

## ПРИМЕНЕНИЕ БЕНТОНИТА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ПОДСОЛНЕЧНИК НА ЧЕРНОЗЁМЕ ЮЖНОМ

Агафонов Е.В.<sup>1</sup>, Мажуга Г.Е.<sup>1</sup>, Горячев В.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», Россия, e-mail: machuga12@mail.ru

На черноземе южном в Ростовской области в 2008-2010 гг. установлено положительное влияние бентонита на свойства почвы и урожайность подсолнечника. Под влиянием бентонита к посеву подсолнечника содержание доступной влаги в метровом слое почвы увеличилось на 3,0-6,2 мм, N-NO<sub>3</sub> в слое 0-60 см – на 7,9-11,8 кг/га, подвижного фосфора – на 5,5-6,8 мг/кг почвы, подвижного калия – на 20-39 мг/кг почвы. Оптимальная доза 10 т/га при внесении под вспашку обеспечила повышение урожайности в среднем за три года на 21,7%, а сбор жира на 22,7%. Внесение на этом фоне весной минеральных удобрений в дозе N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> повысило эффект до 32,1-32,6%. Показана целесообразность ежегодного учета исходной обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия, нитратным азотом для дифференцированного подхода к определению доз бентонита и необходимости применения минеральных удобрений.

Ключевые слова: бентонитовая глина, чернозём южный, подсолнечник, содержание жира, продуктивная влага.

## APPLYING OF BENTONITE AND MINERAL FERTILIZERS IN SUNFLOWER ON THE SOUTH BLACK SOILS (CHERNOZEM REGULAR)

Agafonov E.V.<sup>1</sup>, Goryachev V.P.<sup>1</sup>, Mazhuga G.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Don State Agrarian University, Russia, e-mail: machuga12@mail.ru

Positive effect of bentonite on soil characteristics and sunflower yields was determined on the south black soils in Rostov region in 2008-2010. The content of available moisture in 1-metre soil layer under the effect of bentonite on sunflower seeding increased at 3,0-6,2 mm, N-NO<sub>3</sub> in the layer 0-60 cm at 7,9-11,8 kg/ha, movable P at 5,5-6,8 mg/kg of soil, movable K-at 20-39 mg/kg of soil. Optimal rate of 10 t/ha under applying with ploughing effectively improved yields during 3 years in average at 21,7% and fat collecting at 22,7%. Spring application of mineral fertilizers in rate N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> increased this effect up to 32,1-32,6%. For a differentiated assessment of bentonite rate and mineral fertilizers application it is necessary to have an annual accounting of original soil supply with movable P and K, nitrate N.

Keywords: bentonite clay, south black soils, sunflower, oil percentage, productive moisture.

В последнее десятилетие проявляется тенденция существенного роста применения минеральных удобрений в Российской Федерации. За период с 2006 по 2011 г. оно увеличилось с 1,5 до 2,44 млн тонн, а на 1 га посевов с 19,5 до 31,9 кг/га. Однако внесение органических удобрений остаётся на очень низком уровне. Даже с учетом возврата НРК в почву с растительными остатками дефицит баланса питательных веществ в земледелии страны в среднем за эти годы составил 53,6% [7]. Поэтому актуальным остаётся использование местных агроруд в качестве удобрений и мелиорантов почв. В Ростовской области имеется положительный опыт применения бентонитовой глины на чернозёме обыкновенном под зерновое сорго [1], на чернозёме южном под кукурузу [2] и на тёмно-каштановой почве под озимую пшеницу [6]. Значительное улучшение ряда важных почвенных характеристик под влиянием бентонита способствовало существенному повышению урожайности и улучшению качества этих культур. Опытов по применению бентонита под подсолнечник в регионе ранее не проводилось.

**Цель** настоящей работы - изучение влияния бентонитовой глины, минеральных удобрений и их сочетаний на плодородие чернозёма южного и урожайность подсолнечника.

**Методы исследования.** Исследования проводили в 2008-2010 гг. в полевом севообороте СПК «Мир» Чертковского района Ростовской области. Объектами исследований были бентонитовая глина (БГ) Тарасовского месторождения, почва - чернозем южный, растения районированного простого среднераннего гибрида подсолнечника Бизон. Предшественник подсолнечника – яровой ячмень. Технология возделывания культуры – общепринятая для зоны.

В опыте использовались бентонитовая глина киевской свиты участка Некрыловский (Восточный) Тарасовского месторождения, имеющая следующий состав: вода – 5,62; SiO<sub>2</sub> – 69,34; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 13,32; TiO<sub>2</sub> – 0,70; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,07; FeO – 0,15; CaO – 1,82; MgO – 1,42; MnO – 0,03; K<sub>2</sub>O – 1,41; Na<sub>2</sub>O – 0,37; SO<sub>3</sub> - 0,42; ZnO – 0,003%, рН<sub>вод.</sub> – 7,80. Площадь делянки 25 м<sup>2</sup>, повторность опыта трехкратная. Бентонитовую глину, аммофос и хлористый калий вносили под зяблевую вспашку, аммиачную селитру, а также бентонитовую глину – весной под предпосевную культивацию. Закладку опытов, проведение наблюдений и учёт в течение вегетации осуществляли согласно методике опытов с удобрениями [8].

Исследования проводили полевым и лабораторным методами с использованием следующих методик: отбор проб почвы - ГОСТ-28168-89; общие требования к проведению анализов - ГОСТ-29269-91; гумус – ГОСТ-26213-91; нитратный азот в почве - ГОСТ-26951-86; подвижные формы фосфора и калия в почве по методу Мачигина - ГОСТ 26205-91; ёмкость катионного обмена почв (ЁКО) – ГОСТ-17.4.4.01-84; влажность почвы - ГОСТ-28268-89; математическую обработку полученных результатов выполняли путем дисперсионного и корреляционного анализов.

Почва участка представлена черноземом южным среднесуглинистым на желто-бурых глинах и суглинках. Мощность гумусового горизонта в среднем 45–48 см. Гумуса в слое почвы 0-20 см содержится 2,84–3,32%, слое 20-40 см – 2,88-3,24%. Содержание подвижного фосфора в слое 0–20 см 13,6-25,4, подвижного калия – 300-450 мг/кг почвы. Почва характеризуется высокой ёмкостью поглощения - в 37-44 мг-экв 100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладает Ca – 88% от суммы, Mg содержится 11%. Реакция почвенного раствора слабощелочная – рН 7,5–7,8.

Климат в зоне проведения исследований континентальный с неустойчивым увлажнением. Среднегодовое количество осадков, по данным Чертковской метеостанции, 442 мм. Погодные условия в годы проведения исследований существенно отличались, особенно в течение периода активной вегетации подсолнечника – июнь-август. В 2008 г. условия были благоприятными, увлажнение и температурный режим близки к норме. В 2009

г. за летние месяцы выпало 8 мм осадков при норме 142, а температура была на 1,3 °С выше нормы. В 2010 г. сумма осадков составила 55,1 мм, а средняя температура составила 25,6 °С при норме 20,4 °С. Крайняя засушливость периода вегетации подсолнечника в последние 2 года вызвала очень большой недобор урожая.

**Результаты и их обсуждение.** Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы к посеву подсолнечника в варианте с применением бентонита осенью в дозе 10 т/га в разные годы был выше, чем на контроле, на 3,0-6,2 мм. Преимущество сохранялось до конца вегетации. Это свидетельствует об увеличении водоудерживающей способности почвы под действием бентонита. В целом за вегетацию подсолнечника в среднем за 2008-2010 гг. запас продуктивной влаги в метровом слое почвы на контроле составил 84,0, в варианте БГ 10 т/га – 87,2, в варианте БГ 10 т/га + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> – 86,9 мм.

Перед посевом подсолнечника в слое почвы 0-40 см в 2008 г. содержалось 53,3, в 2009 г. – 73,4, в 2010 г. – 33,0 кг/га нитратного азота. При внесении бентонита осенью в дозе 5 т/га оно повышалось в разные годы на 3,8–20,1; 10 т/га – на 8,0-20,1; 15 т/га – на 8,3-25,7 кг/га. В варианте с весенним внесением бентонита в дозе 10 т/га увеличение было в пределах 4,7–15,1 кг/га и в среднем меньше, чем от осеннего применения такой же дозы, на 3,5 кг/га. В целом за вегетацию подсолнечника в среднем за 2008–2010 гг. на варианте с дозой бентонита 5 т/га увеличение запаса N-NO<sub>3</sub> в слое почвы 0-40 см по сравнению с контролем составило 7,9; 10 т/га – 11,2 кг/га. При дальнейшем повышении дозы изменения незначительны.

Обеспеченность подвижным фосфором в слое почвы 0-20 см к посеву подсолнечника в 2009 г. была низкой – 13,6, а в 2008 и 2010 гг. – средней – 20,1 и 25,4 мг/кг почвы. Внесение бентонита осенью в дозе 5 т/га способствовало поднятию фосфатного уровня почвы в разные годы на 1,7–8,2; в дозе 10 т/га – на 3,7-9,6, в дозе 15 т/га – на 2,8-7,3 мг/кг почвы. Эффект от применения бентонита весной был значительно слабее – 1,6–3,1 мг/кг почвы. В течение вегетации подсолнечника обеспеченность почвы подвижным фосфором снижалась во все годы очень резко – вдвое и больше, но абсолютные различия между вариантами сохранялись, а под действием бентонита, внесённого весной, даже увеличивались.

Поскольку в составе бентонитовой глины нет фосфора, её влияние на фосфатный режим почвы является косвенным. Бентонит содержит около 70% окиси кремния. В результате реакции замещения фосфат-ионов силикат-ионами из труднорастворимых фосфатов кальция и других катионов в почве увеличивается количество подвижных фосфатов. Повышение концентрации монокремниевой кислоты в почвенном растворе коррелирует с увеличением концентрации водорастворимого фосфора в почве. Коэффициент корреляции для различных почв находится в пределах 0,67-0,81 [3].

Анализ данных в целом за вегетацию подсолнечника в среднем за 2008-2010 гг. показывает, что бентонит в дозе 5 т/га способствовал увеличению содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см на 5,5 мг/кг почвы. Эффект от повышения дозы до 10 т/га заметно меньше, а при дальнейшем увеличении дозы фосфатный уровень почвы не изменялся. Это можно объяснить высоким содержанием в бентоните кальция и железа – 1,82% СаО и 5,07% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, которые усиливают обратный процесс - ретроградации фосфатов. Данная тенденция при внесении больших доз, по-видимому, становится доминирующей.

Содержание подвижного калия в слое почвы 0-20 см в 2009 г. - 300 мг/кг почвы - свидетельствует о средней, а в 2008 (448 мг/кг) и в 2010 гг. (450 мг/кг) - о высокой обеспеченности. В бентоните достаточно большая концентрация калия – 1,41% К<sub>2</sub>O, поэтому при его внесении происходило существенное повышение содержания подвижного калия в почве. Хорошо заметно увеличение количества калия в почве при повышении дозы агроминерала до 10 т/га. К концу вегетации общий уровень содержания подвижного калия в почве существенно снижался – в 2008 и 2010 гг. более чем на 100 мг/кг почвы, но различия между вариантами сохранялись.

Урожайность семян подсолнечника в разные годы существенно различалась. В острозасушливые она была очень низкой – в контроле в пределах 0,91-0,93, а в благоприятный по увлажнению – 2,31 т/га (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние бентонитовой глины и минеральных удобрений на урожайность подсолнечника, т/га

Вариант	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее за 2008-2010 гг.		
				урожай ность	прибавка к контролю	
					т/га	%
1. Контроль	2,31	0,93	0,91	1,38	-	-
2. Бг – 5 т/га	2,52	1,21	1,01	1,58	0,20	14,5
3. Бг – 10 т/га	2,65	1,28	1,10	1,68	0,30	21,7
4. Бг – 15 т/га	2,73	1,40	0,90	1,68	0,30	21,7
5. Бг – 5 т/га (вес)	2,53	1,01	0,98	1,51	0,13	9,4
6. Бг – 10 т/га (вес)	2,67	1,08	1,00	1,58	0,20	14,5
7. Бг – 15 т/га (вес)	2,49	1,18	0,99	1,55	0,17	12,3
8. Бг – 10 т/га + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	2,92	1,21	1,35	1,83	0,45	32,6
9. Бг – 10 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	3,05	1,20	1,30	1,85	0,47	34,1
10. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	2,85	1,18	1,21	1,75	0,37	26,8
11. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,92	1,34	1,23	1,83	0,45	32,6
НСР <sub>095</sub>	0,13	0,12	0,08	0,10	-	-

Применение бентонитовой глины осенью в дозе 5 т/га вызвало повышение урожайности в среднем за 2008-2010 гг. на 14,5%. Эффект увеличивался при повышении дозы до 10 т/га. Действие бентонита, вносимого весной, было слабее из-за короткого промежутка времени взаимодействия с почвой. Существенные изменения урожайности произошли при внесении минеральных удобрений в дозе N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> на фоне оптимальной дозы

бентонита. Прибавка урожайности увеличивалась до 32,6%. Повышение дозы  $\text{N}\text{P}$  практически не изменяло её. Минеральные удобрения, вносимые без бентонита, также способствовали существенному повышению продуктивности посевов. Максимальный результат получен от полного удобрения в дозе  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ .

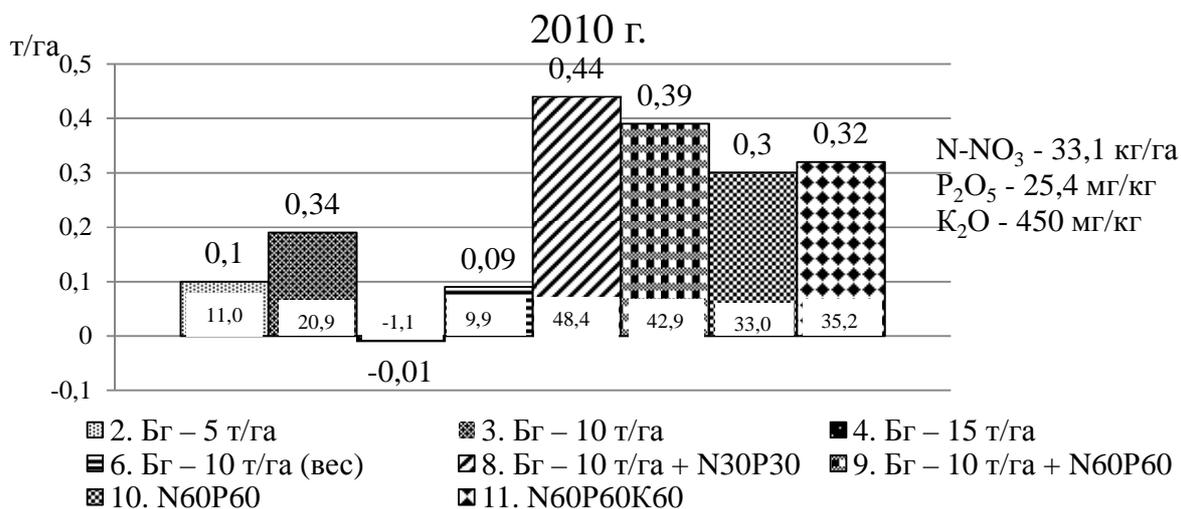
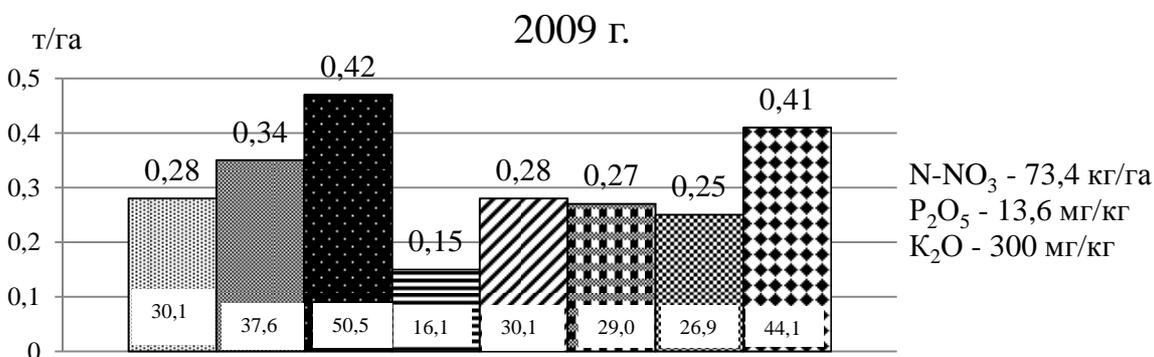
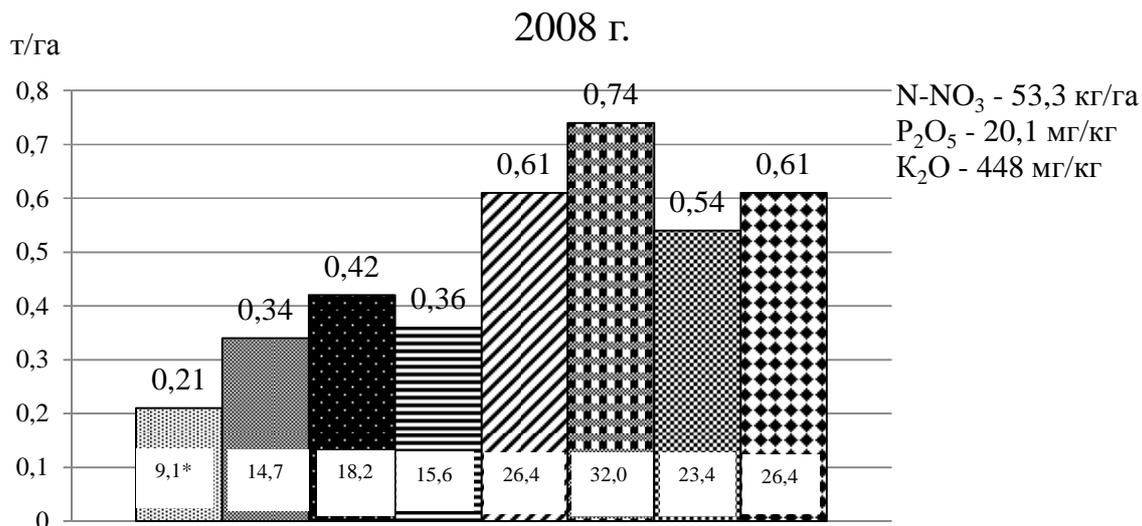
Однако анализ изменений урожайности под действием каждого фактора в каждый год исследований показывает их очень высокую вариабельность (рис. 1). Стабильным был только эффект от повышения дозы бентонита с 5 до 10 т/га при осеннем внесении. Сопоставление полученных результатов с показателями обеспеченности почвы доступными формами основных элементов питания почвы позволяет сделать следующие выводы.

При низком содержании подвижного фосфора в почве в 2009 г. (13,6 мг/кг почвы) было целесообразным увеличение дозы бентонита до 15 т/га, в 2008 г. при 20 мг/кг эффект слабый, а в 2010 г. при 25 мг/кг – нулевой. Применение оптимальной дозы бентонита 10 т/га весной во все годы даёт достоверную прибавку урожая, но только во влажный год она такая же по величине, как при осеннем применении, а в засушливые годы - в два с лишним раза меньше.

На фоне достаточно высокой обеспеченности подсолнечника в 2009 г. почвенным нитратным азотом к началу вегетации - 73,4 кг/га, добавление минеральных удобрений к бентониту вызвало небольшую тенденцию снижения урожайности. В другие годы при более низком содержании  $\text{N-NO}_3$  в почве эффект был положительным, особенно в 2010 г. В варианте БГ 10 т/га +  $\text{N}_{30}\text{P}_{30}$  в этом году получен очень высокий для засушливых условий прирост урожайности в абсолютном и особенно в относительном выражении. Причина заключается в большой несбалансированности питания подсолнечника. На фоне 10 т/га бентонита в почве содержалось 30 мг/кг почвы подвижного фосфора, более 500 мг/кг почвы подвижного калия и лишь 33 кг/га нитратного азота. Увеличение дозы минеральных удобрений до  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$  было нецелесообразным и в этот год.

Применение минеральных удобрений в дозе  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$  на естественном фоне обеспечило существенное повышение урожайности подсолнечника во все годы исследований, а добавление калия было эффективным только в 2009 при самой низкой, в 1,5 раза меньшей, чем в другие годы, обеспеченности почвы подвижным калием.

Приведённый анализ свидетельствует о необходимости дифференцировать предложения по применению бентонита и минеральных удобрений под подсолнечник на чернозёме южном в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания в каждый год.



\* - относительная прибавка урожайности

Рис. 1. Зависимость абсолютных (т/га) и относительных (%) изменений урожайности подсолнечника, вызванных применением бентонита и минеральных удобрений, от обеспеченности почвы элементами питания к началу вегетации.

Внесение бентонита осенью способствовало повышению масличности семян подсолнечника, но незначительно – с 39,5 до 40,3-40,7%. При весеннем внесении агроминерала она не изменялась. Минеральные удобрения вызвали некоторое уменьшение процента жира в семенах, особенно при увеличении дозы до 60 кг/га. Эта тенденция сильнее проявлялась в 2009 г. при существенном преобладании в питательной среде азота над фосфором. В таких условиях содержание сахаров, из которых образуются составные части жира - глицерин и жирные кислоты, снижается вследствие повышенного расхода их на синтез белков [4]. Особенно заметно снижение содержания жира в семенах под влиянием азотных удобрений в условиях недостаточного увлажнения [5]. Именно такая совокупность условий имела место в 2009 г.

Во влиянии бентонита и минеральных удобрений на сбор жира с га отмечены те же закономерности, что и в действии на урожайность. Оптимальная доза бентонита 10 т/га. Этот показатель существенно увеличился от внесения на фоне бентонита  $N_{30}P_{30}$ . Максимальный эффект от минеральных удобрений получен на варианте  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , но он значительно ниже, чем при внесении бентонита в сочетании с  $N_{30}P_{30}$ .

**Заключение.** Применение бентонитовой глины под подсолнечник на чернозёме южном способствует улучшению обеспеченности почвы продуктивной влагой, а также доступными формами азота, фосфора и калия. Оптимальная доза бентонита, вносимого осенью под вспашку, – 10 т/га. Прибавка урожайности семян подсолнечника составила 21,7, а сбора жира с 1 га – 22,7%. Эффект от весеннего применения агроминерала значительно ниже. Существенное увеличение урожайности обеспечило применение на фоне бентонита минеральных удобрений в дозе  $N_{30}P_{30}$ . Достоверно повысилась урожайность подсолнечника и при внесении только минеральных удобрений.

Эффект от применения бентонита и удобрений в разные годы существенно различался, а иногда был прямо противоположным. Сопоставление изменений урожайности с обеспеченностью почвы доступными формами питательных веществ в почве позволяет дифференцировать предложения по их использованию.

При наличии в почве менее 15 мг/кг подвижного фосфора дозу бентонитовой глины можно увеличить до 15 т/га, при большем содержании следует ограничиться 10 т/га. Внесение под предпосевную культивацию минеральных удобрений в дозе  $N_{30}P_{30}$  на фоне 10 т/га бентонита целесообразно при содержании  $N-NO_3$  в верхнем 40-сантиметровом слое почвы не более 60 кг/га. Применение полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  оправданно при содержании подвижного калия в почве менее 350 мг/кг почвы, при более высокой обеспеченности эффективно внесение  $N_{60}P_{60}$ .

## Список литературы

1. Агафонов Е.В., Хованский М.В. Изменение агрохимических свойств чернозёма обыкновенного и урожайность сорго под влиянием бентонита // Проблемы агрохимии и экологии. - 2010. - № 3. - С. 3-6.
2. Агафонов Е.В., Герасименко П.С. Применение бентонита под кукурузу на чернозёме южном // Агрохимия. - 2012. - № 5. - С. 9-15.
3. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях в системе почва-растение : автореф. дис. ... докт. биол. наук. - Пушкино, 2008. - 34 с.
4. Мосолов И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений. - Изд. 2-е., перераб. и доп. - М. : Колос, 1979. - 255 с.
5. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. - 5-е изд., доп. и перераб. - М. : Агропромиздат, 1987. - 494 с.
6. Цыганков А.В. Применение бентонита и минеральных удобрений под озимую пшеницу на тёмно-каштановой почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Пос. Персиановский, 2011. - 22 с.
7. Чекмарев П.А. Состояние плодородия почвы и мероприятия по его повышению // Агрохимический вестник. - 2012. - № 1. – С. 2-4.
8. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. - М. : Колос, 1980. - 366 с.

### Рецензенты:

Назаренко О.Г., д.б.н., профессор, директор Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный центр агрохимической службы «Ростовский», Ростовская область, п. Рассвет;

Новиков А.А., д.с.-х.н., профессор кафедры кадастра и мониторинга земель Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО «ДГАУ МСХ РФ», г. Новочеркасск.