

АГРОХИМИЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

УДК 631.45:631.8(571.6)

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

© 2016 г. М. Л. Бурдуковский¹, В. И. Голов¹, И. Г. Ковшик²

¹Биолого-почвенный институт ДВО РАН, 690022, Владивосток, пр-т 100-летия Владивостока, 159

²Всероссийский НИИ сои, 675027, Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19

Поступила в редакцию 17.06.2015 г.

Изучены агрохимические свойства лугово-бурых (Gleyic Cambisols (Clayic, Aric)) и лугово-черноземовидных почв (Luvic Gleyic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Pachic)) в условиях длительного внесения минеральных и органических удобрений на агрохимических стационарах Приморского края и Амурской обл., заложенных в 1941 и 1962 гг. соответственно. Установлено, что длительное возделывание сельскохозяйственных культур без использования удобрений, а также с внесением высоких доз минеральных удобрений и известки сопровождается процессом дегумификации, увеличением кислотности, снижением суммы обменных оснований. Дополнительное внесение органических удобрений тормозит эти процессы. Проведено сравнение агрохимических показателей лугово-черноземовидных и пойменных луговых (Fluvic Phaeozems (Loamic, Aric, Ochiaquic)) почв двух регионов: Амурской обл. (Россия) и приграничной провинции Хэйлунцзян (Китай).

Ключевые слова: агрохимические показатели почвы, минеральные удобрения, навоз, известь, интенсивное использование почв, лугово-бурые почвы (Gleyic Cambisols (Clayic, Aric)), лугово-черноземовидные почвы (Luvic Gleyic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Pachic)), пойменные луговые почвы (Fluvic Phaeozems (Loamic, Aric, Ochiaquic))

DOI: 10.7868/S0032180X16100051

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее интенсивный рост производства минеральных удобрений в мировом масштабе был отмечен в середине XX в. Причем 50% от всех производимых удобрений потреблялось и потребляется до сих пор тремя странами: США, Индией и Китаем [4, 22]. Применение минеральных удобрений в России, как и в СССР, никогда не было избыточным, хотя по объемам производства в 80-е годы минувшего столетия наша страна занимала ведущую позицию. Только к 1980 г. в СССР уровень использования удобрений приблизился к среднемировому, а после 1990 г. он резко снизился из-за экономического кризиса, последствия которого сказываются до настоящего времени (табл. 1) [8, 29].

В мировой литературе накопилось большое количество фактов, свидетельствующих о негативном влиянии интенсивной химизации земледелия на агрохимические свойства почв, определяющих плодородие. К таким последствиям относятся дегумификация, увеличение кислотности, засоление, нарушение баланса макро- и микроэлементов, ухудшение физических свойств почвы [2, 3, 8, 9, 15, 17, 23].

На сегодня и в обозримом будущем нет полноценной и реальной альтернативы минеральным удобрениям. В связи с этим назрела необходимость комплексного и более глубокого изучения действия удобрений на плодородие почв, урожай и его качество, и в целом на окружающую среду. Наиболее приемлемым объектом для проведения подобных исследований являются опыты с длительным (20 лет и более) применением минеральных и органических удобрений. Такие опыты представляют собой важный источник оценки биологических и биогеохимических параметров стабильности сельского хозяйства, а также служат базой для прогнозирования предполагаемых

Таблица 1. Поставки минеральных удобрений сельскому хозяйству, в пересчете на 100% питательных веществ, кг/га

Район	Год					
	1960	1970	1980	1990	2000	2005
СССР (РФ)	10	46	85	120	4	11
Дальний Восток	11	58	102	126	5	14
Приморье	12	62	100	114	6	17

глобальных изменений не только климата, но и круговорота важных для жизнедеятельности биоты химических элементов, и, наконец, для последующего моделирования конкурентоспособных, экологически оптимальных агроэкосистем [23, 36].

На данный момент в мире проводится не более 300 полевых опытов, длительностью более 20 лет. По результатам инвентаризации агрохимических опытов, проведенной ВНИИА в 2002 г., в России сохранилось 42 сверхдлительных опыта продолжительностью более 50 лет [26], три из них находятся на юге Дальнего Востока: в Амурской обл., Приморском и Хабаровском краях.

Для прогноза деградации почвенного покрова важно наблюдать за изменением физических и химических свойств почвы в условиях интенсивного применения высоких доз удобрений, как это практикуется в современной земледельческой практике Китая (КНР) [5, 27]. Интерес к подобным исследованиям вызван территориальной близостью КНР к восточному региону РФ, что предопределяет сходство почвенно-климатических, генетических, и в какой-то мере экономических условий сельскохозяйственного производства. К тому же в последние годы увеличиваются масштабы использования пахотных почв юга Дальнего Востока китайскими арендаторами, применяющими технологии, для которых характерно интенсивное применение минеральных удобрений и пестицидов. Контроль состояния арендуемых земель по ряду причин практически отсутствует, что провоцирует безответственное отношение к освоению почв. Использованные после аренды участки часто забрасывают, пытаясь получить взамен другие участки с менее деградированными почвами. Подобная ситуация складывается не только на Дальнем Востоке, но и в других регионах России, граничащих с Китаем (Забайкалье, Восточной Сибири).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Основная часть исследований проводилась на территории Приморского края и Амурской обл. Результаты представленной работы получены в период 2009–2013 гг. Почвенные образцы отобрали с трех наиболее насыщенных удобрениями вариантов длительных опытов, заложенных в Приморском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (Приморском НИИСХ) на лугово-бурых почвах (Gleyic Cambisols (Clayic, Aric)) и во Всероссийском научно-исследовательском институте сои (ВНИИ сои) на лугово-черноземовидных почвах (Luvic Gleyic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Pachic)).

Лугово-черноземовидные почвы занимают пониженную часть Зейско-Буреинской равнины и распространены в южной части Амурской обл.

Их общая площадь превышает 700 тыс. га и составляет около 25% площади сельскохозяйственных угодий в Дальневосточном регионе [7].

Гранулометрический состав почв средне- и тяжелосуглинистый. Плотность сложения пахотного горизонта колеблется в пределах 0.9–1.18 г/см³, подпахотного 1.4–1.5 г/см³. Для профиля этих почв характерна четко выраженная структура. Водоустойчивость почвенных агрегатов в пахотном слое высокая и составляет 80–90%, в иллювиальном горизонте она неустойчива и варьирует в пределах 10–75%. Тяжелый гранулометрический состав является основной причиной их переувлажнения при обильном выпадении летних осадков. Это ухудшает условия питания растений и затрудняет проведение агротехнических работ [25, 32]. Для успешного выращивания сельскохозяйственных культур содержание основных микроэлементов, как валовых, так и подвижных, в этих почвах достаточное или высокое, за исключением молибдена [7].

Лугово-бурые почвы имеют морфологические и физико-химические признаки и свойства, близкие как к луговым, так и к бурым лесным почвам. Для них характерна высокая степень гумусированности и дренированности, тяжелый гранулометрический состав. Залегают эти почвы на озерно-аллювиальных отложениях тяжелого гранулометрического состава и формируются под остепненными разнотравно-злаковыми группировками растительности в комплексе с кустарниковыми зарослями. Распространены в основном в пределах Западно-Приморской равнины, а также на территории Среднеамурской равнины в нижнем течении р. Уссури. Эти почвы составляют основной пахотный фонд (в комплексе с луговыми глеевыми) в Приморском крае, где они большей частью приурочены ко второй и третьей надпойменным террасам оз. Ханка на высоте 80–150 м над ур. м. В центральных земледельческих районах Приморья они занимают более 50% сельскохозяйственных угодий [13, 28].

По гранулометрическому составу лугово-бурые почвы относятся к глинистым (содержание глинистых и илистых частиц в верхнем горизонте 80–85%), плотность пахотного горизонта 1.2 г/см³, а подпахотного – 1.5 г/см³, что является причиной их низкой водопроницаемости [7].

Образцы для анализа отбирали из следующих вариантов: 1) контроль – без внесения удобрений; 2) минеральные удобрения (повышенная доза): NPK – на лугово-бурых почвах и NP – на лугово-черноземовидных; 3) органо-минеральные удобрения: NPK + навоз + известь на лугово-бурых почвах и NP + навоз на лугово-черноземовидных. В опыте на стационаре ВНИИ сои калийные удобрения и известь не использовали, поскольку многолетняя практика показала, что

на лугово-черноземовидных почвах они неэффективны [19].

Опыт в Приморском крае был заложен А.Т. Грицуном в 1941 г., к моменту наших исследований удобрения применялись в течение 71 года. За это время (8 полных ротаций 9-польного севооборота) в исследуемых вариантах внесено: навоза 320 т/га, извести 41.6 т/га и минеральных удобрений N2400P2320K1200 (из расчета на действующее вещество) [9]. Опыт с длительным применением минеральных и органических удобрений в Амурской обл. заложен В.Т. Куркаевым в 1962 г. За 50 лет (10 ротаций 5-польного севооборота) в соответствующих вариантах внесено: 240 т/га навоза и минеральных удобрений N1150P1650 (по действующему веществу) [17, 20]. Опыты закладывали в трехкратной повторности, с каждой из которых отбирали смешанный образец почвы на глубину пахотного горизонта. Площадь делянки 150 м².

Для сравнения почв Амурской обл. с аналогичными почвами приграничных районов КНР отобрали образцы пойменных луговых почв (Fluvisc Phaeozems (Loamic, Aric, Oxiaquic)) на территории учебно-опытного хозяйства Государственного образовательного учреждения Дальневосточного государственного аграрного университета (ДальГАУ) в пригороде г. Благовещенска и на опытном поле института земледелия в пригородах г. Хэй-Хэ Хэйлуцзянской провинции, расположенного на противоположном берегу Амура. Лугово-черноземовидные почвы в КНР отбирали в долине р. Фулухэ в 45 км от г. Цицикар.

В усредненных образцах почвы определяли следующие агрохимические показатели: содержание гумуса – по Тюрину, общий азот – по Кьельдалю, реакцию почвенного раствора – потенциметрическим методом (рН KCl), обменные основания – трилометрическим методом, валовые формы калия – рентген-флуоресцентным методом, подвижные формы калия – пламенно-фотометрическим (вытяжка 1.0 н. раствор CH₃COONH₄) [1]. Статистическую обработку результатов анализа осуществляли стандартными методами дисперсионного анализа по Доспехову [11].

Цель работы – изучить особенности влияния длительного применения минеральных и органических удобрений, а также извести на агрохимические свойства пахотных почв юга Дальнего Востока. В первом приближении сравнить степень изменения и деградации сходных в отношении генезиса и географии почв, распространенных в провинции Хэйлуцзян (КНР) и на Дальнем Востоке (РФ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее детально и достоверно из всех негативных последствий интенсивного применения минеральных удобрений в длительных опытах

изучено явление дегумификации почв, то есть снижение содержания гумуса и гумусовых веществ (гуминовых и фульвокислот, а также гуматов) [16, 21]. Дегумификация почв, как правило, сопровождается серьезными экологическими последствиями. Поскольку гумусовые вещества на 52–62% состоят из углерода, при их минерализации образуется CO₂, который способствует формированию парникового эффекта. Считается, что 4% от всего углекислого газа, поступающего в атмосферу, образуется в результате антропогенной деятельности [12, 18].

Гумус чрезвычайно устойчив в атмосферных условиях и при обильном поступлении органических остатков в умеренных (по гидротермическим параметрам) широтах может накапливаться в больших количествах. Такое явление чаще всего можно наблюдать в степной зоне с недостаточным увлажнением, где образуются черноземы, и в луговой зоне с увлажнением, близким к оптимальному. Для луговой зоны характерны луговые и лугово-черноземовидные почвы, широко распространенные в Амурской обл. и частично в Приморье. Значительные площади лугово-черноземовидных почв приурочены к северо-восточным районам КНР, недалеко от российско-китайской границы, занимая вместе с черноземами около 35.2 млн га из 287 млн га сельскохозяйственных угодий [6].

Агрохимическая практика китайских производителей, сложившаяся за последние десятилетия, свидетельствует о том, что при выращивании сельскохозяйственных культур используется большое количество минеральных удобрений, пестицидов и других средств химизации. Например, в начале 2000-х гг. в провинции Хэйлуцзян среднее количество внесенных минеральных удобрений составляло 130 кг/га (с колебаниями от 50 до 1000 кг/га), в Приморском крае – 6.0 кг/га, в Амурской обл. – 6.4 кг/га, в Еврейской автономной области – 15 кг/га [5].

При проведении совместных исследований (с 2005 по 2009 г.) с Шэньянской сельскохозяйственной академией по изучению эффективности торфо-гуминовых удобрений, впервые столкнулись с практикой внесения завышенных доз минеральных удобрений. В полевых опытах их использовали в количествах, не соответствующих возвратному закону Ю. Либиха, превышая вынос вносимых элементов питания в 3–5 раз. Под рис вносили 810 кг/га минеральных удобрений (NPK), а для сои, которая является одной из ведущих культур в провинции Хэйлуцзян, доза одних только азотных удобрений составляла 150 кг/га. Хотя давно известно, что при подкормке сои всего 30 кг/га азота, синтез атмосферного азота клубеньковыми бактериями угнетается, а при дозе 120 кг/га практически прекращается. Поэтому

Таблица 2. Агрохимические показатели лугово-черноземовидной и пойменных луговых почв Амурской обл. (РФ) и провинции Хэйлунцзян (КНР), над чертой – целина, под чертой – пашня (\pm доверительный интервал)

Почва	Страна	Гумус, %	pH KCl	Сумма обменных оснований, смоль(экв)/кг
Лугово-черноземовидная	РФ	<u>6.5 ± 0.2</u>	<u>6.1 ± 0.1</u>	<u>47.1 ± 1.5</u>
		<u>4.5 ± 0.2</u>	<u>5.8 ± 0.1</u>	<u>23.4 ± 1.1</u>
	КНР	<u>4.1 ± 0.2</u>	<u>6.9 ± 0.2</u>	<u>24.0 ± 1.2</u>
		<u>1.3 ± 0.3</u>	<u>5.7 ± 0.1</u>	<u>16.7 ± 0.9</u>
Пойменная луговая	РФ	<u>6.0 ± 0.3</u>	<u>5.3 ± 0.2</u>	<u>25.0 ± 0.8</u>
		<u>3.5 ± 0.1</u>	<u>4.8 ± 0.2</u>	<u>20.0 ± 1.1</u>
	КНР, (по [15])	<u>1.8 ± 0.3</u>	<u>6.3 ± 0.2</u>	<u>20.1 ± 0.6</u>
		<u>2.8 ± 0.1</u>	<u>4.5 ± 0.3</u>	–

под бобовые культуры азот вносят крайне редко и только на очень бедных азотом почвах [5, 31, 33].

В 70-е годы Китай закупил 12 современных заводов по производству мочевины и с учетом всех маломощных предприятий по производству углекислого и сернокислого аммония превратился в ведущую страну, выпускающую азотные удобрения. Это позволило повысить урожаи основных сельскохозяйственных культур. В период с 1970 по 2000 гг. урожайность пшеницы увеличилась в 5 раз, кукурузы – в 4 раза и риса – в 3 раза. В основном это произошло за счет азотных удобрений, так как фосфорные и калийные, из-за крайнего недостатка соответствующего сырья, импортируются в Китай из России и других стран, поэтому в среднем по стране практикуется внесение минеральных удобрений в соотношении N : P : K, равном 5 : 2 : 1 [5, 27, 35]. Кроме того, в быстром истощении почв, судя по темпам снижения количества гумуса, немаловажную роль сыграло полное отсутствие органических удобрений. Даже пожнивные остатки у китайских крестьян убираются с поля, например, в северных провинциях они используются для отопления или утепления жилища [33, 35].

Для иллюстрации сказанного приведем пример оценки содержания гумуса и некоторых агрохимических параметров в однотипных генетически, но разных экологических почвенных условиях, складывающихся в провинции Хэйлунцзян и на Дальнем Востоке России. Как видно из представленных в табл. 2 данных, в лугово-черноземовидных почвах КНР содержание гумуса и сумма обменных оснований даже в целинных вариантах меньше, чем в почвах Дальневосточного региона. По-видимому, это не истинная целина, как описываются данные почвы в первоисточнике [6], а многолетняя залежь. Маловероятно, чтобы в КНР эти почвы сохранились в девственном состоянии, так как они считаются в этой стране наиболее плодородными. В России переселенцы

начали осваивать черноземовидные почвы со второй половины XIX в., или около 150 лет назад, то есть позже китайских и маньчжурских аборигенов.

По величине pH заметно, что освоение и дальнейшее использование почв способствует их подкислению как в России, так и в Китае. Высокое значение pH в последних объясняется тем, что подстилающими породами для лугово-черноземовидных почв КНР служат лёссовые отложения, богатые карбонатами кальция, а для российских аналогов – бескарбонатные покровные глины и суглинки.

В настоящее время общая распространенность обрабатываемых земель в Китае смещается в северо-восточном и северо-западном направлениях, и в этом же направлении снижается экологическое состояние почв и качество получаемой растениеводческой продукции [37]. В ходе совместной работы китайских и российских исследователей при изучении недавно освоенных почв Синьцзян-Уйгурского автономного района (Таримская впадина), которые находились в эксплуатации в среднем около 10–15 лет, обнаружено, что содержание гумуса в них сократилось почти наполовину [15].

В последние годы китайские земледельцы переносят принципы интенсивной химизации на почвы Дальневосточного региона, которые все в больших объемах арендуют в Приморье и Приамурье. Причем им выделяют не бросовые земли, а лучшие плодородные почвы на Ханкайской равнине и вдоль магистральных рек Раздольной, Арсеньевки, Амура и др., о чем обстоятельно и аргументировано изложено в монографии Ганзея [5] и в статье Росликовой [27].

В длительных опытах, заложенных в Дальневосточном регионе, отмечено уменьшение содержания гумуса и других агрохимических показателей почвы с момента закладки опытов (табл. 3).

Таблица 3. Изменение агрохимических свойств почв при длительном применении удобрений

Вариант опыта	Гумус, %	pH KCl	Сумма обменных оснований, смоль(экв)/кг
Лугово-бурые почвы (Приморский НИИСХ, Приморский край)			
Контроль (1968 г.) [23]	5.2	4.3	20.9
Контроль (2013 г.)	4.0 ± 0.2	4.3 ± 0.2	14.7 ± 0.5
НРК (2013 г.)	4.1 ± 0.1	4.1 ± 0.2	16.1 ± 0.7
НРК + навоз + известь (2013 г.)	4.1 ± 0.2	5.3 ± 0.3	18.5 ± 0.4
Лугово-черноземовидных почв (ВНИИ сои, Амурская обл.)			
Контроль (1968 г.) [17]	5.2	5.8	28.9
Контроль (2013 г.)	4.0 ± 0.1	5.1 ± 0.1	19.9 ± 0.5
НР (2013 г.)	3.8 ± 0.1	5.0 ± 0.2	22.5 ± 0.4
НР + навоз (2013 г.)	4.2 ± 0.2	5.1 ± 0.2	23.4 ± 0.6

Но эти процессы идут значительно медленнее, чем в КНР.

За последние 40 лет количество гумуса в почвах опыта в Приморском крае сократилось на 21–23%. Внесение органо-минеральных удобрений практически не повлияло на процесс дегумификации [17, 34]. В Амурской обл. количество гумуса также снизилось, максимальное уменьшение на 27% отмечено в варианте с использованием минеральных удобрений.

Применение таких видов минеральных удобрений, как хлористый аммоний, кальциевая и натриевая селитра, хлористый калий, который особенно популярен, способствует подкислению почвенного раствора. Если при разовом использовании удобрений в небольших дозах существенного изменения pH не наблюдается, то при систематическом происходит сильное подкисление почв [7].

Длительные наблюдения за динамикой кислотности почвенного раствора при продолжительном внесении удобрений показали, что кислотность лугово-черноземовидных почв Амурской обл. с 1968 г. к настоящему времени увеличилась на 12–14%. Повышению кислотности пахотных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве изучаемого региона, в значительной мере способствовало прекращение их известкования с середины 90-х годов.

В почвах Приморья кислотность существенно уменьшалась только в варианте с внесением извести, где величина pH за более чем 40 лет увеличилась с 4.3 до 5.3. В лугово-черноземовидных почвах при использовании минеральных удобрений этот показатель не опускался ниже 5, в то время как в лугово-бурых оподзоленных почвах на соответствующем варианте он снизился до 4, что можно объяснить более высокой буферностью амур-

ских почв и более высокой степени насыщенности их основаниями [9, 19].

Что касается влияния длительного применения удобрений на водно-физические свойства почв, то необходимо подчеркнуть, что систематических исследований по определению гидрофизических показателей в этих опытах не проводилось. Нами обнаружены в литературе только отдельные, весьма малочисленные сведения по определению влажности, плотности твердой фазы почвы и количеству водоустойчивых почвенных агрегатов, полученные в разное время и по разному поводу.

Первые сведения о гидрофизических свойствах длительно удобряемых почв получены в 40-е годы Грицуном на Приморском агрохимическом стационаре после прохождения первой ротации 9-польного севооборота в 1950 г. [10]. Установлено, что на третий год после внесения удобрений количество водоустойчивых, наиболее ценных в агрономическом отношении агрегатов (от 0.25 до 10 мм), увеличилось в пахотном горизонте от 2.3 в контроле и до 8.5% в варианте с внесением навоза. Причем существенное увеличение их количества обнаружено на поле, занятом клевером (соответственно 6.5% на контроле и 14.8% по навозу). На этих же вариантах улучшился водный режим: на контроле в наиболее засушливый период вегетации влажность почвы составила 16.7%, в варианте после внесения навоза – 20.6% [10].

В 1987–1988 гг. Степкиной [30] проведены определения плотности почвы под посевами сои в длительном опыте с внесением удобрений в севообороте на лугово-черноземовидных почвах. Установлено, что использование навоза (24 т/га) и минеральных удобрений способствовало уменьшению плотности почвы. Согласно ее исследованиям, плотность пахотного горизонта под соей на контроле составила 1.8 г/см³, а в варианте с внесе-

нием органо-минеральных удобрений всего 1.09 г/см³, при оптимуме для сои от 1.1 до 1.3 г/см³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних наблюдений установлено, что лугово-бурые и лугово-черноземовидные почвы за 40 лет непрерывного использования в сельском хозяйстве подверглись изменениям по всем исследуемым показателям. Потери гумуса в лугово-бурых почвах составили 21–23%, в лугово-черноземовидных — 23–27%. Внесение органо-минеральных удобрений не способствовало увеличению содержания гумуса.

Длительные наблюдения показали, что в лугово-черноземовидных почвах при использовании минеральных и органо-минеральных удобрений кислотность увеличилась на 12–14%. В лугово-бурых почвах кислотность уменьшилась на 24% только в вариантах с систематическим внесением извести.

Сравнительный анализ лугово-черноземовидной и пойменных почв России и Китая, которые находились в однотипных почвенно-климатических и генетических, но разных агротехнических условиях использования, показал, что применение высоких доз минеральных удобрений, особенно азотных, усилило деградацию почв провинции Хэйлунцзян. Это выразилось в резком уменьшении содержания гумуса, суммы обменных оснований и увеличении кислотности по сравнению с почвами Амурской обл.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
2. *Бакина Л.Г., Чугунова М.В., Зайцева Т.Б., Небольсина З.П.* Влияние известкования на комплекс почвенных микроорганизмов и гумусное состояние дерново-подзолистой почве в многолетнем опыте // Почвоведение. 2014. № 2. С. 225–234. doi 10.7868/S0032180X14020026
3. *Веремеенко С.И., Фурманец О.А.* Изменение агрохимических свойств темно-серой почвы западной лесостепи Украины под влиянием длительного сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 2014. № 5. С. 602–610. doi 10.7868/S0032180X14050244
4. *Войтович Н., Чумаченко И.Н.* Стратегия повышения плодородия почв и применения удобрений // Вестник РАСХН. 2002. № 1. С. 49–53.
5. *Ганзей С.С.* Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и Северо-Востока Китая. Владивосток: Дальнаука, 2004. 231 с.
6. *Герасимов И.П., Ма Юн-Ч.* Генетические типы почв на территории Китайской Народной Республики и их географическое распространение. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 86 с.
7. *Голов В.И.* Кругооборот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2004. 316 с.
8. *Голов В.И.* Экологические проблемы применения удобрений на Дальнем Востоке // Вестник ДВО АН СССР. 1990. № 2. С. 39–46.
9. *Грицун А.Т., Васичева А.Д.* Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства и плодородие лугово-бурой оподзоленной почвы Приморского края // Агрохимия. 1971. № 6. С. 42–48.
10. *Грицун А.Т.* Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964. 440 с.
11. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.
12. *Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н.* Почва как источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. 2006. Т. 76. № 1. С. 14–29.
13. *Иванов Г.И.* Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
14. *Ивлев А.М., Дербенцева В.И., Голов В.И., Трегубова В.Г.* Агрохимия почв юга Дальнего Востока. М.: Круглый год, 2001. 100 с.
15. *Илахун А., Пинань Ж., Зяньдон Ц., Ляшко М.У., Бушуев Н.Н.* Содержание гумуса в почвах Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР // Вестник РАСХН. 2010. № 4. С. 31–32.
16. *Кершенс М., Шульц Э., Титова Н.А.* Динамика гумуса в лёссовом черноземе // Почвоведение. 2002. № 5. С. 601–606.
17. *Ковшик И.Г., Наумченко Е.Т.* Длительное удобрение лугово-черноземовидной почвы и урожайности сои // Земледелие. 2011. № 1. С. 19–20.
18. *Кудеяров В.Н., Демкин В.А., Галичинский Д.А., Горячкин С.В., Рожков В.А.* Глобальные изменения климата и почвенный покров // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1029–1042.
19. *Куркаев В.Т.* Применение удобрений в Приамурье. Благовещенск: Хабар. кн. изд-во, 1965. 72 с.
20. *Куркаев В.Т., Степкина Р.Н., Кузин В.Ф.* Результаты изучения системы удобрения в севообороте на лугово-черноземовидных почвах Амурской области // Вопросы растениеводства в Приамурье. Благовещенск: Хабар. кн. изд-во, 1973. С. 110–120.
21. *Лапа В.В., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М.* Влияние длительного применения удобрений на групповой и фракционный состав гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение. 2011. № 1. С. 111–116.
22. *Макаренко Л.Н.* Интенсификация применения минеральных удобрений в странах Европы: Обзор. М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. 48 с.
23. *Минеев В.Г.* Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 285 с.
24. *Моисеенк, А.А., Тимошинов Р.В., Кушаева Е.Ж.* Изменение свойств почвы и продуктивности севооборота в результате длительного применения разных систем удобрений в условиях Приморского края // Результаты длительных исследований в си-

- стеме географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. № 2. 2012. С. 221–246.
25. *Пустовойтов Н.Д.* Сезонно-мерзлотные почвы и их мелиорация. М.: Наука, 1971. 230 с.
 26. Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями Географической сети опытов Российской Федерации. Вып. 4. М.: ВНИИА, 2012. 68 с.
 27. *Росликова В.И.* О состоянии почвенных ресурсов на приграничных территориях России и Китая // Вестник ДВО РАН. 2012. № 6. С. 114–119.
 28. *Синельников Э. П.* Почвы земледельческой зоны юга Дальнего Востока. Уссурийск: ПГСХА, 1987. 216 с.
 29. *Слабко Ю.И.* Динамика применения удобрений, агрохимических показателей и продуктивности пашни в Приморском крае // Пути повышения ресурсного потенциала сельскохозяйственного производства Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 366–371.
 30. *Степкина Р.Н.* Эффективность систематического применения удобрений в севообороте на лугово-черноземовидных почвах. Благовещенск: ДальГАУ, 2003. С. 31–35.
 31. *Тан Чжунсинь.* Основные технологии возделывания сои в округе Хэй-Хэ (КНР) // Результаты и направления исследований по сое на Дальнем Востоке и в Сибири. Благовещенск: ВНИИ сои, 2012. С. 219–211.
 32. *Терентьев А.Т.* Почвы Амурской области и их сельскохозяйственное использование. Владивосток: Владивостокское кн. изд-во, 1969, 275 с.
 33. *Ульяненко В.В., Лучкин К.В., Лейкин С.Ф., Французова О.А.* Китайская цивилизация как она есть. М.: АСТ “Восток-Запад”, 2005. 496 с.
 34. *Хавкина Н.В.* Гумусообразование и трансформация органического вещества в условиях переменного почвообразования. Уссурийск: Изд-во ПГСХА, 2004. 272 с.
 35. *Li Y., Zhao Y., Guan D.* Land degradation and landscape ecological construction in Liaoning Province // Chin. J. Appl. Ecol. 2001. № 4. P. 601–604.
 36. *Rasmussen P.E., Goulding K., Brown J.R., Grace P.R., Janzen H.H., Körschens M.* Long-term agroecosystem experiments: Assessing agricultural sustainability and global change // Science. 1998. № 282. P. 893–896. doi 10.1126/science.282.5390.893
 37. *Zhang J., Dong W., Wang C., Liu J., Yao F.* Dynamic of China's cultivated land and landcover changes of its typical regions based on remote sensing data // J. Forest. Res. 2001. № 3. P. 183–186. doi 10.1007/BF02856703