

УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНОГО СЕВООБОРОТА В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

О.А. Минакова, доктор сельскохозяйственных наук, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы имени А.Л. Мазлумова, Воронежская область, Рамонский район, пос. ВНИИСС, 86
E-mail: olalmin2@rambler.ru

Исследовали влияние удобрений в течение длительного периода (1936-2017 гг.) на урожайность культур и продуктивность зернопаропропашного севооборота в условиях лесостепи ЦЧР. Объект исследований – урожайность основной продукции культур зерносвекловичного севооборота (сахарная свекла, озимая пшеница, ячмень, овес, клевер). Показано, что с увеличением длительности применения удобрений значительно возрастала их суммарная эффективность. При прямом действии средняя урожайность корнеплодов сахарной свеклы за 9 ротаций повышалась на 21,6-31,9% относительно варианта без удобрений (контроль). Остаточное действие удобрений в большей степени проявилось на ячмене, средняя урожайность которого увеличилась на 18,4-36,4% от контроля, а менее всего реагировали овес и клевер – повышение соответственно на 10,1-18,4 и 12,7-18,2%. Лучшей дозой удобрений при прямом действии и последствии в севообороте была $N_{135}P_{135}K_{135}$ под сахарную свеклу + 25 т/га навоза в пару. Эффект последствия удобрений в севообороте проявился быстрее всего на ячмене и клевере (через 18 лет), тогда как на озимой пшенице – через 27 лет, прямое действие удобрений на сахарной свекле – через 45 лет. От I к IX ротации отмечено увеличение урожайности большинства культур (на 7,80-50,4%) и продуктивности севооборота (на 10,9-25,4%), наибольшее положительное влияние оказала система $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза.

YIELD OF CROPS AND PRODUCTIVITY OF GRAIN-BEET CROP ROTATION IN THE CENTRAL BLACK-EARTH REGION OF RUSSIA WHEN APPLYING FERTILIZERS FOR A LONG TIME

Minakova O.A., Alexandrova L.V., Podvigina T.N.

The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, 396030, Voronezhskaya oblast, Ramonskiy rajon, pos. VNIIS, 86
E-mail: olalmin2@rambler.ru

Aim of the investigations is to determine influence of fertilizers' application during a long period (from 1936 to 2017) on yield of crops and productivity of grain-arable crop rotation under conditions of the Central Black-Earth region forest-steppe. Object of the investigations is yield of a main crop product in grain-beet crop rotation (sugar beet, winter wheat, barley, oats, clover). Application of fertilizers in the long-term experiment (from 1936 to 2017) revealed that prolongation of fertilizers' using period considerably increased their total efficiency. With direct effect of fertilizers, average for 9 rotations yield of sugar beet roots increased by 21.6-31.9%. After-effect of fertilizers was the greatest for barley which average yield increased by 18.4-36.4% in comparison with the control over the period under investigation. The least response showed oats and clover (10.1-18.4 and 12.7-18.2%, accordingly). For direct effect and after-effect of fertilizers, the best dose of fertilizers was $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 t/hectare of manure. In crop rotation, barley and clover demonstrated the most rapid after-effect (18 years), winter wheat showed the slowest one (27 years). Direct effect of fertilizers for sugar beet was the greatest after 45 years. Between I and IX rotation, increase in yield (by 7.80-50.4 %) and crop rotation productivity (by 10.9-25.4 %) for most of the crops was noted; the system $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 t/hectare of manure had the greatest positive influence.

Ключевые слова: урожайность, продуктивность, севооборот, сахарная свекла, озимая пшеница, ячмень, овес, клевер

Key words: yield, productivity, crop rotation, sugar beet, winter wheat, barley, oats, clover

Действие удобрений обеспечивает повышение урожайности сахарной свеклы относительно варианта без удобрений на 8,81-59,5% [1-4], прибавка урожайности зерновых на удобренных фонах также высокая (до 96,9%), на озимых – большая, чем на яровых [5, 6]. Зачастую в севооборотах удобряют не все культуры, а только пропашные (сахарную свеклу, картофель, кукурузу), которые выносят наибольшее количество элементов питания из почвы. Следующие за ними в севообороте культуры удобрений не получают, но их урожайность также возрастает [7, 8]. Это происходит вследствие как общего повышения эффективного плодородия почвы в севообороте, так и поступления элементов питания, не полностью усвоенных удобренной культурой. В первый год из внесенных удобрений азот и калий усваиваются только на 60-70%, фосфор – на 15-35%, а в целом за ротацию – 70-80% азота, 40-50% фосфора и 80-90% калия [9]. Навоз крупного рогатого скота имеет значительное последствие в течение 2-10 лет [10]. Последствие удобрений в севообороте

усиливается с увеличением их доз и зависит от биологии возделываемой культуры [10, 11]. При сбалансированной системе удобрения в связи с ростом урожайности всех культур (как удобренных, так и использующих остаточное действие удобрений) продуктивность севооборота увеличивается [12-15]. При этом велика доля последствия удобрений, которая достигает 35,6-50,0% [16, 17] и повышается по мере длительности их применения [18].

Целью настоящей работы было установить влияние удобрений в течение длительного периода (1936-2017 гг.) на урожайность культур и продуктивность зернопаропропашного севооборота в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона России.

Методика. Исследования проводили в 1936-2017 гг. в стационарном опыте по внесению удобрений, расположенном на севере Воронежской области в зоне неустойчивого увлажнения лесостепи ЦЧР. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный среднемогучный тяжелосуглинистый. Чередо-

вание культур в 9-польном севообороте: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом клевера – клевер одного года использования – озимая пшеница – сахарная свекла – однолетние травы (горох + овес) – овес. Год закладки опыта – 1936. I ротация была в 1936-1944 гг., II – в 1945-1954 гг., III – в 1955-1963 гг., IV – в 1964-1972 гг., V – в 1973-1981 гг., VI – в 1982-1990 гг., VII – в 1991-1999, VIII – в 2000-2008 гг., IX – в 2009-2017 гг.

Площадь посевных делянок для всех культур севооборота составляла 136,1 м², учетной – 10,8 м² для сахарной свеклы, зерновых – 16,2 м², трав – 5,0 м². Повторность опыта – 3-кратная, размещение вариантов – систематическое. Возделывали районированные сорта и гибриды культур отечественной и зарубежной селекции. Применяли нитроаммофоску (N:P:K = 16:16:16) под сахарную свеклу (2 раза за ротацию севооборота) перед основной обработкой (глубокой вспашкой на 30-32 см), навоз крупного рогатого скота – в черном пару (1 раз за ротацию). Изучали урожайность культур и продуктивность севооборота в 4 вариантах удобрений (N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза, N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза, N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза, N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза) и в контроле (без удобрений). Оценивали суммарную эффективность удобрений при прямом действии (на урожайность сахарной свеклы), а также влияние повышения плодородия почвы на культуры севооборота, не получающие удобрений (ячмень, овес, клевер) или использующие только прямое действие навоза (озимая пшеница).

Климат района исследований – умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением, гидротермический коэффициент увлажнения по Селянинову равен 0,9-1,3.

Результаты и обсуждение. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы повышалась с I по III ротацию и составляла от 26,0-26,8 до 38,6-41,5 т/га, затем не изменялась до VII ротации, где отмечено ее снижение до 27,0-31,2 т/га (рис. а). С увеличением длительности применения удобрений возрастала урожайность (%) корнеплодов: в I ротации – на 4,18-12,1, во II – на 8,50-20,6, в III – на 18,4-27,3, IV – на 23,4-37,5, V – на 30,9-43,0, VI – на 21,6-35,4, VII – на 18,3-32,8, VIII – на 20,3-40,0, IX – на 24,6-35,7. Таким образом, в первые 45 лет удобрения способствовали постепенному увеличению урожайности сахарной свеклы, затем величина показателя стала максимальной и ее колебания можно объяснить изменением погодных условий.

С I по V ротацию наиболее высокая прибавка урожая корнеплодов получена в вариантах N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза и N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза, с VI по IX – N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза и N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза. Это свидетельствует о том, что на урожайность влияли высокие дозы не только минеральных удобрений, но и навоза (50 т/га), которые обеспечивали дополнительное поступление элементов питания, улучшение почвенных условий и, следовательно, благоприятные условия для создания дополнительного урожая. Наиболее высокий уровень урожайности – 40,3-41,5 т/га корнеплодов получен в III, VIII и IX ротациях при внесении N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза.

Во всех вариантах средняя урожайность корнеплодов за 9 ротаций севооборота составила 27,3-36,0 т/га, ее прибавка относительно контроля – 21,6-31,9%. Большой эффект имела доза N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ на фоне 25 т/га навоза (8,7 т/га), чем N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза (5,9 т/га); применение N₉₀P₉₀K₉₀ на фоне 25 т/га навоза обеспечивало повышение урожайности на 6,7 т/га,

N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза – на 7,2 т/га. Динамика урожайности культуры от I к IX ротации выражалась в ее повышении на 39,1-58,2%, в большей степени при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза.

Урожайность зерна озимой пшеницы в I ротации составила 2,44-2,88 т/га (рис. б), в последующие четыре ротации она была на таком же уровне (2,57-2,91 т/га), в VI-VIII ротациях увеличилась до 3,09-4,12 т/га с некоторым снижением в IX ротации до 2,67-3,73 т/га. В I ротации урожайность зерна относительно контроля возросла на 15,6-18,0%, во II – только в варианте N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза на 5,32%, при других системах удобрений прибавок не отмечено. В III ротации урожайность зерна относительно контроля повысилась на 9,40-19,5%, IV – на 37,0-43,0%, V – на 27,7-40,5%; в VI-VIII ротациях прибавка была ниже – соответственно 21,8-28,7; 5,04-15,4; 9,30-11,6%. В IX ротации урожайность вновь увеличилась на 13,9-39,7%. Возможно, в первые 3 ротации последствие удобрений влияло слабо на показатель, максимум проявился в V ротации, а затем эффект стабилизировался, но в IX ротации произошел подъем, возможно, вследствие улучшения погодных условий.

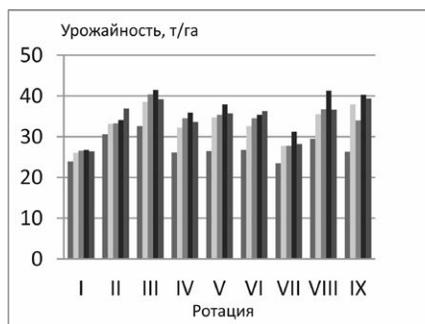
Более всего последствие удобрений на урожайность озимой пшеницы проявилось через 27 лет их применения в севообороте. На всем протяжении опыта самой эффективной была доза N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза, несколько менее – N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза.

Средняя урожайность зерна озимой пшеницы в звене с паром составила 2,85 т/га в контроле и 3,30-3,47 т/га в вариантах с удобрениями. Относительно контроля показатель увеличился в варианте N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза на 15,8%, N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза – на 16,5%, N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза – на 19,6%, N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза – на 20,7%. Урожайность культуры повышалась на 7,80-29,5% от I к IX ротации, в большей степени при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза.

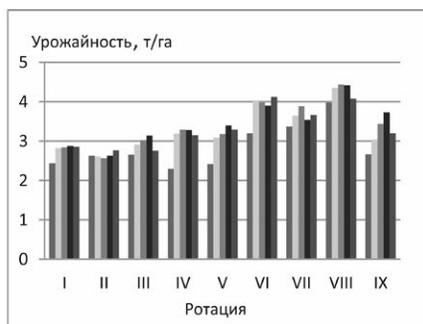
Клевер также положительно реагировал на последствие удобрений в севообороте. В I ротации урожайность его зеленой массы была наиболее высокой – 34,7-36,7 т/га (рис. в), во II-IX ротациях она снижалась до 10,6-25,5 т/га. В I ротации севооборота под влиянием удобрений отмечена только тенденция увеличения урожайности культуры до 5,76%, в дальнейшем она достоверно повышалась: во II ротации – на 14,0-28,5%, IV – на 8,77-11,8%, V – на 12,5-16,0%, VI – на 11,3-20,7%, VII – на 10,1-20,3%, VIII – на 34,1-53,8%, IX – на 17,1-24,4%. Ее рост в VIII ротации, возможно, связан со значительным потеплением в этот период. Динамика урожайности культуры выражалась в снижении в 1,43-1,53 раза от I к IX ротации, более всего при N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза.

Средняя урожайность зеленой массы клевера за девять ротаций составила 18,1 т/га в контроле, в варианте N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза – 20,4 т/га, N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза – 20,8 т/га, N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза – 20,7 т/га, N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза – 21,4 т/га. В вариантах с удобрениями она увеличилась на 12,7-18,2%, более всего при N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза.

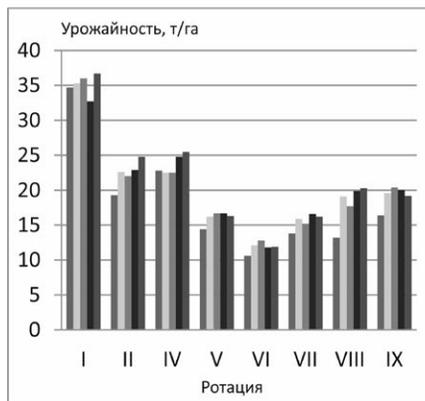
При последствии удобрений в севообороте урожайность зерна овса относительно контроля увеличилась в I ротации на 7,22-15,0% (рис., г), во II – на 9,84-14,7%, III – на 11,1-31,2%, VII – на 7,87-13,5%, VIII – на 3,81-14,9%, IX – на 24,5-38,7%. От I к IX ротации этот показатель снизился в контроле на 18,3%, в варианте N₄₅P₄₅K₄₅ + 25 т/га навоза – на 5,67%, N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза – на 5,97%, N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза – остался неизменным, N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза увеличил



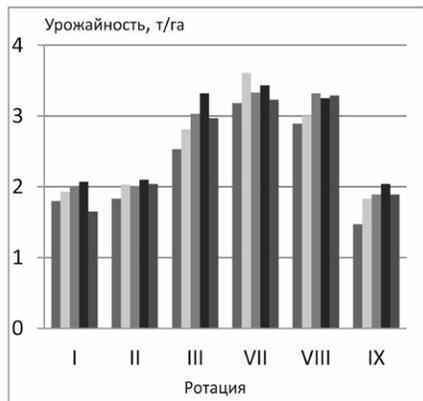
а



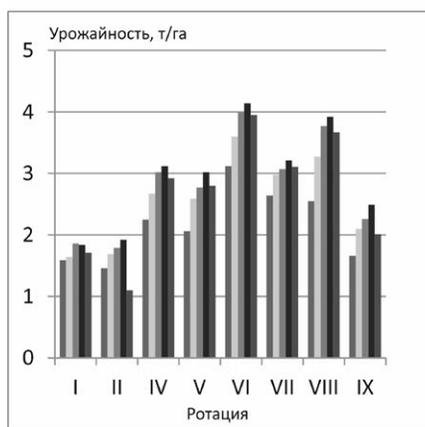
б



в



г



Урожайность (т/га) сахарной свеклы (а), озимой пшеницы в зяле с черным паром (б), зеленой массы клевера (в), овса (г), ячменя (д), 1936-2017 гг.

ся на 14,5%. Максимальная урожайность отмечена в III, VII, VIII ротациях. Лучшим вариантом в последствии в I-III и VI ротациях оказался $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, IV – $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, V – $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза.

В среднем за шесть ротаций урожайность зерна овса в контроле составила 2,28 т/га, при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза – 2,53 т/га, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза – 2,60 т/га, $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза – 2,70 т/га и $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза – 2,51 т/га. Относительно контроля показатель увеличился на 10,1-18,4%, более всего при $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза. Высокая урожайность культуры отмечена уже в III ротации, то есть в среднем через 27 лет от начала опыта. В дальнейшем ее уровень был стабильным, кроме IX ротации, где она

снизилась в абсолютном выражении, в том числе и в контроле, но прибавка относительно варианта без удобрений также была высокой, до 38,7%. Динамика урожайности культуры от I к IX ротации была стабильной в большинстве вариантов, в варианте $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза наблюдалось ее повышение на 14,5%.

Относительно контроля урожайность зерна ячменя повысилась в I ротации на 3,14-17,0% (рис. д), II – на 15,7-31,5%, IV – на 18,7-38,7%, V – на 5,7-46,6%, VI – на 15,4-32,7%, VII – на 12,9-21,6%, VIII – на 28,2-53,7%, IX – на 21,1-50,0%. В вариантах с удобрением она увеличивалась от I к IV ротации, затем от VI к VIII ротациям и несколько снижалась в IX ротации, также и в контроле. С увеличением длительности опыта прибавка урожая ячменя возрастала и была значительной уже после 18 лет последствия удобрений в севообороте, затем еще 27 лет продолжала увеличиваться, в дальнейшем наступала стабилизация с подъемом в 2000 гг. и до настоящего времени. Динамика урожайности культуры от I к IX ротации выражалась в ее повышении на 17,5-35,3%, более всего при $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза.

Средняя урожайность ячменя за девять ротаций составила 2,17-2,96 т/га. Относительно контроля она повысилась в варианте $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза на 18,4% (0,40 т/га), $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза – на 25,8% (0,56 т/га), $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза – на 29,9% (0,65 т/га), $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза – на 36,4% (0,79 т/га).

В I ротации продуктивность севооборота увеличилась на 13,4-19,0% относительно контроля (табл.), в IX ротации – на 24,4-43,0%, более всего при $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза. Повышение продуктивности севооборота от I к IX ротации составило в контроле 4,4%, в вариантах с удобрением – 10,9-25,4%, более всего – при внесении $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза.

Таким образом, применение удобрений в зерносевообороте в течение 81 года (от I к IX ротации) увеличивало урожайность культур, прежде всего сахарной свеклы (на 39,1-50,4%), несколько меньше – ячменя (17,5-35,3%) и озимой пшеницы (7,80-29,5%). Урожайность овса практически не изменялась, лишь в варианте $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза она возросла на 14,5%. Отмечено снижение урожайности клевера в 1,43-1,53 раза. Прямое действие удобрений повышало

Продуктивность севооборота в I и IX ротациях, т/га з.е.

Вариант	I ротация	IX ротация
Без удобрений	3,21	3,35
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + 25 т/га навоза	3,64	4,17
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 25 т/га навоза	3,75	4,22
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ + 25 т/га навоза	3,82	4,79
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + 50 т/га навоза	3,75	4,16

урожайность корнеплодов сахарной свеклы в среднем за 9 ротаций на 21,6-31,9% относительно контроля. Прибавки урожая этой культуры увеличивались с течением времени: максимальными они были через 45 лет от начала опыта, особенно при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза, во II и VI ротациях – N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза.

Урожайность культур, не получающих удобрений (ячменя, клевера, овса) возростала вследствие повышения эффективного плодородия почвы, обеспечиваемого внесением минеральных удобрений и навоза под их предшественники и предпредшественники (2 поля сахарной свеклы и черный пар). Последействие удобрений в севообороте более всего влияло на среднюю урожайность зерна ячменя: увеличение относительно контроля составило 18,4-36,4%, в меньшей степени – на зеленую массу клевера (12,7-18,2%) и овес (10,1-18,4%). Особенно быстро последействие удобрений в севообороте воздействовало на урожайность ячменя и клевера (18 лет), чем озимой пшеницы (27 лет). Рост прибавок урожайности зерновых культур относительно контроля в VIII-IX ротациях по сравнению с предыдущими ротациями объясняется совместным влиянием последействия удобрений в севообороте и генетического потенциала новых высокопродуктивных сортов и гибридов.

Продуктивность севооборота в вариантах с удобрением увеличивалась от I к IX ротации на 10,9-25,4%, особенно при N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза; в IX ротации – на 24,4-43,0% относительно контроля, в I ротации – на 13,4-19,0%. Лучшим вариантом удобрений, обеспечивающих максимальную урожайность культур севооборота и его суммарную продуктивность, следует считать N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ под сахарную свеклу совместно с 25 т/га навоза в пару, который является предпредшественником сахарной свеклы.

Литература

1. Мухина С.В., Балюнова Е.А. Технологии возделывания сахарной свеклы // *Зерновое хозяйство России*. – 2010. – № 6. – С. 65-67.
2. Лукин С.В. Динамика урожайности сахарной свеклы в Белгородской области // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – № 8. – С. 17-18.
3. Дроздова В.В., Редина Н.Е. Влияние минеральных удобрений на питательный режим почвы, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2015. – № III. – С. 1643-1657.
4. Лазарев В.И., Ильин Б.С., Лазарева Р.И., Золотарева И.А. Отзывчивость сельскохозяйственных культур на отдельные виды минеральных удобрений и их

сочетания в длительном стационарном опыте // *Агрохимия*. – 2017. – № 2. – С. 28-33.

5. Бровкин В.И. Влияние удобрений на продуктивность культур пятой ротации зернового севооборота на черноземе выщелоченном Тульской области // *Агрохимия*. – 2008. – № 4. – С. 52-58.
6. Жиленко С.В., Сычёв В.Г. Эффективность системы удобрения озимых зерновых культур на выщелоченном черноземе // *Плодородие*. – 2015. – № 2. – (83). – С. 8-10.
7. Понедельченко М.Н., Соколов Н.С., Воронин А.Н., Сорокина И.Н. Последействие минеральных удобрений на урожайность ячменя // *Аграрная наука*. – 2004. – № 3. – С. 19-21.
8. Понедельченко М.Н., Соколов Н.С., Воронин А.Н., Сорокина И.Н. Последействие минеральных удобрений на урожайность гороха // *Аграрная наука*. – 2004. – № 3. – С. 23-24.
9. Ефимов В.Н., Донских И.П., Царенко В.П. Система удобрения. – М.: КолосС, 2003. – 320 с.
10. Мерзляя Г.Е., Еськов А.И., Тарасов С.И. Действие и последействие систем удобрения с использованием навоза // *Плодородие*. – 2011. – №3. – С.16-19.
11. Удобрения, их свойства и способы использования. / Под редакцией Д.А. Коренькова. – М.: Колос, 1982. – 415 с.
12. Мязин Н.Г., Кошелев Ю.А. Влияние комплексного агрохимического окультуривания на изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного и продуктивность севооборота / *Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых*. – Воронеж, ВГАУ, 2009. – С. 150-157.
13. Волюнкин В.И., Волюнкина О.В. Последействие удобрений в севообороте / *Совершенствование адаптивно-ландшафтных систем земледелия на Южном Урале / Материалы координационного совета по разработке и внедрению адаптивно-ландшафтных систем земледелия*. – Куртамыш, 2013. – С. 120-129
14. Лапа В.В. Плодородие почв и использование в Республике Беларусь // *Плодородие*. – 2014. – № 6. – С. 19-20.
15. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Действие и последействие длительного внесения минеральных удобрений на продуктивность севооборота и баланс макроэлементов в черноземе обыкновенном // *Агрохимия*. – 2015. – № 8. – С. 49-56.
16. Макаров Р.А. Оптимизация пищевого режима типичного чернозема в связи с интенсификацией земледелия / *Автреф. дисс. на соиск. уч. степ. д. с.-х. н.* – М., ВНИИА, 1990. – 43 с.
17. Шрамко Н.В., Вихорева Г.В. Влияние применения удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность севооборотов в условиях Верхневолжья / *Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерномелье. Сб. докладов Всероссийской научно-практической конф., посвященной 75-летию образования Владимирского НИИСХ*. – Суздаль, 2013. – С. 58-62.
18. Храпцов И.Ф., Воронков И.Ф. Эффективность минеральных и органических удобрений на черноземных почвах Западной Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2005. – № 3 (157). – С. 3-9.

Поступила в редакцию 13.02.19
 После доработки 25.04.19
 Принята к публикации 05.06.19