УДК 631.86:631.5

DOI 10.25230/2412–608X–2018–1–173–47–54

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ СОИ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ РАСХОДА ГУМУСА И ВЫНОСА АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ С УРОЖАЕМ СЕМЯН

В.М. Лукомец,

доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

Н.М. Тишков,

доктор сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 254-13-59

E-mail: vniimk-zem@yandex.ru

Для цитирования: Лукомец В.М., Тишков Н.М. Использование послеуборочных растительных остатков сои для компенсации расхода гумуса и выноса азота, фосфора и калия с урожаем семян // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – Вып. 1 (173). – С. 47–54.

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, соя, надземные растительные остатки, возврат в почву, гумус, компенсация выноса питательных элементов.

В 2015–2016 гг. на чернозёме выщелоченном в звене зернопропашного севооборота соя – озимая пшеница изучено накопление сухой надземной биомассы растениями сои, поглощение азота, фосфора и калия семенами и вегетативной массой при внесении минеральных удобрений. Выявлено, что вносимые удобрения способствовали увеличению накопления вегетативной массы растений относительно неободренного контроля на 0,31–0,37 т/га. С использованием нормативного коэффициента гумификации растительных остатков зернобобовых культур рассчитано, что только за счёт внесения измельчённых остатков в почву из них дополнительно можно получить 0,88–0,95 т/га новообразованного гумуса с компенсацией его расхода под посевами сои 42,4–43,1 %. Рассчитано, что с возвратом в почву 4,32–4,95 т/га сухой массы растительных остатков сои с ними под

озимую пшеницу поступает 49,3–56,0 кг/га азота, 9,5–11,9 фосфора и 36,3–40,9 кг/га калия. Компенсация отчуждения элементов питания с урожаем семян сои достигает: азота – 33,9–35,3 %, фосфора – 35,3–37,7 и калия – 91,1–95,8 %. На образование одной тонны семян в среднем расходуется 86,9 кг азота (с учётом симбиотической азотфиксации), 16,7 фосфора и 33,9 кг калия при соотношении элементов питания в расходе N : P : K = 1 : 0,19 : 0,38.

UDC 631.86:631.5

Usage of after-harvesting plant residues of soybean to compensate utilization of humus, nitrogen, phosphorus, potassium with seeds yield.

V.M. Lukomets, doctor of agriculture, academician RAS

N.M. Tishkov, doctor of agriculture

All-Russian Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoi V.S. (VNIIMK)

17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 254-13-59

E-mail: vniimk-zem@yandex.ru

Key words: leached chernozem, soybean, overhead plant residues, return into soil, humus, compensation of nutrients utilization.

Accumulation of dry overhead biomass by soybean plants, consumption of nitrogen, phosphorus and potassium by seeds and vegetative mass under application of mineral fertilizers were studied crop rotation soybean – winter wheat on leached chernozem in 2015–2016. Applied fertilizers caused increase of plants vegetative mass accumulation compare to control variant without fertilization by 0.31–0.37 t per ha. Usage normative coefficient of humification of leguminous plant residues allowed calculating extra humus formation at the rate about 0.88–0.95 t per ha after application of chopped residues into soil and compensation of its consumption under soybean 42.4–43.1%. Return into soil of 4.32–4.95 t per ha of dry soybean plant residues gives 49.3–56.0 kg per ha of nitrogen, 9.5–11.9 of phosphorus and 36.3–40.9 kg per ha of potassium under winter wheat. Compensation of nutrients utilization with soybean seeds yield reached up to: nitrogen – 33.9–35.3%, phosphorus – 35.3–37.7 and potassium – 91.1–95.8%. To form a ton of seeds it is necessary on average: 86.9 kg of nitrogen (including symbiotic nitrogen fixation), 16.7 of phosphorus and 33.9 kg of potassium at nutrients ratio in consumption N : P : K = 1 : 0.19 : 0.38.

Введение. Продуктивность и устойчивость земледелия самым тесным образом связаны с сохранением и воспроизводством почвенного плодородия, которое определяется запасами органического вещества в форме гумуса. Его значение определяется комплексным и всесторонним действием в создании благоприятных свойств и режимов почв, активизации микробиологических процессов. При возделывании сельскохозяйственных культур гумус разлагается, а питательные элементы из него постоянно отчуждаются с урожаем основной продукции.

В полевых севооборотах при возделывании сельскохозяйственных культур, как правило, наблюдается ухудшение свойств чернозёмов, и за счёт пожнивных растительных остатков компенсируется только третья часть расхода гумуса [1]. Гумус, как совокупность специфических и не специфических органических веществ в почве, постоянно преобразуется. Существуют два противоположно направленных процесса – гумификация и минерализация. В природных условиях баланс между этими процессами стабильно равновесный. Органические остатки, поступившие в почву, минерализуются на 70–80 % в течение двух лет, а оставшиеся 20–30 % подвергаются гумификации. Гумус также минерализуется по 1,5–2 % исходных годовых запасов [2].

В пахотных почвах полевых севооборотов вследствие отчуждения значительной части растительной массы и проведения интенсивных обработок процесс минерализации преобладает над процессом гумификации и почвы обедняются гумусом. Об этом свидетельствуют данные, полученные научно-исследовательскими учреждениями Краснодарского края [3; 4]. Установлено, что из хорошо гумусированных почв меньше вымываются питательные вещества, на них растения накапливают больше биомассы. С потерей гумуса ухудшаются агрофизические свойства почвы: оструктуренность, негативные изменения

водного и воздушного режимов, увеличение плотности [5]. Велика роль органического вещества в образовании агрономически ценной структуры почвы, формирование которой обусловлено участием гумусовых веществ, корневых выделений растений. Хорошо известно, что структурная почва при увлажнении не заплывает, хорошо поглощает и удерживает влагу, характеризуется устойчивостью к водной и ветровой эрозии, разрушающему действию почвообрабатывающих орудий, уплотнению, отличается более высокой буферностью [6].

Важнейшим фактором накопления гумуса в почве является количество ежегодно поступающих в почву растительных остатков и их химический состав [2; 7; 8; 9].

Важнейшим показателем гумусообразования в почве является баланс гумуса – разница между минерализацией гумуса при возделывании культур в севообороте и новообразованием его в почве за счёт гумификации растительных и корневых остатков, вносимых органических удобрений. Поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве возможно путём регулирования процессов новообразования и распада гумуса. Решающая роль в обеспечении бездефицитного баланса гумуса принадлежит органическим удобрениям, особенно в сочетании с оптимальными нормами минеральных удобрений [2; 3; 4].

При отсутствии возможности восполнения запасов гумуса за счёт внесения органических удобрений, в первую очередь навоза, основными источниками его увеличения в зернопропашных севооборотах являются растительные остатки выращиваемых культур, которые не только обогащают почву гумусовыми веществами, но и элементами минерального питания [2; 7; 8; 9; 10; 11].

При возделывании сельскохозяйственных культур отмечается диспропорция между количеством образуемой биомассы растений и поступающей в почву после

отчуждения основной продукции. Количество растительных остатков зависит от типа севооборота, вида выращиваемых растений, агротехники их возделывания, уровня урожайности.

Исследования Краснодарского НИИ сельского хозяйства [12; 13] показали, что в условиях стационарного опыта на чернозёме выщелоченном внесение в среднем 2,5 т/га соломы зерновых культур, 3,5 т/га растительных остатков других культур севооборота и азотного удобрения в дозе N_{35} не обеспечивало бездефицитный баланс гумуса. В стационарном опыте Всероссийского НИИ масличных культур [10] на фоне возврата в почву в среднем ежегодно 6,6–6,8 т/га послеуборочных растительных остатков озимой пшеницы и масличных культур в сочетании с внесением от $N_{67}P_{55}$ до $N_{93}P_{95}K_{63}$ отмечена стабилизация содержания гумуса в пахотном слое чернозёма выщелоченного и только при дополнительном внесении на указанном фоне в среднем 6,7 т/га навоза наблюдается увеличение его количества не только в пахотном (0–20 см), но и в подпахотном (20–40 см) слоях почвы. По данным Володина с соавторами [14], в Курской области среднегодовая дегумификация под пропашными культурами в связи с интенсивными механическими обработками почвы и усиленной минерализацией гумуса достигает 1,7–2,0 т/га, новообразованный гумус из пожнивно-корневых остатков и органических удобрений восполняет до 60–80 % этого количества, а в итоге дефицит гумуса достигает от 300 до 840 кг/га в год.

Интенсивность разложения растительных остатков зависит от степени их измельчения, равномерности распределения по площади и способа обработки почвы для их заделки, аэрации, влажности и температуры почвы, внесения азотного удобрения на измельчённые остатки перед их заделкой. Растительные остатки сельскохозяйственных культур в зависимости от их вида имеют соотношение С : N от 60–100 : 1 до 20–30 : 1. Оптималь-

ным соотношением С : N, способствующим активному функционированию почвенных микроорганизмов, считается 20–30 : 1 [15; 16; 17].

При разложении растительных остатков, особенно большого их количества, вследствие выделения фенолов, альдегидов, различных кислот и других химических соединений может проявиться фитотоксическое воздействие на последующие культуры севооборота. Угнетающее действие выделяемых токсических веществ, особенно фенольных соединений, может привести к задержке прорастания семян, замедлению роста и развития растений, особенно корней [2; 15].

В полевых опытах ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур» (ФГБНУ ВНИИМК) изучали накопление сухой надземной биомассы растений сои (стебли, листья, створки бобов), определяли её химический состав и возврат в почву после уборки урожая.

Материалы и методы. Объектом исследований служил высокопродуктивный раннеспелый сорт Славия. Вегетационный период сорта 98–103 суток. Высота растений 115–130 см, высота прикрепления нижних бобов 14–15 см. Устойчив к ложной мучнистой росе, раку стеблей, пепельной гнили, к растрескиванию бобов [18].

В опытах использовали аммофос марки 12 : 52 + карбамид и сульфаммофос марки 14 : 34 (+8) в дозах соответственно $N_{12}P_{30}$ и $N_{12}P_{30}S_7$, которые вносили при посеве сои. Дозы удобрений выравнивали по фосфору (P_{30}) и азоту (N_{12}).

Исследования в полевых опытах проводили на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ВНИИМК по схеме:

1. Контроль (без удобрений).
2. $N_{12}P_{30}$ при посеве.
3. $N_{12}P_{30}S_7$ при посеве.

Общая площадь делянки 112,0 м² (5,6 м × 20,0 м). Повторность 4-кратная. Посев с одновременным внесением удоб-

рений проводили сеялкой «Gaspardo» широкорядным способом с междурядьями 70 см. Норма высева семян 24–25 штук на один погонный метр (340–350 тыс./га).

Отбор растительных образцов сорта Славия для определения структуры урожайности, накопления сухой надземной вегетативной биомассы и содержания в объединённой пропорциональной пробе азота, фосфора и калия проводили в соответствии с разработанной во ВНИИМК методикой [19] и общепринятыми методиками [20]. Статистическую оценку полученных данных осуществляли методом дисперсного анализа [21].

Почва опытных участков – чернозём выщелоченный слабогумусный сверхмощный тяжелосуглинистый. Пахотный слой (0–20 см) характеризовался близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора (pH_{KCl} 5,75–5,90), низким содержанием гумуса (3,39–3,46 %), средним – подвижного фосфора (26,8–27,3 мг/кг), высоким – обменного калия (438–453 мг/кг), низким – подвижной серы (1,9–2,1 мг/кг).

Результаты и обсуждение. Погодные условия за период май – август в годы проведения исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Погодные условия вегетационного периода сои (по данным метеостанции «Круглик», г. Краснодар)

Год	Месяц				За период май – август
	май	июнь	июль	август	
Количество осадков, мм					
Климатическая норма	57,0	67,0	60,0	48,0	232,0
2015	72,2	144,7	70,8	63,2	230,9
2016	62,2	176,1	43,4	34,5	316,2
Среднее за 2015–2016 гг.	67,2	160,4	57,1	48,9	333,6
Среднесуточная температура воздуха, °C					
Климатическая норма	16,8	20,4	23,2	22,7	20,8
2015	18,5	23,0	25,2	26,3	23,3
2016	17,7	23,4	25,8	27,2	23,5
Среднее за 2015–2016 гг.	18,1	23,2	25,5	26,8	23,4

За май – август 2015–2016 гг. среднесуточная температура воздуха превышала климатическую норму на 2,5–2,7 °C, в том числе в мае на 0,9–1,7 °C, в июне на 2,6–3,0 °C, в июле на 2,0–2,6, в августе на 3,6–4,5 °C. За этот период осадков выпало в среднем на 57,4 % больше нормы. В 2015–2016 гг. обильное выпадение осадков отмечено в июне – 144,7 и 176,1 мм при норме 67,0 мм при температуре воздуха 23,0–23,4 °C

Проведённые в опытах наблюдения и учёты показали, что от применения минеральных удобрений увеличивалось накопление сухой массы неотчуждаемых с поля после уборки урожая надземных растительных остатков сои (стебли, листья, створки бобов). Показатели их накопления на единице площади (1,0 м²) рассчитывали по результатам разбора пробных снопов на заранее выделенных на каждой делянке опытов площадках с последующим пересчётом сухой биомассы на один гектар площади (табл. 2). По сравнению с контролем накопление сухой массы растительных остатков возрастало от внесения при посеве N₁₂P₃₀ на 7,1 и N₁₂P₃₀S₇ – на 8,5 %.

Таблица 2

Накопление сухой биомассы надземных растительных остатков сои

Удобрение	Накопление сухой биомассы (т/га) по годам			Разница с контролем, т/га
	2015	2016	среднее	
Контроль (без удобрений)	4,32	4,41	4,37	0
N ₁₂ P ₃₀ при посеве	4,52	4,83	4,68	0,31
N ₁₂ P ₃₀ S ₇ при посеве	4,53	4,95	4,74	0,37
В среднем	4,46	4,73	4,60	
HCP ₀₅	0,18	0,19		

В наших исследованиях с полей отчуждалась только основная продукция – семена сои, а вся надземная масса растительных остатков (стебли, листья, створки бобов) измельчалась и заделывалась в почву. Для расчёта количества новообразованного гумуса из этих остатков

использовали показатели их массы и коэффициент гумификации для зернобобовых культур, равный 0,20 [22; 23].

Рассчитанное количество новообразованного гумуса из растительных остатков сои приведено в таблице 3.

Таблица 3

Расчётное количество новообразованного гумуса из растительных остатков сои

Удобрение	Количество новообразованного гумуса (т/га) по годам			Разница с контролем, т/га
	2015	2016	среднее	
Контроль (без удобрений)	0,87	0,88	0,88	0
N ₁₂ P ₃₀ при посеве	0,91	0,97	0,94	0,06
N ₁₂ P ₃₀ S ₇ при посеве	0,91	0,99	0,95	0,07
В среднем	0,90	0,95	0,92	
HCP ₀₅	0,046	0,042		

При внесении удобрений с увеличением накопления сухой массы надземных растительных остатков вырастает и количество новообразованного гумуса. В сравнении с контролем от внесения при посеве N₁₂P₃₀ или N₁₂P₃₀S₇ количество новообразованного гумуса возрастает на 6,8–8,0 %.

Минерализацию гумуса под посевами сои определяли по формуле, предложенной «Росземпроектом» [приводится по: 24, с. 63].

Результаты расчётов по количеству минерализованного гумуса под соей (расход гумуса), поступление новообразованного гумуса в почву из надземных растительных остатков сои (приход гумуса) и компенсация его расхода в среднем за 2015–2016 гг. приведены в таблице 4.

При достигнутых в опытах уровнях урожайности семян сорта Славия, накопления сухой надземной биомассы и содержания в них общего азота расчётный расход гумуса достигал 2,04–2,24 т/га, а его расчётное образование из растительных остатков – 0,88–0,95 т/га. Поэтому на фоне (4,37–4,74 т/га) среднего за 2 года возврата в почву надземных растительных остатков сои компенсация расхода (минерализации) гумуса вследствие их гумификации составляла 42,4–43,1 %.

Таблица 4

Компенсация расхода гумуса за счёт гумификации растительных остатков сои

2015–2016 гг.

Удобрение	Расход гумуса, т/га	Приход новообразованного гумуса, т/га	Компенсация расхода гумуса за счёт растительных остатков, %
Контроль (без удобрений)	2,04	0,88	43,1
N ₁₂ P ₃₀ при посеве	2,21	0,94	42,5
N ₁₂ P ₃₀ S ₇ при посеве	2,24	0,95	42,4
В среднем	2,16	0,92	42,7

Таким образом, внесённые минеральные удобрения аммофос + карбамид и сульфаммофос способствовали увеличению накопления сухой биомассы растений, а компенсация расхода гумуса только за счёт их гумификации (без корней) достигала 42,4–42,5 %. Полученные данные, в среднем за 2015–2016 гг., показывают, что при возделывании сои сорта Славия на образование 1 т семян расходуется 0,90–0,92 т гумуса.

В объединённой пропорциональной пробе сухой массы надземных растительных остатков (стебли, листья, створки бобов) в контроле и при внесении при посеве N₁₂P₃₀ и N₁₂P₃₀S₇ содержалось 0,13–0,16 % азота, 0,21–0,24 фосфора и 0,82–0,86 % калия. Поэтому количество возвращаемых в почву с растительными остатками элементов питания определялось их массой (табл. 5).

Таблица 5

Возврат в почву элементов питания с растительными остатками сои, кг/га

Удобрение	Азот			Фосфор			Калий		
	2015 г.	2016 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	среднее
Контроль	49,3	50,2	49,8	9,7	9,5	9,6	36,9	36,3	36,6
N ₁₂ P ₃₀ при посеве	51,2	54,8	53,0	10,1	11,0	10,6	37,6	39,8	38,7
N ₁₂ P ₃₀ S ₇ при посеве	52,4	56,0	54,2	10,8	11,9	11,4	37,6	40,9	39,3
В среднем	51,0	53,7	52,3	10,2	10,8	10,5	37,4	39,0	38,2
HCP ₀₅	2,6	2,2		1,0	0,9		2,1	1,6	

В среднем за 2015–2016 гг. с растительными остатками сои в почву поступило 52,3 кг/га азота, 10,5 фосфора и 38,2 кг/га калия при соотношении N : P : K = 1 : 0,20 : 0,73. С каждой тонной надземной биомассы (без семян) в почву возвращалось в среднем 11,4 кг азота, 2,3 фосфора и 8,3 кг калия. От применения минеральных удобрений аммофоса + карбамид и сульфаммофоса возрастал возврат в почву азота на 3,2–4,4 кг/га, фосфора на 1,0–1,8 и калия на 2,1–2,7 кг/га.

Расчёты показали, что возврат в почву с растительными остатками компенсировал отчуждение с урожаем семян азота на 35,3–34,6 %, фосфора – на 35,3–37,7, калия – на 91,1–95,8 % (табл. 6).

Таблица 6

Компенсация выноса элементов питания с семенами за счёт внесения в почву растительных остатков сои

2015–2016 гг.

Удобрение	Вынос с урожаем семян, кг/га			Возврат в почву с растительными остатками, кг/га			Компенсация выноса, %		
	азота	фосфора	калия	азота	фосфора	калия	азота	фосфора	калия
Контроль	141,0	26,4	38,2	49,8	9,6	36,6	35,3	36,4	95,8
N ₁₂ P ₃₀ при посеве	156,5	30,0	42,5	53,0	10,6	38,7	33,9	35,3	91,1
N ₁₂ P ₃₀ S ₇ при посеве	156,5	30,2	42,5	54,2	11,4	39,3	34,6	37,7	92,5
В среднем	151,3	28,9	41,1	52,3	10,5	38,2	34,6	36,5	93,1

Вынос элементов питания одной тонной урожая семян сои сорта Славия в среднем за 2015–2016 гг. составил 63,8 кг азота, 12,2 фосфора и 17,3 кг калия при соотношении в выносе N : P : K = 1 : 0,19 : 0,27.

Следует отметить, что внесение при посеве сои N₁₂P₃₀ и N₁₂P₃₀S₇ способствовало увеличению отчуждения с урожаем семян азота на 11,0 %, фосфора на 14,0, калия на 11,3 % и возврата с растительными остатками указанных элементов соответственно на 7,6; 14,6 и 6,6 %. Однако величина компенсации фосфора в среднем по удобрениям была на уровне контроля (36,5 %), а азота (34,3 %) и калия (91,8 %) уменьшилась на 1,0 и 4,0 %.

52

Таким образом, с одной тонной надземных растительных остатков сои сорта Славия, как предшественника озимой пшеницы, в почву поступало в среднем 11,4 кг азота, 2,3 фосфора, 8,3 кг калия; при средней урожайности в опытах сухой биомассы в 4,60 т/га – 52,3 кг/га азота, 10,5 фосфора и 38,2 кг/га калия. Компенсация выноса элементов питания урожаем семян поступлением их с растительными остатками составила в среднем: азота 34,6 %, фосфора – 36,5, калия – 93,1 %.

На образование 1 т семян с соответствующим количеством побочной продукции расходовалось 80,2–93,5 кг азота (с учётом симбиотической азотфиксации), 15,8–17,8 фосфора и 30,7–37,1 кг калия (табл. 7).

Таблица 7

Затраты элементов питания на образование одной тонны семян, кг

Удобрение	Азот			Фосфор			Калий		
	2015	2016	среднее	2015	2016	среднее	2015	2016	среднее
Контроль	93,0	81,3	87,2	17,0	15,8	16,4	37,1	31,4	34,3
N ₁₂ P ₃₀ при посеве	92,9	80,2	86,6	17,5	15,9	16,7	36,4	30,7	33,6
N ₁₂ P ₃₀ S ₇ при посеве	93,5	80,4	87,0	17,8	16,2	17,0	36,7	30,9	33,8
В среднем	93,1	80,6	86,9	17,4	16,0	16,7	36,7	31,0	33,9

В погодных условиях 2016 г. урожайность сорта Славия превышала показатель 2015 г. в среднем на 36,5 %, но затраты на образование 1 т семян снижались в сравнении с 2015 г.: азота – на 13,4 %, фосфора – на 8,0, калия – на 15,5 %. Внесённые удобрения в дозах N₁₂P₃₀ и N₁₂P₃₀S₇ не оказывали значительного влияния на расход элементов питания.

В среднем за 2015–2016 гг. на образование 1 т семян растения сои сорта Славия расходовали 86,9 кг азота, 16,7 кг фосфора и 33,9 кг калия при соотношении элементов питания в затратах N : P : K = 1 : 0,19 : 0,39.

Заключение. Внесённые при посеве сои сорта Славия азотно-фосфорные удобрения аммофос + карбамид и сульфаммофос в дозах N₁₂P₃₀ и N₁₂P₃₀S₇ увеличивали накопление сухой надземной вегетативной биомассы растений по

сравнению с контролем с 4,37 до 4,68 и 4,74 т/га соответственно. Действие изучаемых удобрений было равноценным.

Расчётный расход гумуса в агроценозе сои вследствие его минерализации в широкорядном посеве в среднем за 2015–2016 гг. достигал в контроле 2,04 т/га, увеличивался при внесении удобрений до 2,21–2,24 т/га, а на образование 1 т семян расходовалось 0,92 т гумуса.

Из растительных остатков сои после их гумификации в почву в звене севооборота соя – озимая пшеница поступает от 0,88 т/га в контроле до 0,94–0,95 т/га при внесении под сою $N_{12}P_{30}$ и $N_{12}P_{30}S_7$ новообразованного гумуса. При поступлении в почву 4,32–4,95 т/га сухих надземных растительных остатков после их гумификации расход гумуса в посевах сои компенсируется на 42,4–43,1 %.

После минерализации растительных остатков сои в почву возвращается 49,3–56,0 кг/га поглощенного растениями азота, 9,5–11,9 кг/га фосфора, 36,3–40,9 кг/га калия при выносе с семенами элементов питания соответственно 141,0–156,5 кг/га; 26,4–30,2 и 38,2–42,5 кг/га. За счёт растительных остатков компенсация выноса составляла: азота – 33,9–35,3 %, фосфора – 35,3–37,7, калия – 91,1–95,8 %. Количество возвращенных в почву элементов питания следует учитывать при определении нормы удобрения озимой пшеницы.

На образование 1 т семян сорта Славия с соответствующим количеством побочной продукции расходовалось в среднем 86,9 кг азота (с учётом симбиотической азотфиксации), 16,7 фосфора, 33,4 кг калия при соотношении в затратах $N : P : K = 1 : 0,19 : 0,38$.

Список литературы

1. Малюга Н.Г., Лебявченко Л.П., Долгих Ю.Р. Состояние и основные пути повышения плодородия почв в Краснодарском крае // Применение удобрений и расширенное воспроизводство плодородия почв. Тр. ВИУА. – 1989. – С. 115–118.
2. Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Онищенко Л.М. Органическое вещество почвы и его экологические функции. 2-е изд., перераб. и дополн. – Краснодар, 2011. – 201 с.
3. Ачканов А.Я., Василько В.П., Тишков Н.М. [и др.]. Мониторинг гумусного состояния почв // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. – Краснодар, 2002. – С. 23–29.
4. Трубилин И.Т., Малюга Н.Г., Василько В.П. Изменение гумусного состояния почв // Научные основы биологизированной системы земледелия в Краснодарском крае. – Краснодар, 2004. – 430 с.
5. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. – Краснодар, 2015. – 352 с.
6. Куприченко М.Т. Почвы Ставрополя. – Ставрополь, 2005. – 423 с.
7. Левин Ф.И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. – 1977. – № 8. – С. 36–42.
8. Шапошникова И.М., Новиков А.А. Послеуборочные остатки полевых культур в зернопаровом севообороте // Агрохимия. – 1985. – № 1. – С. 48–51.
9. Сатаров Г.А. Влияние удобрений на количество и состав растительных остатков // Агрохимия. – 1988. – № 11. – С. 74–77.
10. Тишков Н.М. Влияние растительных остатков и удобрений в севообороте с масличными культурами на плодородие чернозёма выщелоченного // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2006. – Вып. 2 (135). – С. 132–138.
11. Тишков Н.М., Назарько А.Н. Надземные растительные остатки подсолнечника – источник пополнения органическим веществом и элементами питания чернозёма типичного // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2015. – Вып. 1 (161). – С. 57–71.
12. Солдатенко А.Г., Кильдюшкин В.М. Плодородие почвы и продуктивность озимой пшеницы в полевом севообороте при длительном применении органических и минеральных удобрений // Вопросы селекции и возделывания полевых культур: материалы науч.-практ. конф. «Зелёная революция П.П. Лукьяненко», 28–30 мая 2001 г., КНИИСХ. – Краснодар: Советская Кубань, 2001. – С. 205–213.
13. Бугаевский В.К., Шириян М.Х., Солдатенко А.Г. [и др.]. Последствия интенсификации земледелия на плодородие чернозёма выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур // Эволюция научных технологий в растениеводстве: сборник науч. тр. в честь 90-летия образования Краснодарского НИИ сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко. – Краснодар, 2004. – С. 72–77.
14. Володин В.М., Масютенко Н.П., Юринская В.Ф. Методические рекомендации по регулированию гумусного состояния чернозёмных почв Курской области. – Курск, 1990. – 52 с.
15. Черепанов Г.Г. Роль послеуборочных остатков в почвозащитном земледелии: обзорная информация ВНИИ ТЭИагропром. – М., 1991. – 52 с.
16. Прямочная технология внесения соломы и её эффективность: рекомендации. – Краснодар, 2000. – 26 с.

17. Технология регулирования режима органического вещества почвы в ландшафтном земледелии ЦЧР: рекомендации. – Каменная Степь, 2010. – 44 с.
18. Каталог сортов и гибридов масличных культур, технологий возделывания и средств механизации. ФГБНУ ВНИИМК. – Краснодар, 2016. – С. 47.
19. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В.М. Лукомца. – Краснодар, 2010. – 327 с.
20. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 327 с.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
22. Коробской Н.Ф. Агроэкологические проблемы повышения плодородия чернозёмов Западного Предкавказья. – Пушкино, 1996. – 210 с.
23. Эффективность применения органических удобрений в Краснодарском крае: рекомендации. – Краснодар, 2000. – 28 с.
24. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. – М.: Агропромиздат, 1990. – 286 с.

References

1. Malyuga N.G., Leplyavchenko L.P., Dolgikh Yu.R. Sostoyanie i osnovnye puti povysheniya plodorodiya pochv v Krasnodarskom krae // *Primenenie udobreniy i rasshirennoe vosпроизводство plodorodiya pochv*. Tr. VIUA. – 1989. – S. 115–118.
2. Sheudzhen A.Kh., Neshchadim N.N., Onishchenko L.M. Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego ekologicheskie funktsii. 2-e izd., pererab. i dopoln. – Krasnodar, 2011. – 201 s.
3. Achkanov A.Ya., Vasil'ko V.P., Tishkov N.M. [i dr.]. Monitoring gumusnogo sostoyaniya pochv // *Agroekologicheskii monitoring v zemledelii Krasnodarskogo kraja*. – Krasnodar, 2002. – S. 23–29.
4. Trubilin I.T., Malyuga N.G., Vasil'ko V.P. Izmenenie gumusnogo sostoyaniya pochv // *Nauchnye osnovy biologizirovannoy sistemy zemledeliya v Krasnodarskom krae*. – Krasnodar, 2004. – 430 s.
5. Sistema zemledeliya Krasnodarskogo kraja na agrolandshaftnoy osnove. – Krasnodar, 2015. – 352 s.
6. Kuprichenkov M.T. Pochvy Stavropol'ya. – Stavropol', 2005. – 423 s.
7. Levin F.I. Kolichestvo rastitel'nykh ostatkov v posevakh polevykh kul'tur i ego opredelenie po urozhayu osnovnoy produktsii // *Agrokimiya*. – 1977. – № 8. – S. 36–42.
8. Shaposhnikova I.M., Novikov A.A. Posleuborochnye ostatki polevykh kul'tur v zernopropashnom sevooborote // *Agrokimiya*. – 1985. – № 1. – S. 48–51.
9. Satarov G.A. Vliyanie udobreniy na kolichestvo i sostav rastitel'nykh ostatkov // *Agrokimiya*. – 1988. – № 11. – S. 74–77.
10. Tishkov N.M. Vliyanie rastitel'nykh ostatkov i udobreniy v sevooborote s maslichnymi kul'turami na plodorodie chernozema vyshchelochennogo // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – Krasnodar, 2006. – Vyp. 2 (135). – S. 132–138.
11. Tishkov N.M., Nazar'ko A.N. Nadzemnye rastitel'nye ostatki podsolnechnika – istochnik popolneniya organicheskim veshchestvom i elementami pitaniya chernozema tipichnogo // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. – Krasnodar, 2015. – Vyp. 1 (161). – S. 57–71.
12. Soldatenko A.G., Kil'dyushkin V.M. Plodorodie pochvy i produktivnost' ozimoy pshenitsy v polevom sevooborote pri dlitel'nom primenении organicheskikh i mineral'nykh udobreniy // *Voprosy selektsii i vozdel'yvaniya polevykh kul'tur: materialy nauch.-prakt. konf. «Zelenaya revolyutsiya P.P. Luk'yanenko»*, 28–30 maya 2001 g., KNIISKh. – Krasnodar: Sovetskaya Kuban', 2001. – S. 205–213.
13. Bugaevskiy V.K., Shirinyan M.Kh., Soldatenko A.G. [i dr.]. Posledstviya intensifikatsii zemledeliya na plodorodie chernozema vyshchelochennogo i urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // *Evolutsiya nauchnykh tekhnologiy v rastenievodstve: sbornik nauch. tr. v chest' 90-letiya obrazovaniya Krasnodarskogo NII sel'skogo khozyaystva im. P.P. Luk'yanenko*. – Krasnodar, 2004. – S. 72–77.
14. Volodin V.M., Masyutenko N.P., Yurinskaya V.F. Metodicheskie rekomendatsii po regulirovaniyu gumusnogo sostoyaniya chernozemnykh pochv Kurskoy oblasti. – Kursk, 1990. – 52 s.
15. Cherepanov G.G. Rol' posleuborochnykh ostatkov v pochvozashchitnom zemledelii: obzornaya informatsiya VNII TEIagroprom. – M., 1991. – 52 s.
16. Pryamotchnaya tekhnologiya vneseniya solomy i ee effektivnost': rekomendatsii. – Krasnodar, 2000. – 26 s.
17. Tekhnologiya regulirovaniya rezhima organicheskogo veshchestva pochvy v landshaftnom zemledelii TsChR: rekomendatsii. – Kamennaya Step', 2010. – 44 s.
18. Katalog sortov i gibridov maslichnykh kul'tur, tekhnologiy vozdel'yvaniya i sredstv mekhanizatsii. FGBNU VNIIMK. – Krasnodar, 2016. – S. 47.
19. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami / Pod red. V.M. Lukomtsa. – Krasnodar, 2010. – 327 s.
20. Praktikum po agrokhimii / Pod red. V.G. Mineeva. – M.: Izd-vo MGU, 1989. – 327 s.
21. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki). – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
22. Korobskoy N.F. Agroekologicheskie problemy povysheniya plodorodiya chernozemov Zapadnogo Predkavkaz'ya. – Pushchino, 1996. – 210 s.
23. Effektivnost' primeneniya organicheskikh udobreniy v Krasnodarskom krae: rekomendatsii. – Krasnodar, 2000. – 28 s.
24. Mineev V.G. Khimizatsiya zemledeliya i prirodnaya sreda. – M.: Agropromizdat, 1990. – 286 s.