

Динамика гумуса и макроэлементов в почве в зависимости от удобрения сои

Виталий Геннадьевич Грицина, Екатерина Геннадьевна Котлярова, Елена Владимировна Ковалева

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, г. Белгород, Россия
e-mail: vitalii-gricina@mail.ru

Аннотация. Проведена сравнительная оценка действия компоста соломопостного (20 т/га), аммиачной селитры (30 кг/га N) и микроудобрения Азосол 36 Экстра на показатели продуктивности сои и плодородия почвы в юго-западной части Черноземья. В результате трехлетних исследований установлено, что применение компоста приводило к положительному балансу гумуса и макроэлементов почвы, повышению урожая и сбора белка. Наибольшая величина нетто-баланса органического вещества отмечалась при применении компоста с аммиачной селитрой – 0,52–0,68 %. Кроме этого варианта прирост легкогидролизуемого азота в почве обусловлен совместным использованием минеральных удобрений – от 3,3 до 8,2 мг/кг. Перевод по группировке в более высокий класс обеспеченности по содержанию и подвижного фосфора (163–196 мг/кг), и обменного калия (125–168 мг/кг) связан с действием компоста, применение которого привело к повышению содержания элементов на 36–47 мг/кг и 5,4–43 мг/кг соответственно. Вероятно, что продуктивность раннеспелого сорта сои Ланцетная обусловлена усвоением азота преимущественно из минеральных удобрений, тогда как среднеспелый сорт Белгородская 48 более отзывчив на применение компоста. Комплексное применение органических и минеральных удобрений под сою обеспечило наибольшую урожайность независимо от сортовой принадлежности сои (3 т/га) и положительную динамику показателей чернозема типичного.

Ключевые слова: соя; сорт; органические и минеральные удобрения; урожайность; гумус; азот; фосфор; калий.

Для цитирования: Грицина В. Г., Котлярова Е. Г., Ковалева Е. В. Динамика гумуса и макроэлементов в почве в зависимости от удобрения сои // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 4–9. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp4–9>.

AGRONOMY

Original article

Dynamics of humus and macronutrients in soil depending on soybean fertilization

Vitaliy G. Gritsina, Ekaterina G. Kotlyarova, Elena V. Kovaleva

Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia.
e-mail: vitalii-gricina@mail.ru

Abstract. The comparative assessment of the straw-litter compost (20 t/ha), ammonium nitrate (30 kg/ha N) and micro-fertilizer Azosol 36 Extra effect on soybean productivity and soil fertility in the southwestern part of the Chernozem region was carried out. Three years research found that using compost led to the positive balance of soil humus and macronutrients, increased yield and protein harvesting. The highest value of the soil organic matter net-balance was observed under using compost with ammonium nitrate – 0,52-0,68 %. In addition to this variant, the increase in easily hydrolyzed nitrogen in the soil was due to the combined use of mineral fertilizers – from 3.3 to 8.2 mg/kg. The transfer by grouping to a higher supply class in terms of both mobile phosphorus (163-196 mg/kg) and exchangeable potassium (125-168 mg/kg) was associated with the action of compost, which contributed to increasing the element content by 36-47 mg/kg and 5,4-43 mg/kg, respectively. It was likely that the productivity of the early-ripening soybean variety Lancetnaya was due to the nitrogen assimilation mainly from mineral fertilizers, while the mid-ripening variety Belgorodskaya 48 was more responsive to the compost using. The complex application of organic and mineral fertilizers for soybeans provided the highest yield regardless of the soybean variety (3 t/ha) and the positive dynamics of typical chernozem indicators.

Keywords: soybean; variety; organic and mineral fertilizers; yielding capacity; humus; nitrogen; phosphorus; potassium.

For citation: Gritsina V. G., Kotlyarova E. G., Kovaleva E. V. Dynamics of humus and macronutrients in soil depending on soybean fertilization. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(5): 4-9. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp4–9>.

Введение. Производство сои в мире с 1987 г. возросло на 350 % и достигло почти 400 млн т (2018 г.) [15]. Соя занимает преобладающую долю общего объема производства масличных культур – 61 % [16]. Значительное расширение производства культуры в мире и стране связано с повышением востребованности сои различными отраслями промышленности и животноводства благодаря высокому содержанию белка, жира и многих других полезных веществ. Пятикратный рост посевных площадей культуры за последние десять лет в Белгородской области способствовал расширению набора хороших предшественников и повышению содержания в почве биологического азота – 20–40 кг/га [10, 14]. В настоящее время соя входит в группу культур с наибольшей доходностью, вследствие чего сельхозтоваропроизводители стремятся к получению высоких урожаев.

Очевидно, что соя – культура, позволяющая наиболее эффективно решать проблему белка. В связи с этим регулирование внутрипочвенных процессов трансформации азота является актуальной научной задачей. Рациональное управление питательным режимом почвы при возделывании сои заключается в подборе и оптимальном применении различных видов удобрений с учетом следующих факторов: увеличение урожайности и получение экологически и экономически обоснованного объема продукции; усиление роли симбиотического аппарата; повышение плодородия почвы [1].





Продукционный потенциал сои значителен – 4–5 т/га семян и более [3, 13]. Для его достижения требуется большое количество элементов питания. Несмотря на высокую обеспеченность сои азотом благодаря азотфиксации – до 50-70 % от потребности [4, 5], этого недостаточно для реализации биопродукционного потенциала.

Содержание в почве органического вещества и его качественный состав во многом определяет плодородие почвы, состояние его агрофизических, агрохимических и биологических показателей, продукционные возможности, санитарные функции, буферность и способность к дезактивации негативных воздействий. Благодаря органическому веществу оптимизируются процессы накопления и мобилизации элементов питания и их сопряженность с требованиями растений и почвенной биоты. Пополнение почвы органическим веществом – основа воспроизводства плодородия и рационального использования минеральных удобрений. Органические удобрения, будь они животного или растительного происхождения, – это всегда удобрения комплексные, имеющие в своем составе весь набор макро- и микроэлементов в соотношении, очевидно, благоприятном для растений изначально, учитывая их родственную природу. Органические удобрения, в том числе на основе птичьего помета – основа повышения плодородия почвы [8, 9, 11, 12]. Отмечается также положительное влияние таких удобрений и на продуктивность сои [11, 12]. Кроме того, рациональное применение соломопометного компоста может быть экономической альтернативой постоянно дорожающим минеральным удобрениям.

Изучение влияния различных видов и сочетаний микро- и макроудобрений на продуцирование соей белка и симбиотического азота выявили неоднозначные мнения. Некоторые исследователи полагают, что применение удобрений, особенно азотных угнетают азотфиксацию [5, 6]. Другие, наоборот, считают, что такие удобрения являются своего рода «пусковым механизмом» симбиотической активности [7, 10].

Цель исследования – проведение сравнительной оценки действия органических, минеральных и микроудобрений на продуктивность сои и показатели плодородия почвы, результаты которой будут способствовать совершенствованию системы удобрения ценной зернобобовой культуры.

Методика исследований. Исследования проводили на опытном поле Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина в 2014-2016 гг. в зерновом севообороте: соя – озимая пшеница – гречиха – просо. Почва опытного участка – чернозем типичный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 5,1 %; $\text{pH}_{\text{кол}}$ 6,0; содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 125-167 и 128-133 мг/кг почвы.

Двухфакторный опыт по схеме 2×8 . Фактор А (сорт): Ланцетная (раннеспелый) и Белгородская 48 (среднеспелый). Оригинатором сортов сои является Белгородский ГАУ. Фактор В (удобрение): 1) контроль – без применения удобрений; 2) компост соломопометный (здесь и далее компост); 3) компост + Аммиачная селитра (Naa); 4) компост + Naa + Азосол; 5) компост + Азосол; 6) Naa + Азосол; 7) Naa; 8) Азосол. Компост (20 т/га) вносили осенью под основную обработку почвы, которую выполняли дисковой бороной БДТ-5,4 на глубину 10–12 см. Аммиачную селитру в дозе 30 кг д.в./га вносили весной под предпосевную культивацию. Обработку микроудобрением Азосол 36 Экстра в дозе 2 л/га проводили 2 раза по вегетации в фазы третьего тройчатого листа и бутонизации. Общая площадь делянок составляла 37 м², учетная площадь – 25 м², повторность трехкратная. Уход за посевами включал: первая химическая обработка в фазу образования первого тройчатого листа препаратами: Квикстеп 0,8 л/га + Хармони 6 г/га + Тренд 90 + Вантекс 60 мл/га; вторую химическую обработку проводили в фазу 3–4-тройчатого листа препаратом Фюзилат Форте 1 л/га.

Учитывая сроки внесения изучаемых удобрений: осень (соломопометный компост), весна (аммиачная селитра) и лето (Азосол 36 Экстра), когда в период посева невозможно установить влияние некоторых из них, было принято решение оценить действие и взаимовлияние органических и минеральных удобрений на плодородие почвы по динамике его показателей с момента внесения компоста до уборки сои. Агрохимические исследования выполнены в лаборатории Белгородской ГСХА: содержание гумуса (ГОСТ 26213-91), легкогидролизуемый азот – по Корнфилду, подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову (ГОСТ 26204-91). Статистическая обработка результатов исследований проводилась методом дисперсионного анализа с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. Вследствие присущей органическому веществу почвы инерции наиболее информативный результат его динамики возможен спустя длительный период, кратный ротации севооборота. Тем не менее, в севообороте присутствуют культуры разнонаправленного влияния на уровень воспроизводства данного показателя. Ценность сельскохозяйственных культур возрастает с увеличением их почвовосстанавливающей способности, которая зависит и от выбора агротехнических приемов.

Учитывая значение органического вещества для плодородия почвы, крайне важно оценить динамику его содержания при применении органических и минеральных удобрений и их совместного использования под сою.

Результаты трехлетних исследований свидетельствуют, что отрицательный баланс органического вещества отмечался в контрольном варианте без удобрений (–0,94 %) и при применении только некорневой подкормки Азосолом (–0,22 %), табл. 1. Это вполне объяснимо, поскольку как в первом, так и во втором случае в почву не привносились удобрения, и для формирования урожая использовалось потенциальное плодородие чернозема типичного, что приводило к минерализации органического вещества.

При внесении в почву удобрений отмечался положительный баланс, величина которого значительно изменялась по вариантам опыта. Наибольшая величина прироста органического вещества была на вариантах совместного применения компоста и аммиачной селитры – 0,52–0,68 %.

Азосол приводил к небольшому снижению показателя, очевидно, вследствие большей урожайности сои при применении трехкомпонентного удобрения. Такое же влияние Азосол оказывал и при совместном его применении в двухкомпонентных вариантах с компостом и аммиачной селитрой. По сравнению с обособленным применением компоста значение баланса уменьшалось на 0,04 %, аммиачной селитры – на 0,1 %.



Можно предположить, что микроэлементное удобрение способствовало дополнительной мобилизации элементов питания из органического вещества почвы. Это могло быть следствием и возросшей урожайности сои, и усилением активности симбиотического аппарата, которое отмечалось на вариантах применения Азосола [1, 10].

Сортовая специфичность в отношении баланса органического вещества почвы проявлялась в том, что положительная его величина при возделывании среднеспелого сорта Белгородская 48 сохранялась только на вариантах применения компоста, и его совместного использования с аммиачной селитрой в двух- и трехкомпонентном удобрении – 0,25–0,82 %. Как уже отмечалось, Азосол снижает эффективность компоста, в данном случае – до отрицательного баланса (–0,12 %). Отрицательный баланс также отмечался при применении минеральных удобрений. Очевидно прирост коревой системы и микробиологического пула не компенсирует недостаток органических удобрений.

Раннеспелый сорт Ланцетная способствует поддержанию положительного баланса органического вещества на всех вариантах внесения удобрений в почву. Можно предположить, что формирование урожая сорта с более коротким вегетационным периодом идет в большей степени за счет минерального азота удобрений и почвы. Подтверждение этому отрицательный баланс по содержанию легкогидролизующего азота в почве под раннеспелым сортом, кроме двух вариантов совместного применения компоста и аммиачной селитры. Эти варианты удобрений способствуют переводу в другой класс обеспеченности почвы – из низкого в средний – и сохранение такого статуса до конца вегетации 155,0–159,4 мг/кг почвы (табл. 2). Это обусловлено максимальным поступлением азота в почву за счет внесения этих видов удобрений.

Сопоставление данных по балансам органического вещества и азота в почве под среднеспелым сортом Белгородская 48, особенно на вариантах «компост + Азосол» и «аммиачная селитра + Азосол», подтверждает предположение, что для формирования фитомассы и урожая семян данный сорт преимущественно использует азот органического вещества почвы. При применении этих вариантов удобрений динамика данного элемента положительная – 9,1–14,1 мг/кг почвы, а органического вещества – отрицательная.

В целом можно предположить, что при формировании урожая сои применение органических и минеральных удобрений по отдельности не компенсировали потребность культуры в азоте. На этих вариантах, так же, как и в контроле, наблюдалась отрицательная динамика содержания легкогидролизующего азота (–4,9–6,9 мг/кг почвы). Совместное внесение в почву компоста и аммиачной селитры, а также комплексное применение минеральных удобрений способствовало поддержанию положительного баланса элемента в почве, величина которого в двухкомпонентных удобрениях с аммиачной селитрой составила 3,3–3,5 мг/кг, при применении всех видов удобрений – 8,2 мг/кг. При этом формировалась и наибольшая урожайность сои – 3,0 т/га (табл. 3).

Положительная динамика содержания легкогидролизующего азота в почве может свидетельствовать о достаточном обеспечении (об отсутствии недостатка) растений сои этим элементом питания, определяющим накопление белка в

Таблица 1

Динамика содержания органического вещества в почве в зависимости от удобрения сортов сои

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)						В среднем по фактору В		
	Ланцетная			Белгородская 48					
	1	2	баланс	1	2	баланс	1	2	баланс
Контроль б/у	5,31	4,23	-1,08	5,51	4,70	-0,80	5,41	4,47	-0,94
Компост	5,38	5,68	0,30	5,53	5,79	0,25	5,45	5,73	0,28
Компост + Naa	5,31	5,84	0,53	5,43	6,25	0,82	5,37	6,05	0,68
Компост + Naa + Азосол	5,34	5,73	0,39	5,37	6,01	0,65	5,35	5,87	0,52
Компост + Азосол	5,35	5,96	0,60	5,42	5,30	-0,12	5,39	5,63	0,24
Naa +Азосол	5,07	5,53	0,46	5,56	5,25	-0,31	5,31	5,39	0,07
Naa	5,17	5,67	0,50	5,61	5,43	-0,17	5,39	5,55	0,17
Азосол	5,33	5,16	-0,17	5,26	4,99	-0,27	5,30	5,08	-0,22
В среднем по фактору А	5,28	5,48	-	5,46	5,47	-	-	-	-
HCP ₀₅ А HCP ₀₅ В	F _φ < F _τ	F _φ < F _τ	-	-	-	-	F _φ < F _τ	0,71	-

Примечание: 1 - перед внесением компоста; 2 - в период уборки.

Таблица 2

Динамика содержания легкогидролизующего азота в почве в зависимости от удобрения сортов сои

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)						В среднем по фактору В		
	Ланцетная			Белгородская 48					
	1	2	баланс	1	2	баланс	1	2	баланс
Контроль б/у	146,2	142,0	-4,3	154,2	146,9	-7,3	150,2	144,4	-5,8
Компост	154,2	145,8	-8,4	152,7	147,4	-5,3	153,5	146,6	-6,8
Компост + Naa	148,9	155,0	6,1	162,2	162,7	0,6	155,5	158,9	3,3
Компост + Naa + Азосол	150,2	159,4	9,2	156,6	163,8	7,2	153,4	161,6	8,2
Компост + Азосол	158,8	143,5	-15,4	145,5	159,6	14,1	152,1	151,5	-0,6
Naa +Азосол	146,2	144,1	-2,2	148,3	157,4	9,1	147,2	150,7	3,5
Naa	148,7	141,3	-7,4	153,4	147,0	-6,4	151,0	144,1	-6,9
Азосол	145,7	138,0	-7,7	140,3	138,3	-2,0	143,0	138,2	-4,9
В среднем по фактору А	149,9	146,1	-	151,6	152,9	-	-	-	-
НСП ₀₅ А НСП ₀₅ В	F _φ < F _τ	6,26	-	-	-	-	F _φ < F _τ	12,52	-

Примечание: 1 - перед посевом; 2 - в период уборки.



семенах. Косвенное подтверждение этому наибольшее содержание белка в семенах и раннеспелого, и среднеспелого сортов в вариантах применения компоста и аммиачной селитры – 38,8–39,2 %. Очевидно именно органический компонент удобрения обеспечил наиболее оптимальный режим продуцирования и запасаения белков, поскольку при совместном применении аммиачной селитры и Азосола, несмотря на положительную динамику содержания легкогидролизуемого азота, содержание белка в семенах обоих сортов было минимальным, превосходя только контрольный вариант – 34,6–36,0 %.

Оптимальная обеспеченность азотом растений сои зависит не только от количества его доступных для растений форм в почве, но и от сбалансированного поступления подвижного фосфора и обменного калия.

Значение фосфора в жизни растений трудно переоценить. Это незаменимый элемент, играющий важную роль в обменных процессах, процессах фотосинтеза, дыхания, способствующий симбиотической фиксации азота. Вследствие чего во многих исследованиях была установлена высокая отзывчивость сои на фосфорные удобрения [13].

Анализ содержания подвижного фосфора в черноземе типичном при возделывании сои показал, что почва опытного участка относится к классу повышенного содержания элемента – от 111 до 133 мг/кг (перед внесением компоста).

При внесении компоста отдельно или вместе с минеральными удобрениями к уборке культуры произошло увеличение содержания подвижного фосфора в почве и перевод ее по группировке на градацию выше – в высокий класс обеспеченности (163–196 мг/кг). Кроме варианта «компост + Азосол» под раннеспелым сортом Ланцетная.

Следует отметить, что динамика содержания подвижного фосфора в почве под посевами изучаемых сортов в основном имела сходные черты и не зависела от сортовой принадлежности. Отмечался отрицательный баланс в контрольном варианте без удобрений и при применении минеральных удобрений, что вполне справедливо, поскольку в данных вариантах фосфор не вносился в почву, а рост и развитие растений происходило за счет потенциального плодородия чернозема типичного. В результате при применении аммиачной селитры отдельно и вместе с Азосолом к уборке по обеспеченности подвижным фосфором (77–87 мг/кг) почва относилась к более низкому классу – среднему, так же, как и в случае применения некорневой подкормки на среднеспелом сорте (100 мг/кг).

Таким образом, на динамику содержания подвижного фосфора в почве оказали влияние в основном удобрения. Прирост элемента в почве связан с внесением компоста и составил от 36 до 47 мг/кг, очевидно всецело обеспечив биопродукционный процесс этим элементом питания (рис. 1).

Величина отрицательного баланса содержания подвижного фосфора в черноземе типичном при применении минеральных удобрений (от -7 до -32 мг/кг) вероятно обусловлена уровнем азотного питания и, в конечном итоге, продуктивностью культуры.

Для растений калий так же необходим, как азот и фосфор. Калий участвует в фотосинтезе и переносе его продуктов, регулировании водного режима растений, способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам и симбиотической активности, урожайности семян сои и содержания в них белка.

Анализ динамики содержания в почве обменного калия указал на принципиальное сходство его с балансом подвижного фосфора, очевидно вследствие сопряженности их потребления растениями сои в зависимости от вносимых удобрений. Положительный баланс содержания обменного калия также отмечался на всех вариантах с внесением соломопoметного компоста: от 5,4 мг/кг в случае однокомпонентного удобрения до 21–43 мг/кг – при совместном применении компоста с минеральными удобрениями (рис. 2). Без дополнительного внесения калийсодержащих удобрений, динамика содержания обменного калия в почве была отрицательной от -7 до -22 мг/кг, кроме варианта применения Азосола на раннеспелом сорте Ланцетная (6,2 мг/кг). Не считая количественных значений это единственное отличие между сортами по данному показателю.

До внесения удобрений почва участка характеризовалась пограничным состоянием по обеспеченности обменным калием между повышенным и высоким: содержание элемента изменялось от 112 до 125 мг/кг. На вариантах с

Таблица 3

Показатели продуктивности сортов сои в зависимости от уровня удобрения

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	урожайность, т/га	содержание белка, %	сбор белка, кг/га	урожайность, т/га	содержание белка, %	сбор белка, кг/га
Контроль б/у	2,46	35,3	868	2,58	33,7	869
Компост	2,88	37,6	1083	2,86	36,9	1055
Компост + Naa	2,81	39,1	1099	2,93	38,8	1137
Компост + Naa + Азосол	3,01	39,2	1180	3,04	39,0	1186
Компост + Азосол	2,79	37,6	1049	3,01	36,8	1108
Naa + Азосол	2,84	36,0	1022	2,90	34,6	1003
Naa	2,79	36,7	1024	2,86	36,1	1032
Азосол	2,71	38,1	1033	2,81	36,3	1020
В среднем по фактору А	2,79	37,5	1045	2,88	36,5	1051
НСП ₀₅ А	0,16	1,21	-	-	-	-
НСП ₀₅ В	0,33	2,42	-	-	-	-

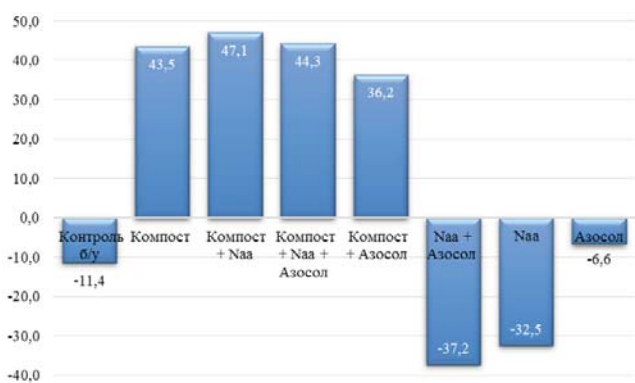


Рис. 1. Баланс содержания подвижного фосфора в почве, мг/кг

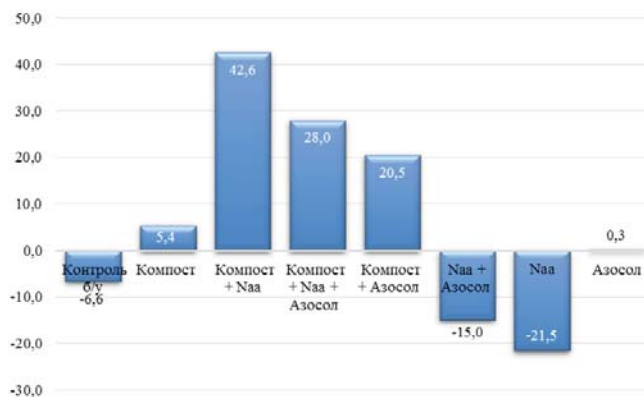


Рис. 2. Баланс содержания обменного калия в почве, мг/кг

внесением компоста содержание обменного калия повысилось до 125–168 мг/кг и относилось к высокому классу обеспеченности.

Заключение. В результате трехлетних исследований установлено, что без внесения удобрений в почву на контрольном варианте и при применении некорневой подкормки отмечался отрицательный баланс органического вещества –0,94 и –0,22 % соответственно. Наибольшая величина прироста органического вещества в почве была на вариантах совместного применения компоста и аммиачной селитры –0,52–0,68 %. Сочетание компоста и аммиачной селитры, а также комплексное применение минеральных удобрений способствовало поддержанию положительного баланса легкогидролизуемого азота в почве от 3,3 до 8,2 мг/кг. Анализ динамики органического вещества и азота позволили предположить, что для формирования урожая раннеспелый сорт сои Ланцетная преимущественно использовал азот минеральных удобрений, тогда как среднеспелый сорт Белгородская 48 более отзывчив на применение компоста. Внесение компоста также обусловило увеличение содержания подвижного фосфора в почве на 36–47 мг/кг и обменного калия на 5,4–43 мг/кг. Это способствовало переводу по группировке на градацию выше – в высокий класс обеспеченности по содержанию и подвижного фосфора (163–196 мг/кг), и обменного калия (125–168 мг/кг). Повышение уровня удобренности посевов сои на основе использования соломопоемного компоста способствовало положительной динамике органического вещества и элементов питания (NPK) в черноземе типичном, формированию наибольших урожайности (3 т/га), содержания белка (39,0–39,2 %) и его сбора (1,2 т/га).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние агрохимикатов на урожайность и качество сои при выращивании по технологии No-till / А.А. Низкодубова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 50–54.
2. Грицина В.Г., Котлярова Е.Г. Урожайность, качество семян и доходность сортов сои в зависимости от уровня удобренности // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 4(16). С. 52–63.
3. Кузнецов И.И., Амелин А.В. Потенциальные возможности продукционного процесса растений сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона России // Вестник ОрелГАУ. 2012. № 2(35). С. 11–13.
4. Маркетинговое исследование: Рынок сои за 2015–2019 гг. Белгород, 2020. 19 с.
5. Таов М.Л. Действие условий минерального питания на продуктивность и качество зерна сои // Бюллетень ВИУА. 2001. № 115. С. 162–163.
6. Хамоков Х.А. Влияние минеральных удобрений на показатели фотосинтетической и симбиотической деятельности посевов сои, гороха и вики // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (159). С. 30–34.
7. Эффективность выращивания сои с применением удобрений и биопрепарата на черноземе обыкновенном в условиях орошения / О.Г. Шабалдас [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 48–53.
8. Эффективность применения почвенных кондиционеров и удобрений при возделывании яровой пшеницы / И.С. Полетаев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 2. С. 38–43.
9. Agrochemical Substantiation of the Inclusion of Bird Droppings under Grain Maize at Different Tillage In Terms of the South - Western Part of the Central Black Earth Region / S.D. Litsukov [et al.] // Bioscience Biotechnology Research Communications. 2019. Special Issue Vol 12 (5). P. 152–160.
10. Formation of the Simbiotic Apparatus and Yield of Soy Varieties Depending On the Level of Fertilization / E.G. Kotlyarova [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2017. Vol. 8. Iss. 4. P. 1156–1164.
11. Impact of Cover Crops and Poultry Litter on Selected Soil Properties and Yield in Dryland Soybean Production / S. Pokhrel [et al.] // Agronomy. 2021. Vol. 11. P. 119. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010119>
12. Impact of Long Term Fertilization on Soil Properties and Soybean Productivity in a Vertisol / Jaleendra Bairwa // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2020. Vol. 9(9). P. 527–536.
13. Phosphorus and Potassium Uptake, Partitioning, and Removal across a Wide Range of Soybean Seed Yield Levels / A.P. Gaspar [et al.] // Crop Science. 2017. Vol. 57. P. 2193–2204. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n22017942>
14. Research of development trends in the field of soil fertility restoration / A.V. Turyansky [et al.] // Ecology, Environment and Conservation Paper. 2018. 24 (3). P. 1048–1052.
15. Shea Z., Singer W.M., Zhang B. Soybean Production, Versatility, and Improvement // Legume Crops. 2020; 1–22. doi: 10.5772/intechopen.91778.
16. Worldwide oilseed production in 2019/2020. URL.: <https://www.statista.com/statistics/267271/worldwide-oilseed-production-since-2008> (access date 16.12.2021).

REFERENCES

1. Influence of agrochemicals on the yield and quality of soybeans when grown using No-till technology / A.A. Nizkodubova et al. © Грицина В. Г., Котлярова Е. Г., Ковалева Е. В., 2022



The agrarian scientific journal. 2021; 12: 50–54. (In Russ.).

2. Gritsina V.G., Kotlyarova E.G. Yield, seed quality and profitability of soybean varieties depending on the level of fertilizing. *Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives*. 2017; 4(16): 52-63. (In Russ.).

3. Kuznetsov I.I., Amelin A.V. Potential possibilities of the production process of sort soybean northern ecotype in conditions of the Central Chernozem region of Russia. *Bulletin of OrelGAU*. . 2012; 2(35): 11-13. (In Russ.).

4. Marketing research: Soybean market for 2015-2019. Belgorod, 2020. 19 p. (In Russ.).

5. Taov M.L. The effect of mineral nutrition conditions on the productivity and quality of soybean grain. *Bulletin of VIUA*. 2001; 115: 162-163. (In Russ.).

6. Khamokov Kh.A. Effect of mineral fertilizers on the indices of photosynthetic and symbiotic activity of soybean, pea and vetch crops. *Vestnik of the Altai State Agrarian University*. 2018; 1 (159): 30-34. (In Russ.).

7. Economic evaluation of the effectiveness of soybeans growing with the application of fertilizers and biological products on ordinary chernozem under irrigation conditions / O.G. Shabalda et al. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020; 8: 48-53. (In Russ.).

8. The effectiveness of soil conditioners and fertilizers in the cultivation of spring wheat / I.S. Poletaev et al. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020; 2: 38-43. (In Russ.).

9. Agrochemical Substantiation of the Inclusion of Bird Droppings under Grain Maize at Different Tillage In Terms of the South - Western Part of the Central Black Earth Region / S.D. Litsukov et al. *Bioscience Biotechnology Research Communications*. 2019; 12 (5): 152-160.

10. Formation of the Symbiotic Apparatus and Yield of Soy Varieties Depending On the Level of Fertilization / E.G. Kotlyarova et al. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2017; 8; 4: 1156-1164.

11. Impact of Cover Crops and Poultry Litter on Selected Soil Properties and Yield in Dryland Soybean Production / S. Pokhrel et al. *Agronomy*. 2021; 11: 119. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010119>

12. Impact of Long Term Fertilization on Soil Properties and Soybean Productivity in a Vertisol / Jalendra Bairwa. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020; 9(9): 527-536.

13. Phosphorus and Potassium Uptake, Partitioning, and Removal across a Wide Range of Soybean Seed Yield Levels / A.P. Gaspar et al. *Crop Science*. 2017; 57: 2193–2204. doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n22017942>.

14. Research of development trends in the field of soil fertility restoration / A.V. Turyansky et al. *Ecology, Environment and Conservation Paper*. 2018; 24 (3): 1048-1052.

15. Shea Z., Singer W.M., Zhang B. Soybean Production, Versatility, and Improvement. *Legume Crops*. 2020: 1–22. doi: 10.5772/intechopen.91778.

16. Worldwide oilseed production in 2019/2020. URL: <https://www.statista.com/statistics/267271/worldwide-oilseed-production-since-2008> (access date 16.12.2021).

Статья поступила в редакцию 7.02.2022; одобрена после рецензирования 27.02.2022; принята к публикации 24.03.2022.

The article was submitted 7.02.2022; approved after reviewing 27.02.2022; accepted for publication 24.03.2022.

