

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА НА ДИНАМИКУ ПОДВИЖНОГО КАЛИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Д.И. Ерёмин, д.б.н., ГАУ Северного Зауралья

При длительном использовании зернового с занятым паром севооборота с применением азотных и фосфорных удобрений под яровую пшеницу и овес на планируемую урожайность до 4,0 т/га на фоне заделки соломы стабилизация калийного режима чернозема выщелоченного отмечена только в течение десяти лет. Дальнейшее выращивание зерновых культур на том же агрофоне постепенно снижает содержание подвижного калия в почве, несмотря на запахиваемую солому. Повышение уровня минерального питания (NPK) до 6,0 т/га усиливает поглощение калия из почвы, что негативно сказывается на его запасах уже после двух ротаций севооборота. В условиях лесостепной зоны Зауралья запахивание соломы яровой пшеницы и овса в зерновом с занятым паром севообороте не может стабилизировать калийное состояние чернозема выщелоченного. Это необходимо учитывать при разработке системы удобрения, обеспечивающей воспроизводство плодородия черноземных почв, вовлеченных в пахотный фонд.

Ключевые слова: подвижный калий, чернозем выщелоченный, система удобрения, заделка соломы, яровая пшеница.

Выращивание сельскохозяйственных культур в современном мире предусматривает научно обоснованный подход к выбору системы удобрения, которая является одним из основополагающих факторов повышения урожайности. Использование фиксированных доз минеральных удобрений без учета почвенного плодородия приводит к нарушению оптимального соотношения питательных веществ в почве, что негативно отражается на продуктивности пашни и ее экологическом состоянии [1, 2]. Необходимо учесть и экономический фактор – при внесении удобрений фиксированными дозами происходит их непродуктивный перерасход, что негативно отражается на себестоимости и рентабельности выращиваемой продукции [3].

Расчет удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур предусматривает активное использование имеющихся в почве запасов питательных веществ и сопутствующих выращиванию зерновых культур органических удобрений в виде измельченной соломы. При переходе на органоминеральную систему удобрения можно столкнуться с рядом проблем, связанных с искусственным изменением пищевого режима пахотных почв [4, 5].

Черноземные почвы аграрной зоны Тюменской области характеризуются повышенной и высокой обеспеченностью обменным калием, поэтому сельскохозяйственный товаропроизводитель обычно не использует калийные удобрения на своих полях. Отсутствие необходимости во внесении калия доказывается и расчетами доз удобрений методом элементарного баланса [6]. Однако, при увеличении продуктивности пашни постепенно ухудшается калийное состояние, что в будущем приведет к необходимости корректировки системы удобрения за счет обязательного внесения калия.

Цель исследований – изучить динамику подвижного калия чернозема выщелоченного при длительном использовании органоминеральной системы удобрения на планируемую урожайность яровой пшеницы и овса до 6,0 т/га зерна.

Методика. Стационарный опыт заложен в 1995 г. на маломощном тяжелосуглинистом черноземе выщелоченном, с типич-

ными для Западной Сибири признаками и свойствами [7, 8]. Плотность сложения пахотного слоя чернозема выщелоченного составляет 1,07-1,25 г/см³ (табл.1), подпахотный слой (30-50 см) характеризуется повышенной плотностью. Содержание гумуса в пахотном слое (0-30 см) варьирует от 7,65 до 9,05 %. Глубже – снижается с 4,41 до 0,72-0,54 %. Валовое содержание азота и фосфора в пахотном слое составляет 0,43-0,44 и 0,16-0,18 %, а их запасы достигают, соответственно, 20 и 8,5 т/га. Степень насыщенности основаниями варьирует по профилю в пределах 89-95 %. Максимальная гигроскопичность в метровом слое достигает 10-12 % от объема почвы, при этом запасы недоступной для растений влаги в метровом слое составляют 140-150 мм, а наименьшая влагоемкость – 290-300 мм.

1. Характеристика чернозема выщелоченного опытного поля
ГАУ Северного Зауралья, 2012 г.

Слой, см	Плотность, г/см ³		Гумус, %	Валовые, %		V, %	Физ. глина (<0,01 мм), %	МГ	
	сложения	твердой фазы		Азот	Фосфор			% от объема почвы	
0-10	1,07	2,47	9,05	0,44	0,18	91	46,8	10	40
10-20	1,13	2,45	9,00	0,45	0,18	90	45,3	11	39
20-30	1,25	2,55	7,65	0,43	0,16	89	36,2	11	41
30-40	1,40	2,66	4,41	0,21	0,11	92	46,5	12	29
40-50	1,38	2,6	2,00	0,18	0,10	90	47,5	10	27

Примечание. V – степень насыщенности почвы основаниями, %; МГ – максимальная гигроскопичность, НВ – наименьшая влагоемкость.

Исследования проводили в трехпольном зерновом с занятым паром севообороте (1 – занятый пар (однолетние травы); 2 – яровая пшеница; 3 – овес), развернутом в пространстве и во времени, в четырехкратной повторности, общая площадь делянки 100 м² (4 м x 25 м). Размещение делянок последовательное, их расположение фиксированное и за годы исследований было постоянным. Система обработки почвы отвальная и за весь период исследований не менялась. Удобрения вносили из расчета на планируемую урожайность яровой пшеницы и овса 3,0; 4,0; 5,0 и 6,0 т/га зерна, с учетом запасов питательных веществ в почве. Дозы удобрений корректировали ежегодно и вносили под предпосевную культивацию. Расчет производили методом элементарного баланса на основе ежегодного анализа почвы на содержание NPK. В качестве контроля использовали вариант с заделкой соломы без внесения минеральных удобрений. За годы исследований обеспеченность подвижным калием была высокой и дополнительного его внесения в виде минеральных удобрений не требовалось. В опыте применяли аммиачную селитру и аммофос, где на азот и фосфор приходилось 12 и 52 % соответственно. При уборке зерновых культур солому измельчали комбайном Sampo и запахивали на этих же делянках. Учетная площадь 50 м², для анализа биологической урожайности культур и выхода соломы отбирали снопы, которые обмолачивали вручную и из них отбирали зерно и солому для дальнейшего химического анализа. Однолетние травы убирали в период цветения гороха кормоуборочным комбайном «Полесье» с предварительным отбором снопов для учета биомассы и химического анализа.

Для изучения калийного режима ежегодно отбирали почвенные образцы после уборки урожая возделываемых культур. Отбор образцов проводили в четырех повторениях по пяти точкам на каждом до глубины 40 см.

Подвижный калий в почве определяли по Чирикову (ГОСТ 26207-91); содержание калия в растительных образцах устанавливали методом мокрого озоления с последующей пламенной фотометрией. Статистическую обработку проводили с использованием программного продукта *odn1*, разработанного на кафедре ЭММ и ВТ Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

Результаты исследований и их обсуждение. Перед закладкой опыта содержание подвижного калия по стационару варьировало незначительно от 144 до 166 мг/кг почвы, что соответствовало высокой обеспеченности для зерновых культур (табл.2). К 1998 г. содержание данного элемента питания в слое 0-40 см увеличилось практически во всех вариантах. На контроле повышение за одну ротацию севооборота (1995-1998 гг.) составило 12 % относительно первоначального содержания подвижного калия. Внесение удобрений на планируемую урожайность зерновых культур 3,0, 5,0 и 6,0 т/га способствовало улучшению калийного режима в первые годы исследований – содержание данного элемента питания возросло более чем на 20 % относительно 1995 г. Данный факт объясняется биогенным перераспределением калия под действием ежегодной заправки соломой и высвобождением дополнительного количества калия из валовых форм почвы. Необходимо отметить вариант с планируемой урожайностью зерна 4,0 т/га, где содержание подвижного калия в слое 0-40 см изменилось не так существенно по сравнению с другими вариантами.

2. Содержание подвижного калия в слое 0-40 см чернозема выщелоченного при органоминеральной системе удобрения зернового с занятым паром севооборота, мг/кг почвы

Вариант опыта	Годы						
	1995	1998	2001	2004	2007	2010	2014
Контроль (солома – фон)	152	170	159	144	136	131	101
Фон + NPK на 3,0 т/га	144	176	148	142	132	126	85
Фон + NPK на 4,0 т/га	166	176	176	153	144	130	67
Фон + NPK на 5,0 т/га	156	190	157	138	132	121	86
Фон + NPK на 6,0 т/га	151	186	157	136	130	118	101

Данный факт указывает на то, что калийный режим чернозема зависит в первую очередь от факторов, ускоряющих переход калия из необменных форм в доступное для растений состояние.

По окончании второй ротации севооборота (2001 г.) содержание калия снизилось во всех вариантах и достигло первоначального уровня (1995 г.). Тенденция к стабилизации калийного режима отмечалась только в варианте с внесением удобрений на планируемую урожайность зерна 4,0 т/га, где содержание подвижного калия в слое 0-40 см оставалось на уровне 1998 г. – 176 мг/кг почвы. Данный факт подтверждает наше мнение, что запахиваемая солома не может в полной мере стабилизировать калийный режим пахотного чернозема. Учитывая то, что солому яровой пшеницы и овса постоянно запахивали в тех же вариантах, где она формировалась, содержание подвижного калия начало стабильно снижаться. Минимальное ухудшение было на контроле и в варианте с внесением удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га, где снижение содержания подвижных форм калия не превышало 5 % относительно первоначального. Дальнейшее повышение уровня минерального питания за счет азотно-фосфорных удобрений привело к уменьшению содержания подвижного калия в слое 0-40 см до 136 мг/кг почвы, что на 8-12 % меньше значений 1995 г. Несмотря на то, что к 2004 г. содержание данного элемента питания в почве соответствовало высокой обеспеченности, тенденция к ухудшению калийного режима очевидна.

В 2007 и 2010 гг. содержание подвижного калия в слое 0-40 см пахотного чернозема стабильно снижается, достигая минимальных значений (118 мг/кг почвы) в варианте с внесе-

нием удобрений на планируемую урожайность зерновых культур 6,0 т/га. Через 20 лет его содержание достигло критических величин для пахотных черноземов. В вариантах с планируемой урожайностью 3,0, 4,0 и 5,0 т/га этот показатель снизился до 67-86 мг/кг почвы, что соответствовало средней обеспеченности данным элементом питания. Этот факт указывает на то, что запашка соломой яровой пшеницы и овса не может стабилизировать калийный режим пахотных черноземов лесостепной зоны Зауралья.

Расчет запасов доступного для растений калия показал, что перед закладкой опытов (1995 г.) в слое 0-40 см пахотного чернозема его значение достигало 800 кг/га (рис.1) – варьирование по вариантам было незначительным. Через 20 лет исследований запасы доступного для растений калия на контроле уменьшились на 34% относительно 1995 г.

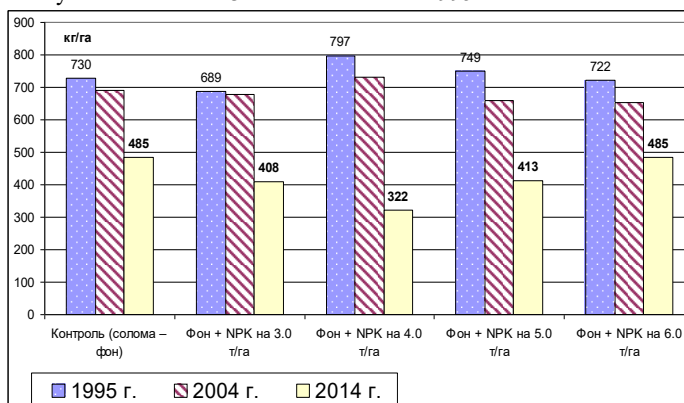


Рис. 1. Динамика запасов подвижного калия в слое 0-40 см чернозема выщелоченного

Таким образом, выращивание зерновых культур без минеральных удобрений приводит к ежегодной потере 12 кг/га подвижного калия при обязательной заправке соломой. Столь сильное уменьшение запасов может компенсироваться за счет перехода калия из валовых форм минеральной части почвы в доступное для растений состояние.

Повышение урожайности зерновых культур увеличивает вынос питательных веществ из почвы. Если дефицит азота и фосфора в условиях лесостепной зоны Зауралья компенсируется минеральными удобрениями, то весь необходимый калий растения берут только из почвы.

За период с 1995 по 2014 гг. в вариантах с внесением удобрений на планируемую урожайность зерна 3,0 и 4,0 т/га расход подвижного калия достигал 281 и 475 кг/га соответственно. Максимальный ежегодный расход данного элемента питания составил 24 кг/га в варианте с NPK на 5,0 т/га зерна. Дальнейшее повышение уровня минерального питания способствовало уменьшению расхода калия – ежегодно потреблялось 12-17 кг/га этого элемента питания. Данный факт обусловлен более высоким возвратом калия при заправке соломой, масса которой в этих вариантах существенно больше ($НСР_{05}=0,5$ т/га).

Средняя урожайность яровой пшеницы на контроле составила 1,91 т/га зерна и 2,64 т/га соломой (рис.2). Урожайность овса была несколько выше – 2,25 и 4,74 т/га, соответственно, что обусловлено биологическими особенностями самого растения: овес лучше поглощает труднорастворимые питательные вещества и формирует более мощную соломинку по сравнению с пшеницей.

Климатические условия северной лесостепи Тюменской области позволяют получить практически во все годы планируемую урожайность 3,0 т/га зерновых культур при использовании современной научно обоснованной системы земледелия [9]. В наших опытах средняя урожайность яровой пшеницы и овса в варианте с NPK на 3,0 т/га была 2,98 и 3,19 т/га соответственно; выход соломой – 4,62 и 7,02 т/га. Дальнейшее увеличение урожайности за счет минеральных удобрений в Зауралье рискованно вследствие неблагоприятных погодных условий в отдельные годы.

За 20 лет исследований получение планируемой урожайности во всех вариантах было только 5 раз (1995, 1997, 2001, 2006, 2011 гг.). Сбор зерна яровой пшеницы и овса в вариантах, где планировалась урожайность свыше 3,0 т/га, составил не более 4,4 и 4,7 т/га соответственно, при выходе соломы до 7,42 и 10,8 т/га в вариантах с максимальной насыщенностью удобрениями.

Необходимо отметить урожайность однолетних трав, которые входят в состав севооборота. Под них удобрения не

применяли – урожай формировался за счет почвенного плодородия и последствия азотных и фосфорных удобрений, внесенных под яровую пшеницу и овес. На контроле выход воздушно-сухой массы горохоовсяной смеси составил 3,89 т/га. Варьирование по годам было от 2,5 до 6,8 т/га. Прибавка от последствия минеральных удобрений за годы исследований составила 28-86 % в зависимости от уровня минерального питания предшествующих культур.

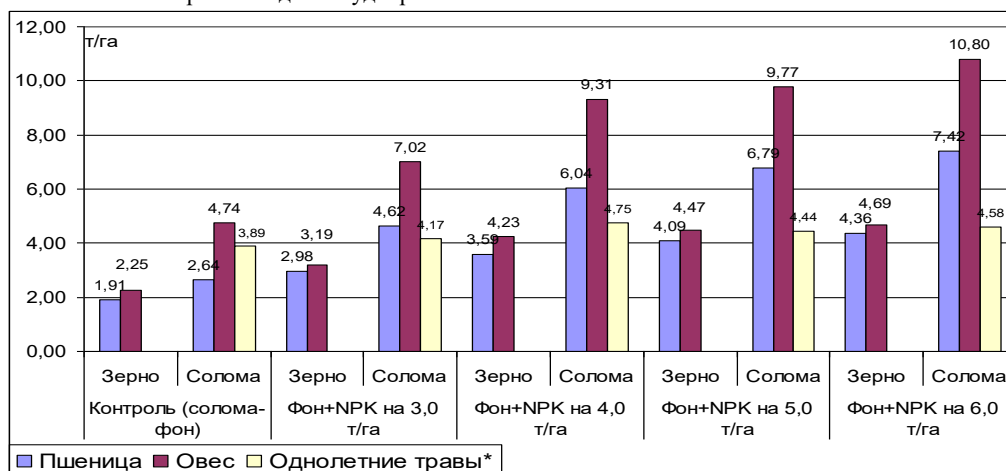


Рис. 2. Биомасса культур зернового с занятым паром севооборота при использовании органоминеральной системы удобрения (1995-2014 гг.)

*Воздушно-сухая масса.

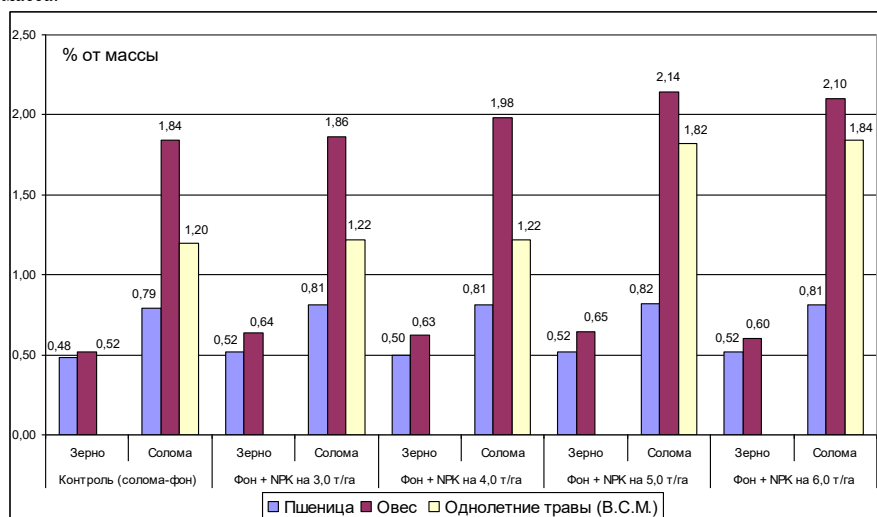


Рис. 3. Содержание калия в культурах зернового с занятым паром севооборота (1995-2014 гг.)

Вынос питательных веществ зависит не только от биомассы, но и от их содержания в растениях. Особенно это касается калия, который неравномерно распределяется по отдельным частям растения. В зерновых культурах максимальная концентрация калия приходится на солому, о чем свидетельствуют данные рисунка 3. С увеличением доз минеральных удобрений содержание калия в зерне возрастает с 0,48 до 0,52 % у яровой пшеницы и с 0,52 до 0,65 % у овса.

В соломе яровой пшеницы и овса, выращенных на естественном агрофоне, содержание калия составляет 0,79 и 1,84 % соответственно. В вариантах с удобрениями данный показатель возрастает, соответственно, до 0,82 и 2,14 %. Различное накопление калия в соломе яровой пшеницы и овса является биологической особенностью растений, которую можно использовать при разработке севооборотов.

Учитывая, что овес эффективнее поглощает калий из почвы, по сравнению с яровой пшеницей [10], на почвах с низкой или средней обеспеченностью калием можно использовать севообороты, насыщенные овсом, с обязательной запашкой получаемой соломы. Это даст возможность отказаться от

применения калийных удобрений и снизить себестоимость получаемой продукции.

Ежегодный анализ содержания калия в соломе, зерне и однолетних травах позволил рассчитать биогенный вынос калия культурами зернового с занятым паром севооборота на протяжении всего периода исследований. За 20 лет на контроле растениями было извлечено 1182 кг калия из пахотного чернозема выщелоченного (рис.4). Отчуждение с урожаем (зерно + однолетние травы) составило 36 % от поглощенного из почвы калия, что соответствовало 425 кг/га, тогда как 757 кг/га калия вернулось в почву вместе с соломой.

Внесение удобрений на планируемую урожайность зерновых культур 3,0 т/га зерна способствовало повышению биогенного выноса калия до 1731 кг/га, что на 46 % больше, чем на контроле. Вынос зерном составил 555 кг/га, а соломой – 1176 кг/га, что соответствовало 68 % от общего потребления.

Биогенный вынос калия в зерновом с занятым паром севообороте, где удобрения вносили на урожайность зерновых культур 4,0 т/га, составил 2291 кг/га, отчуждение с урожаем – 658 кг/га, тогда как возврат данного элемента питания достиг

1633 кг/га. Возврат калия в почву с соломой в этом варианте равен 71 %, а на контроле – 64 % от биогенного выноса.

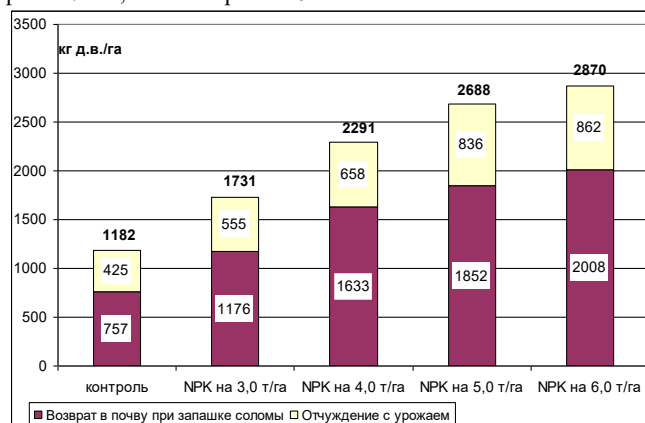


Рис. 4. Биогенный вынос калия культурами зернопарового севооборота (1995-2014 гг.)

Высокий агрофон (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) не изменил существенно возврат калия с соломой – 69-70 % от биогенного выноса. Биогенный вынос в данных вариантах был максимальным – 2688 и 2870 кг/га соответственно, а отчуждение с урожаем достигало 862 кг/га.

Выводы. 1. Длительное использование зернового с занятым паром севооборота (1 – занятый пар (горохо-овес); 2 – яровая пшеница; 3 – овес) с запашкой соломы и при отсутствии минеральных удобрений привело к снижению содержания подвижного калия в слое 0-40 см пахотного чернозема с 152 до 101 мг/кг. Его потери за 20 лет составили 245 кг/га, что соответствовало 12 кг/га в год.

2. Внесение азотно-фосфорных удобрений на фоне запашки соломы увеличивает поглощение подвижного калия культурами севооборота – запасы за 20 лет уменьшились на 33-60 % относительно первоначального уровня. Ежегодное потребление калия составило 12-23 кг/га, достигая максимума в варианте с запашкой соломы и внесением удобрений на планируемую урожайность зерновых 4,0 т/га.

3. В соломе овса, выращенного на удобренном фоне, содержание калия достигает 2,14 %, тогда как в варианте без минеральных удобрений – 1,84 % воздушно-сухой массы. Содержание калия в соломе яровой пшеницы существенно меньше – 0,79-0,81 % (НСР₀₅=0,03) и не зависит от уровня минерального питания.

4. За 20 лет использования зернового с занятым паром севооборота биогенный вынос калия в варианте без минеральных

удобрений составил 1182 кг/га, из которых 757 кг/га (64%) вернулось в почву при запашивании соломы. С увеличением уровня минерального питания вынос калия вырос до 2870 кг/га, при этом его возврат в почву увеличился до 70 %. Ежегодный расход калия из почвы составил 12-24 кг/га, достигая максимума в варианте с NPK на урожайность зерновых 4,0 т/га.

5. Калийный режим пахотного чернозема выщелоченного в лесостепной зоне Зауралья в условиях интенсификации земледелия не может быть полностью стабилизирован за счет запашки соломы зерновых культур. На полях со средней или низкой обеспеченностью обменным калием рекомендуется использовать севообороты с увеличенной долей овса с обязательной запашкой его соломы.

Литература

1. Ерёмин Д.И., Уфимцева М.Г. Рациональное применение минеральных удобрений как фактор экологической безопасности агроценозов //Аграрный вестник Урала. – 2013. – №12. – С. 63-66.
2. Азаров В.Б., Акулов П.Г., Соловченко В.Д., Азаров Б.Ф. Влияние удобрений, способов основной обработки почвы и типа севооборота на динамику содержания подвижного калия в черноземе типичном //Агрохимия. – 2003. – №9. – С. 5-13.
3. Абрамов Н.В., Ерёмин Д.В., Ерёмин Д.И. Агроэкономическое обоснование применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в Северном Зауралье //Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – №5. – С. 11-17.
4. Минеев В.Г., Подколзин А.И. Плодородие черноземов Центрального Предкавказья и пути его регулирования //Агрохимия. – 2010. – №8. – С. 87-95.
5. Кривонос Л.А., Комиссарова И.В. Состояние плодородия старопашотных обыкновенных черноземов Зауралья на начало XX века //Аграрный вестник Урала. – 2009. – №1. – С. 38-39.
6. Абрамов Н.В., Ерёмин Д.И. Проблемы получения максимальной возможной урожайности яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья //Аграрный вестник Урала. – 2009. – №1. – С. 31-34.
7. Абрамов Н.В., Ерёмин Д.И. Агрофизические свойства старопашотных выщелоченных черноземов Тобол-Ишимского междуречья Зауральского плато // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – №2. – С. 11-17.
8. Ерёмин Д.И. Агрогенные изменения водно-физических свойств черноземов выщелоченных восточной окраины Зауральского Плато // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. – 2010. – № 18. – С. 72-76.
9. Лазарев А.П., Скипин Л.Н. Возможности использования климатического фактора на черноземах Западной Сибири //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – №10. – С. 59-64.
10. Дженис Ю.А. Динамика элементов питания в почве в зависимости от норм вносимых удобрений под овес //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – №17-1. – С. 34-35.

EFFECT OF THE LONG-TERM USE OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZING SYSTEMS IN A GRAIN-FALLOW CROP ROTATION ON THE DYNAMICS OF EXCHANGEABLE POTASSIUM IN LEACHED CHERNOZEM

D.I. Eremin

State Agrarian University of Northern Transural, ul. Respubliki 7, Tyumen, 625003 Russia

E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

The stabilization of potassium status in leached chernozem under long-term application of nitric and phosphoric fertilizers for spring wheat and oat (planned productivity to 4.0 t/ha) in the grain-fallow crop rotation on the background of straw plowing was observed only during ten years. The further cultivation of grain crops on the same agricultural background gradually decreased the content of mobile potassium in the soil, in spite of the plowing of straw. Increase in the level of mineral nutrition (NPK) to 6.0 t/ha enhanced the uptake of potassium from the soil, which negatively affected its reserve already after two cycles of crop rotation. Under conditions of the Transural forest-steppe zone, the plowing of wheat and oat straw in the grain-fallow crop rotation cannot stabilize the potassium status of leached chernozem. This fact should be taken into consideration at the development of a fertilizing system ensuring the fertility reproduction of chernozemic soils involved in the arable land resources.

Keywords: mobile potassium, leached chernozem, fertilizing system, straw plowing, spring wheat.