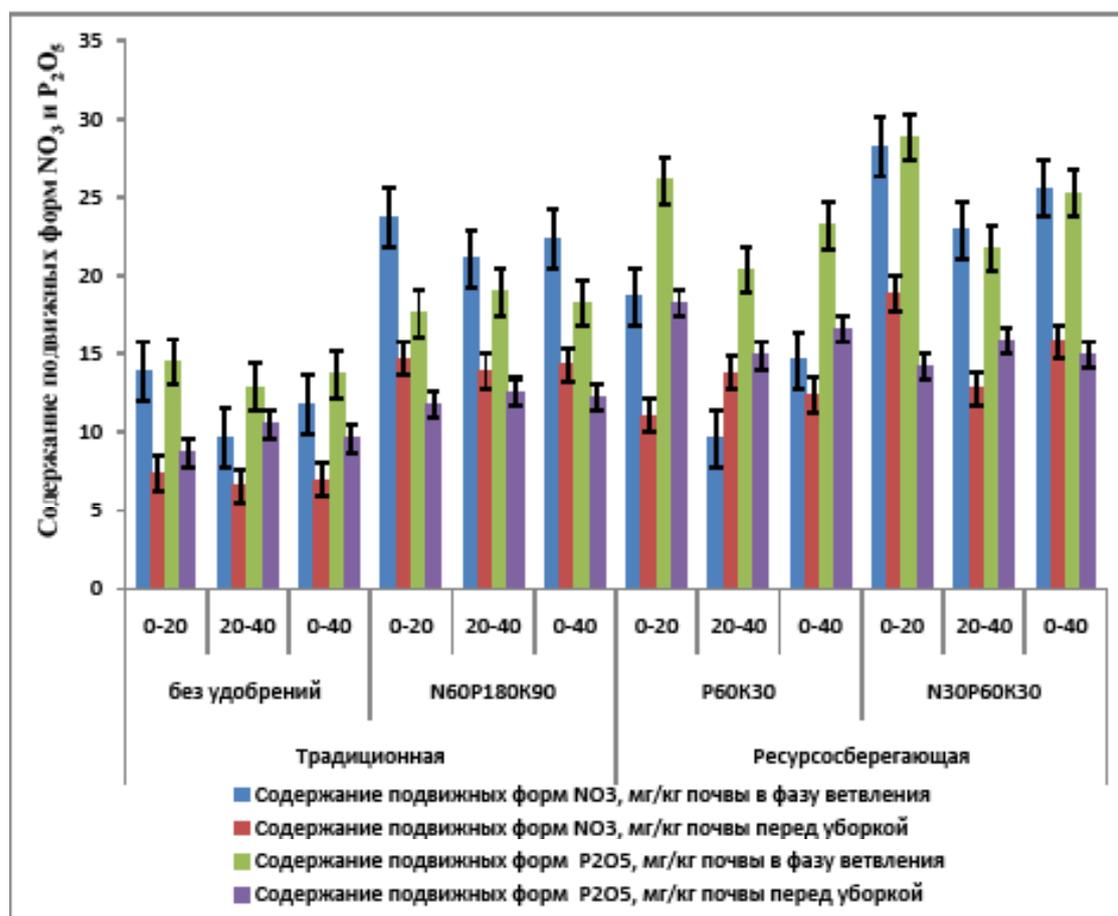


Рисунок 1 – Динамика подвижных форм питательных элементов почвы  $NO_3$  и  $P_2O_5$ , в зависимости от технологии возделывания сои при химизации земледелия (0-20, 0-40: пахотные слои почвы)

Таким образом, максимальное содержание подвижных форм  $P_2O_5$  отмечено при внесении дозы удобрений  $N_{30}P_{60}K_{30}$  в пределах 15,0 мг/кг и 25,3 мг/кг по фазам развития сои, что выше на 39,4% и 51,3% соответственно, чем в контрольном варианте при традиционной технологии возделывания сои.

На фоне ресурсосберегающей технологии полученные результаты по содержанию нитратного азота показывают эффективность внесения полного набора дозы минеральных удобрений  $N_{30}P_{60}K_{30}$  для обеспечения потребности сои в азоте, особенно в критический период развития, когда происходит прогрессивный рост зеленой вегетативной массы растения.

Максимальное содержание подвижных форм  $P_2O_5$  на фоне ресурсосберегающей технологии возделывания сои выявлялось при внесении дозы удобрений  $P_{60}K_{30}$  и  $N_{30}P_{60}K_{30}$  в пределах 12,2 мг/кг и 18,3 мг/кг по фазам развития сои. На вариантах ресурсосберегающей технологии, при внесении  $P_{60}K_{30}$  подвижные формы фосфора составят  $21,2 \pm 0,65$  мг/кг с колебанием от 17,7 мг/кг и  $24,8 \pm 0,64$  мг/кг по горизонтам почвы, что на 13,3±0,29% и 39,4% соответственно больше, чем в контрольном варианте при традиционной технологии возделывания сои.

Анализ результатов по содержанию питательных элементов в период вегетации сои оказывает существенное влияние на величину урожайности (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность сои в зависимости от внесения минеральных удобрений, ц/га

Технология возделывания	Применение удобрений	Урожайность, ц/га	Прибавка в	
			ц/га	%
Традиционная	Без удобрений	19,8±0,61	St	-
	$N_{60}P_{180}K_{90}$	26,3±0,63	6,5	32,8
Ресурсосберегающая	$P_{60}K_{30}$	27,4±0,60	7,6	38,3
	$N_{30}P_{60}K_{30}$	28,9±0,60	9,1	45,9
HCP <sub>05</sub> , ц/га = S <sub>x</sub> , % =			2,73	3,89

Урожайность сои на контроле при традиционной технологии без удобрений составляет всего 19,8±0,61 ц/га. Согласно технологии возделывания семена сои перед посевом обрабатываются нитрагином, применение которого оказывает влияние на симбиотическую активность, увеличивает количество и массу клубеньков на корнях растений сои, что улучшают азотное питание посевов. Оно в свою очередь дает возможность снизить норму вносимых удобрений. Надо отметить, что соя хорошо реагирует на внесение фосфорных удобрений, особенно на фоне низкого содержания подвижного фосфора в почве, как в наших условиях исследований.

При ресурсосберегающей технологии внесения фосфорных удобрений урожайность сои повышается от 32,8% до 45,9%. Поэтому, на этом варианте и при совместном внесении фосфорно-калийного удобрения урожайность сои повышается до 28,9±0,60 ц/га. Полное внесение удобрений ( $N_{30}P_{60}K_{30}$ ) при изучаемой ресурсо-

сберегающей технологии способствовало дополнительному повышению, т.о. прибавка урожая составляет 9,1 ц/га.

Сравнительная оценка отзывчивости сои на уровень минерального питания показала, что соя отчетливо реагирует на изменения питательного режима почвы. И в условиях наших исследований соя положительно реагирует на внесение фосфорно-калийных удобрений при повышении ее урожайности на 7,6 ц/га.

Таким образом, доказано, что минеральные удобрения являются одним из главных факторов стабилизации экологического состояния почвы, обеспечивающим повышение продуктивности растений сои при ресурсосберегающей технологии возделывания в условиях орошения юго-востока Казахстана. Научно обоснованные приемы ресурсосберегающих экологически безопасных технологий с элементами интенсивных технологий позволяют поддерживать стабильность агроэкосистемы.

## Заключение

Таким образом, основная задача данной статьи – обосновать экологические проблемы при интенсификации земледелия на фоне традиционной технологии и эффективность ресурсосберегающей технологии в их предотвращении, также в обеспечении питательного режима и повышении продуктивности возделываемой культуры – сои.

Исследования по уровню загрязнения почвы тяжелыми металлами при применении минеральных удобрений проводились на фоне традиционной и ресурсосберегающей технологий возделывания сои.

Во-первых, для выявления экологических последствий минеральных удобрений нами было определено загрязнение почвы тяжелыми металлами при традиционной технологии, предполагающей применение повышенных норм минеральных удобрений. Установлено, что при длительном применении доз минеральных удобрений  $N_{60}P_{180}K_{90}$  количество тяжелых металлов в корнеобитаемом слое почвы существенно повышается. При внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{180}K_{90}$  – ранее рекомендуемой для зоны исследований количество поступившего кадмия в почву составило 8,6 г/кг, хрома – 5,29 г/кг, свинца – 4,83 г/кг, цинка – 10,9 г/кг и меди – 3,2 г/кг. Выявлено существенное загрязнение почвы медью (Cu), содержания которого повышается от 0,41 до 3,2 мг/кг почвы, что выше порога допустимого предела и по уровню загрязненности почвы относится к высоко опасным классам.

Во-вторых, при ресурсосберегающей технологии обнаружены Zn и Cd на вариантах применения минеральных удобрений в дозе  $P_{60}K_{30}$  и полного набора минеральных удобрений –  $N_{30}P_{60}K_{30}$ . Однако содержание Zn – 1,38-2,54 мг/кг на вариантах применения минеральных удобрений ( $P_{60}K_{30}$  и  $N_{30}P_{60}K_{30}$ ) намного ниже уровня ПДК. Содержание Cd составляет 1,28 и 1,82 мг/кг, они также ниже ПДК в 15,7 и 10,9 раз. Нужно отметить, что содержание в почве подвижной формы тяжелых металлов в этих количествах не вызывает опасность загрязнения почвы ТМ.

Следовательно, ресурсосберегающая технология оптимизируют экологические условия почвы для возделывания сои, т.е. содержание тяжелых металлов значительно ниже ПДК, для Cr – 8,1-7,4 раза, Pb – в 4,6-3,7 раз, Zn – в 16,7-

9,0 раз, Cu – в 4,3-4,2 и Cd – в 15,6-10,9 раза. Полученные результаты показывают, что ресурсосберегающая технология при внесении минеральных удобрений в дозе  $P_{60}K_{30}$  и  $N_{30}P_{60}K_{30}$  обеспечивает экологически безопасную среду для возделывания сои.

Сделана сравнительная оценка традиционной и ресурсосберегающей технологий для обоснования питательного режима и повышения продуктивности сои. Выявлено, что при традиционной технологии возделывания сои в критический период развития – ветвления сои обеспеченность посева подвижными формами питательных веществ низкая, а при внесении повышенной дозы удобрений его содержание повышается только до среднего уровня.

На фоне ресурсосберегающей технологии полученные результаты по содержанию питательных веществ показывают эффективность внесения полного набора минеральных удобрений  $N_{30}P_{60}K_{30}$  для обеспечения потребности сои в азоте, особенно в критический период развития, когда происходит прогрессивный рост зеленой вегетативной массы растения.

При ресурсосберегающей технологии внесение фосфорных удобрений урожайность сои повышается от 32,8% до 45,9%. Поэтому на этом варианте и при совместном внесении фосфорно-калийного удобрения урожайность сои повышается до 28,9 ц/га. Полное внесение удобрений ( $N_{30}P_{60}K_{30}$ ) при изучаемой ресурсосберегающей технологии способствовало дополнительному повышению, т.е. прибавка урожая составляет 9,1 ц/га.

Поэтому есть полное обоснование считать, что научно-обоснованными дозами минеральных удобрений при выращивании сои являются  $P_{60}K_{30}$  и  $N_{30}P_{60}K_{30}$ , не накапливающие тяжелых металлов в пахотном слое почвы, с последующим улучшением питательного режима почвы и повышением продуктивности культуры. Доказано, что минеральные удобрения являются одним из главных факторов стабилизации экологического состояния почвы, обеспечивают повышение продуктивности растений сои при ресурсосберегающей технологии возделывания в условиях орошения юго-востока Казахстана. Научно обоснованные приемы ресурсосберегающих экологически безопасных технологий с элементами интенсивных технологий позволяют поддерживать стабильность агроэкосистемы.

### Литература

- 1 Каледин А.П., Абдулла-Заде Э.Г., Дёжкин В.В. (2011) Эколого-экономические проблемы АПК, в кн. Эколого-экономические аспекты современного природопользования. – М.: МГООиР – С.157-166
- 2 Овсянников Ю.А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2000. – 264 с.
- 3 Солдат И.Е. и др. Результаты агроэкологического мониторинга в адаптивно-ландшафтном земледелии Белгородской области / Солдат И.Е., Тютюнов С.И., Лукин С.В. // Модели и технологии оптимизации земледелия. – Курск, 2003. – С. 94 – 96.
- 4 Экологизация земледелия / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин Земледелие / под ред. А. И. Пупонин. – М.: Колос, 2000. – 552 с.
- 5 Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др.(2000) Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; Под ред. В. А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос – 536 с.
- 6 Булгаков Д.С.(2002) Агроэкологическая оценка пахотных почв. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, – 252 с.
- 7 Елешев Р.Е. и др. (2014) Практикум по агрохимии, каз. – Алматы, 264 с.
- 8 Методические Рекомендации. Соя высокобелковая культура / Бойко А.Т., Карягин Ю.Г. – Алматы: ОАО «Vita», 2004. – 18 с.
- 9 Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур. – М.: РГАУ-МСХА, 2009, – 412 с
- 10 Система ведения сельского хозяйства Алматинской области (2005) – Рекомендации. – Алматы : ТОО «Нурлы Алем» – 296 с.
- 11 Доспехов Б.А. (1985) Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат – 351 с
- 12 Методика Государственного Сортоиспытания сельскохозяйственных культур Вып 2-й / Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры/ – М.: Колос, 1971. – 239 с.
- 13 Бечей Г., (2001) Фенологические наблюдения проводился в первой половине дня. Сои. Общие положения и рекомендации по выращиванию //Институт полеводства и овощеводства – Новый Сад: «Соя протеин».
- 14 Новикова А.М., Новикова Д.А (2010) Методология научного исследования. – М.: Либроком. – 280 с.
- 15 РД 52.18.286-91 Методика выполнения измерений массовой доли водорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом/ Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. – М., 1991. – 47 с.
- 16 Спирина В.З., Соловьева Т.П. (2014): Агрохимические методы исследования почв, растений и удобрений: учебное пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета: 2014. – 336 с.
- 17 Suleimenova N.Sh., Zharaspayeva S.M. (2016) Environmental problems of application of fertilizers Ж. Известия НАН РК Серия химии и технологии. – Алматы, Volume 2, Number 416, pp 136 – 142
- 18 Гамзиков Г.П. (2007) Продуктивность сои в зависимости от источников азотного питания / Г.П. Гамзиков, П.П. Шотт, П.А. Литвинцев // Сиб. вестн, с.-х. науки. – № 7. – С. 21-28.
- 19 Юлушев И.Г. (2005) «Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтной организации систем земледелия ВКЗП. Гриф УМО ВУЗов России», Изд.: «Академический проект»
- 20 Дзанагов С.Х. (1999) Эффективность удобрений в севообороте и плодородие почв. – Владикавказ.: Горский ГАУ – 364 с.
- 21 Сулейменова Н.Ш., Райымбекова И.К (2012), Экологические аспекты возделывания сои как ценной кормовой культуры. Материалы 2-междун. научно-практ. конференций, Украина, Каменско-Подольский. – С. 402-404. – 20с.
- 22 Гилевич С.И. (2011) Научные основы сберегающего земледелия степных районов Казахстана // Вестник с/х Казахстана. – № 1. – С. 35-37.

### Reference

- 1 Kaledin A.P., Abdullah Zadeh E.G, Dëzhkin V.V. (2011) Ecological and economic problems of agriculture, in the book. Environmental and economic aspects of modern wildlife management – M .: MGOO&R, pp.157-166, Moscow (In Russian)
- 2 Ovsyannikov Y.A. Theoretical foundations of eco- biosphere agriculture. – Ekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2000.- P 264 (In Russian)
- 3 Soldat I.E. et al. agroecological monitoring results in adaptive-landscape agriculture Belgorod Region Soldat I.E, S.I. Tyutyunov Lukin S.V, Models and optimization technology of agriculture. – Kursk. – 2003, pp 94 – 96 (In russian).
- 4 Ecologization of agriculture / G.I Bazdyrev, VG mule, AI Puponin Agriculture. Ed. AI Puponin. – Moscow: Kolos, 2000. – 552 p (In russian).
- 5 Chernikov V.A., Alexakhin, P.M., AV Golubev et al. (2000). Agroecology / VA Chernikov, P.M. Alexakhin, A.B. Golubev et al .; Ed. VA Chernikov, AI Chekeresa. Kolos, Moscow, Russia, P 536 (In Russian)
- 6 Bulgakov D.S. Agroecological estimation of arable soil (2002), Soil Science Institute.named after Dokuchaev V.V, Moscow, P 252 (In Russian)
- 7 Eleshev R.E. (2014) Worrshop on agricultural chemistry, P 264 Almaty
- 8 Boiko A.T., Karyagin Y.U. (2004) Methodical recomendations. Soy is high-protein crops, OJSC «Vita», P18, Almaty
- 9 Kidin V.V. The features of nutrient status and fertilizer of crops. MM: RGAU-MAA, 2009 P. 412

- 10 The system of agriculture Almaty region – Recommendations (2005),- LLP «Nurly Alem», – P 296, Almaty
- 11 Dospikhov B.A. (1985) Methods of field experience / B.A. Dospikhov, P351, Agropromizdat, Moscow (In Russian)
- 12 Methods of the State Variety Testing crop (1971) Issue 2nd : Grains, legumes, corn and forage crops. – Kolos, Moscow, P 239 (In Russian)
- 13 Bechey G. (2001) Phenological observations were carried out in the morning. Soi. General and guidance on cultivation // Institute of Field and Vegetable-duction, P20, «Soy protein» Novi Sad. (In Russian)
- 14 Novikov A.M., Novikov D.A. (2010) Methodology of scientific research. P280, LIBROKOM, Moscow (In Russian)
- 16 RD 52.18.286-91 method for measuring the mass fraction of water-soluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, manganese) in soil samples by atomic absorption analysis (1991): USSR State Committee for Hydro-meteorology, Moscow, pp 47
- 17 Spirina V.Z., Solovieva T.P. (2014): Agrochemical methods for researching soils, plants and fertilizers. Study guide – Print-house of Tomsk State University, Tomsk, pp 336.
- 18 Suleimenova N.Sh., Zharaspayeva S.M. (2016) Environmental problems of application of fertilizers Ж. Известия НАН РК Серия химии и технологии, Алматы, Volume 2, Number 416, pp 136 – 142
- 19 Gamzikov G.P. (2007) Efficiency of the soybean depending on nitrogen nutrition sources / GP Gamzikov, P. R. Shott, PA Litvintsev // Sib. known, agricultural science, – № 7. – pp. 21-28. (In Russian)
- 20 Yulushev I.G. (2005) «Soil and agrochemical bases of adaptive-landscape systems of agriculture organization VKZP. Grif UMO universities of Russia «Academic Project», Moscow (In Russian)
- 21 Dzanagov S.H.(1999). Efficiency of fertilizers in crop rotation and soil fertility. – P364, Gorsky State University of Agriculture, Vladikavkaz (In Russian)
- 22 Suleimenova N.Sh, Rayymbekova I.K. Ecological aspects of cultivation of soybeans – as a valuable fodder crop. Materials 2 Internat. Scient. conferences, Ukraine, Kamensko-Podolsky, pp 402-404 (In russian).
- 23 Gilewicz S.I. (2011) Scientific basis of conservation agriculture steppe regions of Kazakhstan. Bulletin from the Kazakhstan. № 1, pp. 35-37