

ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ

© 2024 г. С. И. Тютюнов, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Е. В. Навольнева, кандидат сельскохозяйственных наук, К. В. Дорохин, И. В. Логвинов, А. С. Пойменов

Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук,
308001, Белгород, ул. Октябрьская, 58
E-mail: NavEkaVika@gmail.com

Исследования проводили с целью изучения действия и последствий различных систем удобрений и обработки почвы на основные показатели плодородия чернозема типичного. Работу выполняли в длительном полевом опыте в зернопропашном севообороте в условиях Белгородской области. Почва опытного участка – чернозем типичный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Схема опыта предусматривала изучение действия минеральных удобрений в дозах $N_{64}P_{64}K_{64}$ и $N_{128}P_{128}K_{128}$; органических удобрений с насыщенностью севооборота 8 и 16 т/га севооборотной площади навоза крупного рогатого скота и комбинаций органических и минеральных удобрений. Удобрения применяли на фоне трех способов основной обработки почвы: вспашка, безотвальная и минимальная обработка. За шесть ротаций пятипольного севооборота, без применения удобрений, потери гумуса составили 0,06...0,27%, при фактическом содержании 4,96...5,15%, содержание подвижного фосфора сократилось на 2,8...9,2 мг/кг до 47,6...51,2 мг/кг, а подвижного калия сохранялось практически на исходном уровне – 108,4...116,2 мг/кг. Наилучшее содержание основных питательных элементов в почве обеспечивает использование органоминеральной системы с внесением минеральных удобрений в дозах $N_{64}P_{64}K_{64}$ или $N_{128}P_{128}K_{128}$ на фоне 8 т/га севооборотной площади навоза. При этом содержание гумуса достигает 5,30...5,64%, подвижного фосфора – 222,6...255,1 мг/кг, подвижного калия – 156,6...173,5 мг/кг. При длительном применении навоза с насыщенностью севооборота 16 т/га содержание гумуса составляло 5,34% (в среднем по способу основной обработки почвы), фосфора и калия – 122,0 и 143,3 мг/кг соответственно.

INDICATORS OF SOIL FERTILITY OF CHERNOZEM TYPICAL AFTER PROLONGED USE OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS

S. I. Tyutyunov, E. V. Navolneva, K. V. Dorokhin, I. V. Logvinov, A. S. Poimenov

Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
308001, Belgorod, ul. Oktyabrskaya, 58
E-mail: NavEkaVika@gmail.com

The research was carried out in order to study the effect and aftereffect of various fertilizer systems on the main indicators of fertility of typical chernozem. The work was carried out in a long-term field experience in the grain crop rotation in the conditions of the Belgorod region. The soil of the experimental site is typical medium-sized low-humus heavy loam chernozem on loess-like loam. The scheme of the experiment provided for the study of the effect of mineral fertilizers, in doses of $N_{64}P_{64}K_{64}$ and $N_{128}P_{128}K_{128}$; organic fertilizers with crop rotation saturation of 8 and 16 t/ha of the crop area (s.p.) and combinations of organic and mineral fertilizers. Three methods of basic tillage were analyzed: plowing, non-tillage and minimal tillage. During six rotations of the five-field crop rotation, without the use of fertilizers, humus losses amounted to 0.06...0.27%, with an actual content of 4.96...5.15%; the content of mobile phosphorus decreased by 2.8...9.2 mg/kg, and was at the level of 47.6...51.2 mg/kg; and mobile potassium remained almost at the same level (108.4...116.2 mg/kg). To obtain the optimal content of the main nutrients in the soil, it is necessary to use an organomineral fertilizer system. In particular: the use of mineral fertilizers in doses of $N_{64}P_{64}K_{64}$ or $N_{128}P_{128}K_{128}$ for a background of 8 t/ha of bovine manure (cattle). At the same time, the humus content in these variants reached the maximum value and amounted to 5.30...5.64%, mobile phosphorus 222.6...255.1 mg/kg and mobile potassium 156.6...173.5 mg/kg. Or long-term use of cattle manure with a crop rotation saturation of 16 t/ha. At this level of fertilization, the humus content was 5.34% (on average according to the method of basic tillage), phosphorus and potassium 122.0 and 143.3 mg/kg, respectively.

Ключевые слова: минеральные и органические удобрения, основная обработка почвы, гумус, подвижный фосфор, подвижный калий, длительный полевой опыт.

Keywords: mineral and organic fertilizers, basic tillage, humus, mobile phosphorus, mobile potassium, long-term field experience.

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства увеличивается нагрузка на ключевой элемент агроэкосистемы – почву. Это создает настоятельную необходимость в обеспечении сохранения и восстановления плодородия почвы, которое служит основой сельскохозяйственного производства, формирования высоких урожаев и обеспечения продовольственной безопасности [1].

Для поддержания и восстановления почвенного плодородия необходим системный подход, который предусматривает использование органических (навоз, компост, сидераты и др.) и минеральных (азотных, фосфорных,

калийных и др.) удобрений, а также эффективную обработку почвы [2, 3].

Следует внимательно относиться к содержанию питательных веществ в формах, доступных для усвоения растениями. Поскольку, например, при нехватке доступного фосфора происходит замедление процессов белкового синтеза, в тканях растений наблюдается увеличение уровня нитратного азота и другие негативные процессы [4]. При этом на черноземах для увеличения содержания доступных форм этого элемента на 1 мг на 100 г почвы требуется внести от 80 до 120 кг/га фосфорных удобрений [5]. В условиях недостатка влаги на черноземе

типичном наибольшее влияние на уровень подвижного фосфора в пахотном слое оказывает поверхностная обработка с использованием дисковых борон [6].

Содержание подвижных форм калия в черноземах значительно снижается в пропашных севооборотах и с ростом глубины обработки почвы [7]. Резкое их уменьшение наблюдается в отсутствии калийсодержащих удобрений, а также может быть связано с погодными условиями [8]. Длительное систематическое применение удобрений способствует обогащению верхнего слоя почвы элементами питания в целом.

Среди агротехнологических приемов, оказывающих значительное влияние на состояние почвы, особое место занимает механическая обработка [9]. Известно, что при уменьшении ее глубины наблюдается рост содержания гумуса, подвижного фосфора и калия в почве [10]. Тем не менее при глубокой вспашке формируется более однородный плодородный слой, в то время как при поверхностной обработке происходит дифференциация пахотного горизонта по содержанию ключевых минеральных элементов, необходимых для питания растений [11]. В связи с этим необходимо дальнейшее изучение изменений агрохимических показателей почвы под влиянием разных способов ее основной обработки.

Долгосрочные полевые эксперименты представляют собой мощный инструментарий для анализа изменений плодородия почвы. Они предоставляют объективные и ценные данные, отражающие варьирование агрохимических и агрофизических показателей почвы, которые характеризуют ее плодородие, под воздействием различных факторов.

Цель исследования – оценить влияние продолжительного использования нескольких систем удобрений и действие разных способов основной обработки почвы на ключевые показатели плодородия типичного чернозема в зернопропашном севообороте для оптимизации агротехнических приемов, способствующих воспроизводству плодородия почвы.

Методика. Работу проводили в юго-западной части Центрально-Черноземного района, в условиях долгосрочного полевого эксперимента, заложенного в 1987 г. в Белгородском районе в Белгородской области. Его полная факториальная схема предусматривает изучение трех типов севооборотов с различной насыщенностью пропашными культурами. В представленной работе рассмотрена часть выборки, которая включает данные полученные в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на силос. Один из анализируемых факторов (А) – способ основной обработки почвы (вспашка, безотвальная и минимальная обработка); второй (В) – органические и минеральные удобрения в различных дозах и комбинациях. Объект исследования – чернозем типичный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистой разновидности на лессовидном суглинке. Перед закладкой опыта почва пахотного слоя характеризовалась следующими показателями: содержание подвижного фосфора (по Чирикову) – 67...78 мг/кг, подвижного калия (по Чирикову) – 95...112 мг/кг, гумуса (ГОСТ 26213-91) – 5,2...5,3 %.

Органические удобрения вносили в виде навоза крупного рогатого скота, который заделывали под сахарную свеклу в дозах 40 т/га и 80 т/га, что соответствует насыщенности севооборота 8 и 16 т/га севооборотной площади (с.п.). Минеральные удобрения вносили ежегодно, а их дозы зависели от культуры севооборота. Одинарная доза в расчете на 1 га севооборотной площади составляла $N_{64}P_{64}K_{64}$, удвоенная – $N_{128}P_{128}K_{128}$. Кроме

того, рассматривали следующие сочетания доз органических и минеральных удобрений: навоз 8 т/га с.п. + $N_{64}P_{64}K_{64}$; навоз 8 т/га с.п. + $N_{128}P_{128}K_{128}$; навоз 16 т/га с.п. + $N_{64}P_{64}K_{64}$; навоз 16 т/га с.п. + $N_{128}P_{128}K_{128}$. В качестве контроля использовали вариант без удобрений.

Для оценки изменения плодородия чернозема типичного определяли следующие показатели: содержание общего гумуса (по Тюрину, ГОСТ 26213-91); подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову в модификации ЦИНАО). Для выявления направленности изменений содержания фосфора и калия был проведен расчет их баланса в 6 ротации севооборота. Пробы почвы отбирали после уборки озимой пшеницы на глубину пахотного слоя.

Результаты и обсуждение. Без применения удобрений за шесть ротаций зернопропашного севооборота происходило снижение содержания гумуса, в сравнении с годом закладки опыта, которое составляло от 0,06 % при минимальной обработке почвы до 0,27 % в варианте со вспашкой (табл. 1).

Использование минеральной системы удобрений к шестой ротации увеличивало содержание гумуса в верхнем слое почвы (0...30 см), в сравнении с вариантом без применения удобрений, до 5,16...5,34 % пропорционально дозам удобрений с наибольшей величиной этого показателя на фоне минимальной обработки почвы. Достоверный рост содержания гумуса составил 0,11...0,22 % ($HCP_{05}=0,06$). Если рассматривать динамику изменения во времени, при минимальной обработке почвы содержание гумуса на фоне внесения минеральных удобрений возросло, по сравнению с годом закладки опыта, на 0,12...0,14 %, а при безотвальной, наоборот, сократилось – на 0,10...0,14 %.

Органические удобрения в течение шести ротаций оказали положительное влияние на содержание гумуса в почве. При этом если от минеральных удобрений максимальный в опыте рост составил 0,22 %, то при внесении органических – 0,35 %, содержание гумуса достигало 5,11...5,45 % с большей величиной этого показателя, как и при использовании минеральных удобрений, на фоне минимальной обработки почвы. Согласно результатам математической обработки влияние органических удобрений и способа основной обработки было статистически достоверным. Анализируя временные изменения, следует отметить, что при вспашке и минимальной обработке почвы на фоне 8 т/га севооборотной площади навоза содержание гумуса увеличивалось соответственно на 0,01 и 0,33 %, при 16 т/га – на 0,11 и 0,23 %, а при проведении безотвальной обработки – снизилось на 0,02...0,43 %.

Результаты анализа совместного воздействия минеральных и органических удобрений свидетельствуют о том, что на фоне 8 т/га севооборотной площади подстилочного навоза содержание гумуса с ростом дозы минеральных удобрений увеличивалось на 0,08...0,32 %, по сравнению с одинарной дозой органических удобрений. Самая высокая величина этого показателя (5,64 %) отмечена при сочетании одинарной дозы органических удобрений и двойной минеральных. В варианте с применением 16 т/га севооборотной площади подстилочного навоза рост содержания гумуса от одинарной дозы минеральных удобрений, по сравнению с использованием только органических, составил 0,02...0,17 %. В сочетании с двойной дозой минеральных удобрений такого эффекта не наблюдали. Временная динамика содержания гумуса свидетельствует о положительном действии органоминеральной системы удобрения. Например, разница с годом закладки опыта при использовании максимальных в опыте доз удобрений достигала 0,30 %.

Табл. 1. Влияние агротехнических приемов на содержание гумуса в пахотном слое почвы, %

Уровень удобрения	Вспашка		Безотвальная обработка		Минимальная обработка		Баланс (±), т/га
	год заклад- ки ¹	6 рота- ция	год заклад- ки	6 рота- ция	год заклад- ки	6 рота- ция	
Без удобрений	5,23	4,96	5,22	5,05	5,21	5,15	-0,32
N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	5,18	5,09	5,26	5,12	5,16	5,30	-0,52
N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	5,13	5,18	5,26	5,16	5,22	5,34	-0,66
Навоз, 8 т/га	5,21	5,22	5,13	5,11	4,99	5,32	1,17
Навоз, 8 т/га + N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	5,20	5,33	5,17	5,22	5,20	5,54	0,98
Навоз, 8 т/га + N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	5,06	5,30	5,22	5,36	5,02	5,64	0,85
Навоз, 16 т/га	5,20	5,31	5,68	5,25	5,22	5,45	2,94
Навоз, 16 т/га + N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	5,12	5,33	5,24	5,42	5,27	5,53	2,86
Навоз, 16 т/га + N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	5,22	5,33	5,13	5,30	5,15	5,45	2,84
НСР ₀₅ =0,06							

¹1987 г.

Такое увеличение можно объяснить ростом количества побочной продукции с повышением урожая при высоких дозах удобрений.

Изменение баланса гумуса во времени носило схожую направленность с его фактическим содержанием. Без применения удобрений и с использованием только минеральных форм он был отрицательным. Применение органических удобрений отдельно и в сочетании с минеральными обеспечивало бездефицитный баланс гумуса. Например, при использовании навоза КРС в дозе 16 т/га в шестой ротации он составил 2,94 т/га, что на 3,26 т/га больше, чем на фоне естественного плодородия почвы.

В нашем эксперименте основным источником пополнения фосфора в почве были удобрения. При внесении только их минеральных форм в дозах P₆₄ и P₁₂₈ баланс этого элемента был бездефицитным – соответственно 15,9 и 71,9 кг/га. На фоне естественного плодородия почвы и при использовании только органических удобрений формировался отрицательный баланс фосфора от 1,8 до 31,2 кг/га. В вариантах с совместным внесением минеральных и органических удобрений вынос фосфора значительно возрастал, однако баланс этого элемента оставался положительным и при максимальном уровне удобрённости составил 106,5 кг/га.

Балансовые методы расчета, основанные на учете прихода и расхода питательных элементов, дают только приблизительную картину, поскольку не учитывают такие факторы, как потери в результате фиксации в почве, вымывания и др. или, наоборот, мобилизацию из труднодоступных форм. Поэтому более точным и объективным критерием оценки эффективности системы удобрения служит фактическое изменение обеспеченности почвы минеральным элементом за ротацию севооборота.

Содержание фосфора в год закладки опыта варьировало в пределах 46,7...62,7 мг/кг (табл. 2), что для черноземов типичных находится на границе между группами с низкой и средней обеспеченностью. Систематическое внесение органических и минеральных удобрений способствовало росту величины этого показателя. Оптимальный уровень подвижного фосфора в почве был достигнут при использовании 16 т/га севооборотной площади навоза крупного рогатого скота – от 100,8 до 149,3 мг/кг в зависимости от основной обработки почвы. Применение минеральных удобрений в дозе N₆₄P₆₄K₆₄ или 16 т/га навоза к шестой ротации увеличивало обеспеченность почвы подвижным фосфором до повышенной (101...150 мг/кг). Дальнейшее увеличение содержания этого элемента до 157,5...175,4 мг/кг

и переход почвы в категорию высокообеспеченных (151...200 мг/кг) наблюдали при совместном внесении одинарных доз органических и минеральных удобрений. Использование 8 т/га навоза в сочетании с минеральными в дозе N₁₂₈P₁₂₈K₁₂₈ увеличило содержание подвижного фосфора в почве до 255,1 мг/кг, 16 т/га навоза – до 337,7 мг/кг, что соответствует очень высокой обеспеченности. Наибольшую величину этого показателя отмечали при совместном применении двойных доз обоих видов удобрений по вспашке.

Анализируя действие фактора А (обработка почвы), можно отметить, что вспашка способствовала увеличению содержания подвижного фосфора. Такое воздействие наблюдали на всех уровнях удобрений, за исключением варианта с внесением только N₆₄P₆₄K₆₄. Например, при использовании только минеральных удобрений в дозе N₁₂₈P₁₂₈K₁₂₈ на фоне вспашки содержание фосфора было больше, чем при проведении безотвальной и минимальной обработки, соответственно на 54,4 и на 24,6 мг/кг, при внесении 16 т/га навоза – на 33,5 и 48,5 мг/кг, а в варианте с удвоенными дозами – на 42,2 и 48,2 мг/кг. Это можно объяснить более активным процессом минерализации, который происходит при отвальной обработке почвы.

Долгое время считали, что накопление подвижного фосфора в почве оказывает исключительно положительное воздействие, способствуя росту и развитию растений. Однако результаты последних исследований заставили пересмотреть этот взгляд, особенно в контексте интенсивного земледелия. Оказалось, что чрезмерное накопление фосфора может привести к негативным последствиям для почвы и растительности. Если содержание подвижного фосфора в почве превышает определенный порог, у растений возникает так называемая депрессия фитоценоза, которая сопровождается замедленным ростом, уменьшением биомассы и снижением продуктивности. Критическим уровнем считается концентрация подвижного фосфора в верхнем слое почвы, превышающая 400 мг/кг [12]. В нашем опыте в результате продолжительного и регулярного применения удобрений содержание фосфора в почве на глубине

Содержание подвижного калия при закладке полевого опыта, согласно градиции обеспеченности почв этим элементом, было повышенным и составляло 91,7...108,4 мг/кг. За 34 года исследований без внесения удобрений оно сохранялось на исходном уровне (110,7...116,2 мг/кг). Использование минеральных удобрений независимо от дозы способствовало накоплению калия и росту его содержание в почве, по сравнению с вариантом без удобрений, на 10,0...47,9 мг/кг. Причем если при безотвальной рыхлении почвы это увеличение носило характер тенденции, то на фоне вспашки и минимальной обработки такой рост был достоверным (НСР₀₅=11,04 мг/кг). Внесение навоза также повышало содержание подвижного калия в пахотном слое. При этом его применение в дозе 8 т/га севооборотной площади при всех рассматриваемых обработках почвы обеспечивало тенденцию к росту, а в дозе 16 т/га – достоверное увеличение на 21,9...40,8 мг/кг.

Дальнейшее повышение количества подвижного калия в почве происходило при совместном внесении органических и минеральных удобрений. Использование минеральных удобрений на фоне одинарной дозы органических увеличивало содержание калия, по сравнению с вариантом без применения удобрений, на 27,7...61,2 мг/кг до 156,6...173,5 мг/кг. Наибольшая в опыте величина этого показателя отмечена при орга-

Табл. 2. Влияние агротехнических приемов на содержание подвижного фосфора и калия в пахотном слое почвы, мг/кг

Уровень удобренности	Вспашка		Безотвальная обработка		Минимальная обработка		Баланс, за ротацию (±), кг/га
	год закладки ¹	6 ротация	год закладки	6 ротация	год закладки	6 ротация	
Содержание подвижного фосфора							
Без удобрений	56,8	47,6	54,0	51,2	52,1	49,0	-31,2
N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	54,8	123,8	54,3	141,9	53,2	148,1	15,9
N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	56,1	204,8	51,3	150,4	52,7	180,2	71,9
Навоз, 8 т/га	53,6	113,2	53,0	67,8	47,1	75,7	-17,2
Навоз, 8 т/га + N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	46,7	175,4	50,0	157,5	62,7	168,3	33,5
Навоз, 8 т/га + N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	50,5	255,1	52,2	232,0	55,7	222,6	88,9
Навоз, 16 т/га	50,0	149,3	52,3	115,8	53,1	100,8	-1,75
Навоз, 16 т/га + N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	56,5	253,6	53,8	220,8	57,0	186,9	49,2
Навоз, 16 т/га + N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	50,6	337,7	61,7	295,5	52,4	289,5	106,5
НСР ₀₅ фактора А (обработка)=14,24; фактор В (удобрения)=14,20							
Содержание подвижного калия							
Без удобрений	100,4	112,3	97,5	110,7	108,4	116,2	-73,0
N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	93,5	151,1	97,4	133,4	101,7	131,4	-47,3
N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	94,0	160,2	104,5	120,7	92,5	156,2	-3,0
Навоз, 8 т/га	96,7	126,8	91,7	112,0	103,7	120,0	-67,1
Навоз, 8 т/га + N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	104,4	149,0	100,4	138,4	97,0	152,6	-33,8
Навоз, 8 т/га + N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	92,5	173,5	100,2	159,8	103,0	156,6	9,9
Навоз, 16 т/га	92,7	153,1	101,7	132,6	99,4	144,1	-57,9
Навоз, 16 т/га + N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	101,0	192,7	101,0	163,4	99,0	216,6	-23,9
Навоз, 16 т/га + N ₁₂₈ P ₁₂₈ K ₁₂₈	97,0	229,0	99,0	194,8	96,0	239,9	24,0
НСР ₀₅ : фактор А (обработка)=11,00; фактор В (удобрения)=11,04							

¹для почвенных показателей 1987 г.

номинеральной системе удобрений с двойными дозами – 239,9 мг/кг, что на 123,7 мг/кг больше, чем в варианте без удобрений, и на 143,9 мг/кг, по сравнению с годом закладки опыта.

Рассматривая влияние способа обработки почвы, следует отметить, что при отдельном применении разных видов удобрений выявлено положительное воздействие глубокой обработки почвы с оборотом пласта на накопление подвижного калия в почве. Разница с другими способами обработки при органической системе удобрений достигала 9,0...20,5 мг/кг, при минеральной – 4,0...39,7 мг/кг.

Баланс калия в шестой ротации севооборота был отрицательным практически во всех вариантах, его дефицит составлял от 3,0 кг/га (при внесении N₁₂₈P₁₂₈K₁₂₈) до 73,0 кг/га (без удобрений). Исключением были варианты с совместным внесением органических удобрений с двойной дозой минеральных, на фоне которых положительный баланс калия варьировал в диапазоне 9,9...24,0 кг/га. Отсутствие снижения содержания подвижного калия в почве во всех вариантах опыта, вероятно, обусловлено пополнением его запасов из обменных форм.

Выводы. За 34 года проведения полевого опыта содержание основных макроэлементов в почве достигло высокого и очень высокого уровня. Наилучшие условия для сохранения и воспроизводства плодородия чернозема типичного складывались при использовании органо-минеральной системы удобрений, предусматривающей внесение одной или двух доз минеральных удобрений на фоне 8 т/га севооборотной площади навоза КРС. При этом содержание гумуса достигало максимального в опыте уровня 5,64 %, а обеспеченность основными питательными элементами находилась в пределах оптимальных показателей для чернозема типичного. Кроме того, высокие показатели плодородия почвы отмечали в вариантах с внесением навоза КРС в количестве 16 т/га севооборотной площади.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа финансировалась за счет средств бюджета института. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Кирушин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139.
2. Влияние систем удобрений на показатели плодородия дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья / В. Р. Ямалдинова, Н. Е. Завьялова, Д. С. Фомин и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 1. С. 29–32. doi: 10.31857/S2500-2627-2020-1-29-32.
3. Modeling the impact of climate and fertilizer on barley production / B. A. Taye, F. F. Asfaw, B. G. Yirsaw, et al. // American Journal of Biological and Environmental Statistics. 2021. № 7 (2). P. 44–51.
4. Чекмарев П. А., Лукин С. В. Мониторинг содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотных почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 5–9.
5. Акулов П. Г., Азаров Б. Ф., Соловченко В. Д. Основные свойства черноземов Центрально-Черноземной России // Плодородие черноземов России. М.: ВИУА, 1998. С. 340–363.
6. Хусайнов Х. А., Тунтаев А. В., Елмурзаева Ф. Д. Содержание подвижного фосфора в черноземе типичном при различных приемах основной обработки и применения средств химизации и биологизации // Плодородие. 2023. № 1. С. 22–25.
7. Тютюнов С. И. Влияние основных факторов системы воспроизводства плодородия почв на содержание подвижного калия в черноземе типичном юго-западной части ЦЧР / С. И. Тютюнов, Е. В. Навольнева, В. В. Навальнев и др. // Земледелие. 2023. № 2. С. 8–12. doi: 10.24412/0044-3913-2023-2-8-12.
8. Сокаев К. Е., Бестаев В. В. Мониторинг плодородия основных типов и подтипов почв республики Север-

- ная Осетия – Алания на реперных участках // Плодородие. 2013. № 6. С. 31–33.
9. Влияние различных систем обработки почвы и удобрения на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы / А. А. Романенко, В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 26–29.
10. Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Морозов А. Н. Влияние способа основной обработки на плодородие почвы при возделывании ярового ячменя // Агрохимический вестник. 2023. № 3. С. 30–35.
11. Пегова Н. А., Владыкина Н. И. Изменение показателей плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы при разных системах обработки // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 6. С. 72–76.
12. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв / В. И. Титова, Л. Д. Варламова, Е. В. Дабахова и др. // Агрохимический вестник. 2011. № 2. С. 3–6.

Поступила в редакцию 25.08.2024

После доработки 08.10.2024

Принята к публикации 22.10.2024