Содержание и вынос элементов питания растениями сои в зависимости от применения удобрений

Н.М. Тишков¹,
доктор сельскохозяйственных наук
В.Л. Махонин¹,
кандидат сельскохозяйственных наук
В.В. Носов²,
кандидат биологических наук

¹ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
Тел.: (861) 254–13–59
E-mail: agrohim@vniimk.ru

²Филиал Международного института питания в России
E-mail: vnosov@ipni.net

Для цитирования: Тишков Н.М., Махонин В.Л., Носов В.В. Содержание и вынос элементов питания растениями сои в зависимости от применения удобрений // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 70–79.

Ключевые слова: соя, удобрение, содержание, вынос и расход азота, фосфора, калия.

Исследования проводили в 2016 и 2018 гг. в полевом севообороте ФГУП «Березанское» Кореновского района Краснодарского края. Цель исследований – изучение отзывчивости сои на способы применения разных доз удобрений. Устанавливали содержание и вынос азота, фосфора и калия семенами и сухой вегетативной биомассой растений очень раннего сорта сои Лира. Выявлено, что применение одной некорневой подкормки растений в начале цветения, при посеве в дозах $N_{6-12}P_{26-52}$, $N_{6-12}P_{26-52}K_{18}$ в сочетании с подкормкой не оказывали существенного влияния на содержание в растениях азота, фосфора и калия, но способствовали увеличению урожайности семян на 0,17–0,32 т/га и сухой вегетативной биомассы растений на 0,14–0,51 т/га. Общий вынос элементов питания определялся главным образом величинами урожая семян и вегетативной биомассы и составил в среднем: азота – 164,4 кг/га, фосфора – 35,9, калия – 58,8 кг/га. От применения удобрений вынос элементов питания увеличивался на 11,1–25,2 кг/га азота, на 1,5–6,2 кг/га фосфора и на 3,7–

10,5 кг/га калия при соотношении в расходе азот : фосфор : калий равном 1,0 : 0,23 : 0,36.

UDC 633.853.52:.853.14:631.52

Nutrient content and their uptake-off with soybean plants depending on fertilizer application.

N.M. Tishkov¹, doctor of agriculture
V.L. Makhonin¹, PhD in agriculture
V.V. Nosov², PhD in biology

¹V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops
17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
Tel.: (861) 254–13–59
E-mail: agrohim@vniimk.ru

²A branch of the International Nutrition institute in Russia
E-mail: vnosov@ipni.net

Key words: soybean, fertilizer, content, removal and consumption of nitrogen, phosphorus, potassium.

We conducted our researches in fields of “Berezanskoe” farming in Korenovsk district, Krasnodar region, in 2016 and 2018. The purpose of the research is to study soybean responsibility to different doses of fertilizer and their application methods. We determined nitrogen, phosphorus and potassium contents and their uptake-off with seeds and dry vegetative biomass of the very early maturing soybean cultivar Lira. There were two variants in the experiment: we conducted foliar fertilizing in the beginning of flowering and combined application of $N_{6-12}P_{26-52}$, $N_{6-12}P_{26-52}K_{18}$ and foliar fertilizing. The both methods did not influence significantly on nitrogen, phosphorus and potassium contents in plants but promoted seed yield by 0.17–0.32 t per ha and dry vegetative biomass by 0.14–0.51 t per ha. The total uptake-off of nutrients was determined predominantly by seed yield and vegetative biomass values and was in average: of nitrogen – 164.4 kg per ha, phosphorus – 35.9, potassium – 58.8 kg per ha. The nutrients uptake-off after fertilization was increased: of nitrogen – by 11.1–25.2 kg per ha, phosphorus – by 1.5–6.2 kg per ha and potassium – by 3.7–10.5 kg per ha, a rate in consumption of nitrogen : phosphorus : potassium was equal to 1.0 : 0.23 : 0.36.

Введение. Краснодарский край является основным регионом на юге России, возделывающим сою. В среднем за 2013–2017 гг. в крае под сою удобрения применяли на 27 % площади её посева в дозе $N_{24}P_{27}K_9$ [1]. Это свидетельствует о том, что соя в основном использует последствие удобрений, внесённых под предшествующие культуры полевого севооборота.

Вопросы минерального питания сои в Краснодарском крае, и на юге страны в целом, требуют уточнения и более глубокой и всесторонней оценки в современных условиях. Связано это с тем, что дефицит влаги и высокие температуры воздуха в июле – августе часто приходится на фазу налива семян сои. В таких погодных условиях весьма трудно реализовать высокий биологический потенциал урожайности и качества семян. В этой связи важно понимание как агрономической, так и экономической целесообразности применения удобрений под сою.

Исследования, проведенные на чернозёме выщелоченном Краснодарского края показали, что оптимальный уровень минерального питания достигается при внесении под сою $N_{40}P_{80}K_{40}$ [2]. Автором выявлено, что по предшественнику озимая пшеница соя очень слабо отзывалась на применение более высокой дозы полного минерального удобрения – $N_{60}P_{120}K_{60}$.

На чернозёме обыкновенном Ростовской области при возделывании сои на орошении на фоне высокой обеспеченности почвы обменным калием и средней обеспеченности подвижным фосфором для получения максимальной урожайности рекомендовано вносить под предпосевную культивацию минеральные удобрения в дозах $N_{60}P_{45}K_{30-60}$ [3].

В неорошаемых условиях на чернозёме обыкновенном Ростовской области от внесения под сою $N_{30}P_{45}K_{30}$ урожайность увеличилась на 25 % по сравнению с применением N_9P_{40} [4]. В результате внесения азотного удобрения в дозе N_{30} прибавка урожая не во все годы исследований была достоверной, но эта доза азота способствовала повышению содержания белка в семенах сои.

На чернозёме выщелоченном Краснодарского края наиболее высокая эффективность некорневых подкормок растений сои по показателям урожайности и сбора белка достигалась при использовании молибдата аммония, борного удобрения и комплексного минерального

удобрения, содержащего азот, фосфор, калий, микроэлементы: в хелатной форме – железо, марганец, цинк, медь и в неорганической – бор и молибден, в виде опрыскивания посевов в начале цветения растений [5; 6].

Цель исследований – изучение отзывчивости сои на способы и дозы применения удобрений.

Материалы и методы. Исследования выполнены в 2016 и 2018 гг. на опытном участке полевого севооборота ФГУП «Березанское» ФГБНУ ВНИИМК Кореновского района, расположенного в северной части центральной природно-климатической зоны Краснодарского края. Географические координаты экспериментального участка: $45^{\circ}40'19,36''$ с. ш., $39^{\circ}28'36,57''$ в. д., высота над уровнем моря 49 м [7].

Объектом исследований служил сорт сои Лира селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК.

Сорт Лира – очень ранний (срок созревания: 02), предназначен для основных и повторных посевов на зерно. Вегетационный период 90–100 суток. Высота растений 75–95 см. Высота прикрепления нижних бобов 12 см. Урожайность в среднем по увлажнению годы 2,0–2,3 т/га. При длительном перестое созревших растений возможно растрескивание бобов. Масса 1000 семян 140–155 г. В семенах содержится до 40–43 % протеина, 20–23 % жира. Сорт высокоустойчив к ложной мучнистой росе, раку стеблей и пепельной гнили. Устойчив к полеганию растений.

В полевом опыте изучали отзывчивость сорта Лира на разные дозы и способы применения минеральных удобрений по схеме:

1. Контроль – инокуляция семян (ИС).
2. ИС + некорневая подкормка растений водорастворимым удобрением марки 18–18 с микроэлементами в дозе 1,05 кг/га в начале цветения (НП).
3. ИС + N_6P_{26} при посеве в форме аммофоса + НП.
4. ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве в виде смеси аммофоса и хлористого калия + НП.

5. ИС + N₁₂P₅₂ при посеве в форме аммофоса + НП.

6. ИС + N₁₂P₅₂K₁₈ при посеве в виде смеси аммофоса и хлористого калия + НП.

Семена сои инокулировали перед посевом в 2016 г. препаратом Нитрофикс П с добавлением молибдата аммония, в 2018 г. – жидким двухкомпонентным инокулянтom Хайкоут Супер Соя + Хайкоут Супер Экстендер с добавлением молибдата аммония.

Общая площадь делянки 112 м² (5,6 × 20,0 м), повторность 3-кратная. Посев с одновременным внесением удобрений проводили 8-рядной пневматической сеялкой точного высева «Gaspardo MT-8» широкорядным способом с шириной междурядий 70 см. Норма высева семян 450 тыс. шт./га (30–31 шт. на один погонный метр). Удобрения при посеве вносили посредством туковывсевающих аппаратов сеялки с размещением лент удобрения на 2 см в сторону от рядка и на 2 см глубже заделки семян. Некорневую подкормку проводили обработкой растений ранцевым аккумуляторным опрыскивателем COMFORT ОЭ–15 0,53%-ным раствором удобрения с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

Отбор растительных образцов для определения структуры урожая, накопления сухой надземной вегетативной биомассы и содержания в семенах и в объединённой пропорциональной пробе азота, фосфора и калия проводили в соответствии с разработанной во ВНИИМК методикой [8] и общепринятыми методами [9]. Статистическую оценку полученных экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа [10].

Урожай учитывали в фазе технической спелости семян сорта Лира прямым обмолотом комбайном «Wintersteiger». Урожай приводили к 100%-ной чистоте и 14%-ной влажности семян.

Почва опытных участков – чернозём обыкновенный (карбонатный) слабогумусный сверхмощный. Мощность гумусового горизонта около 140 см.

Гранулометрический состав легкоглинистый, довольно однородный по почвенному профилю. В пахотном слое (0–20 см) почвы рН 7,0–7,2, содержание гумуса 3,5–3,9 %.

Весной перед закладкой опытов были отобраны почвенные образцы из слоя 0–20 см для определения агрохимических показателей (табл. 1). В среднем за 2016 и 2018 гг. чернозём обыкновенный характеризовался средним содержанием гумуса, подвижного фосфора, повышенным содержанием азота и обменного калия, нейтральной реакцией почвенного раствора.

Таблица 1

Исходная агрохимическая характеристика слоя 0–20 см чернозёма обыкновенного

Показатель	Единица измерения	Содержание по годам		Среднее
		2016	2018	
Гумус по ГОСТ 26213–91	%	3,41	3,47	3,44
Кислотность по ГОСТ 26423–85	pH	6,75	6,82	6,79
Нитрификационная способность по ГОСТ 26951–86	мг/кг	28,9	28,1	28,6
Подвижный фосфор по ГОСТ 26205–91	мг/кг	24,5	24,1	24,3
Обменный калий по ГОСТ 26205–91	мг/кг	385,0	372,0	378,5

В опытах применяли агротехнику, рекомендованную для центральной природно-климатической зоны Краснодарского края [11]. Предшественник сои – озимая пшеница, при выращивании которой вносили при посеве аммофос в дозе N₇P₃₀ и в подкормку весной N₆₀. После уборки озимой пшеницы измельчённую солому вместе с N_{34–40} заделывали в почву дисковыми орудиями и в октябре проводили основную обработку почвы на глубину 20–22 см. С каждой тонной соломы озимой пшеницы после её минерализации в почву поступает в среднем 5,6 кг азота, 2 кг фосфора, 9,6 кг калия, 2,8 кг кальция и 1,1 кг магния.

Весной в допосевной период проведены две культивации: ранневесенняя для выравнивания зяби и уничтожения взошедших ранних сорняков на глубину 8–10 см и затем предпосевная на глубину 4–

6 см паровым культиватором КПС–4 для уничтожения проростков сорняков и формирования посевного ложа на глубине заделки семян. Для подавления сорной растительности под предпосевную культивацию вносили гербициды Гезагард (2016 г.) и Фронтьер Оптима (2018 г.) с нормами расхода 3,0 кг/га и 1,2 л/га соответственно.

Во время вегетации сои проведены две междурядные обработки культиватором-растениепитателем КРН–5,6. Для достижения полной чистоты посевы пропалывали для уничтожения сорных растений. Этим исключалась возможность их негативного воздействия на величину урожая и качество семян сои.

Результаты и обсуждение. В 2016 г. погодные условия в мае – августе складывались благоприятно для роста и развития растений сорта Лира. Осадков за указанный период выпало в 2,1 раза больше нормы. Следует отметить обильные осадки со 2-й декады мая по 1-ю декаду июня, когда их количество составило 247,5 мм, или 450 % нормы (55,0 мм). В мае осадков выпало больше нормы в 4,4 раза, в июне на 29 %, в июле на 35 и в августе на 71 % (табл. 2). Дождь ливневого характера прошел 28 мая, когда выпало 72 мм осадков. Средняя температура воздуха в мае соответствовала климатической норме, а в июне – августе превышала её на 2,4–4,7 °С.

В 2018 г. погодные условия вегетационного периода сорта Лира характеризовались как неблагоприятные для формирования высокого урожая. Особенностью периода являлся острый дефицит осадков в первой половине вегетации сои (май – июнь) на фоне экстремально высокой среднесуточной температуры воздуха, которая продолжалась до полного созревания сорта Лира (табл. 2). В первой декаде мая, до начала образования первого тройчатого листа, выпало 24,5 мм осадков, что на 75 % больше нормы за декаду. Однако со 2-й декады мая и до середины июля их выпало всего 28,8 мм

при норме за период 117 мм. При этом среднесуточная температура воздуха превышала норму на 4,8–7,7 °С. В среднем за вегетационный период сорта Лира в 2018 г. средняя температура воздуха была на 4,2 °С выше нормы. Такие условия произрастания негативно повлияли на рост растений сои, формирование величины урожая и накопление сухой вегетативной биомассы, способствовали абортации завязавшихся бобов. Только в 3-й декаде июля выпало 47,5 мм осадков, однако они уже не могли повлиять на уровень урожайности, поскольку к этому времени формирование генеративных органов было завершено, налив семян практически закончился и сорт Лира вступил в фазу созревания.

Таблица 2

Погодные условия вегетационного периода сои сорта Лира

Метеостанция г. Кореновска, метеостанция ФГУП «Березанское», отделение № 1

Год	Декада	Месяц				За период май – август
		май	июнь	июль	август	
Температура воздуха, °С						
Климатическая норма	1	15,1	19,1	22,3	23,6	20,6
	2	16,6	20,2	23,1	22,6	
	3	18,0	21,3	23,8	21,2	
	Среднее	16,6	20,2	23,1	22,5	
2016	1	15,7	18,6	24,4	28,4	23,3
	2	17,6	24,4	27,4	25,7	
	3	17,3	28,2	24,8	27,7	
	Среднее	16,8	23,7	25,5	27,2	
2018	1	20,3	19,8	26,4	26,9	24,8
	2	18,7	25,0	26,1	25,4	
	3	23,3	29,0	27,5	29,0	
	Среднее	20,8	24,6	26,5	27,1	
Количество осадков, мм						
Климатическая норма	1	14,0	21,0	18,0	14,0	203,0
	2	16,0	23,0	16,0	14,0	
	3	18,0	21,0	15,0	13,0	
	Сумма	48,0	65,0	49,0	41,0	
2016	1	13,4	48,0	35,5	4,0	430,9
	2	48,5	13,5	18,0	48,0	
	3	151,0	22,0	11,5	17,5	
	Сумма	212,9	83,5	65,0	69,5	
2018	1	24,5	0	7,8	0	118,5
	2	5,5	0	18,0	0	
	3	2,0	13,5	47,0	0	
	Сумма	32,0	13,5	73,0	0	

На фоне инокуляции семян (ИС – контроль) прибавки урожая семян в среднем

за 2 года составили: от некорневой подкормки растений (НП) – 0,17 т/га, от сочетания припосевного внесения азотно-фосфорного (N_6P_{26} , $N_{12}P_{52}$) и полного минерального ($N_6P_{26}K_{18}$, $N_{12}P_{52}K_{18}$) удобрения с некорневой подкормкой – 0,26–0,32 т/га.

Накопление сухой вегетативной биомассы растений (стебли, листья, створки бобов) в расчёте на 1 га увеличивалось в сравнении с инокуляцией семян достоверно только при внесении удобрений при посеве в сочетании с некорневой подкормкой растений (табл. 3). От их применения накопление вегетативной биомассы возрастало к контролю в 2016 г. на 0,39–0,61 т/га, в 2018 г. – на 0,26–0,41 т/га, или на 11,4–17,9 и 11,8–18,6 % соответственно. В среднем за годы исследований величина сухой вегетативной биомассы увеличивалась при внесении удобрений при посеве + НП по сравнению с контролем на 0,32–0,51 т/га (11,4–18,1 %), а в сравнении с некорневой подкормкой (НП) – на 0,18–0,37 т/га (6,1–12,5 %). При этом от применения полного минерального удобрения при посеве в дозах $N_6P_{26}K_{18}$ и $N_{12}P_{52}K_{18}$ превышение было максимальным и составило 0,32 и 0,37 т/га (10,8 и 12,5 %). Включение калия в дозе K_{18} в состав азотно-фосфорного удобрения способствовало увеличению накопления сухой вегетативной биомассы растений на 0,13–0,14 т/га (4,1–4,5 %).

Таблица 3

Накопление сухой вегетативной биомассы растениями сои сорта Лира при внесении удобрений

Удобрение	Накопление сухой вегетативной биомассы по годам, т/га			К контролю	
	2016	2018	среднее	т/га	%
ИС – контроль	3,41	2,20	2,81	0	0
ИС + НП	3,66	2,24	2,95	0,14	5,0
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	3,80	2,46	3,13	0,32	11,4
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	3,95	2,59	3,27	0,46	16,4
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	3,83	2,54	3,19	0,38	13,5
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	4,02	2,61	3,32	0,51	18,1
НСР ₀₅	0,27	0,19	0,21		

Вносимые удобрения не оказывали значительного влияния на содержание общего азота как в семенах, так и в сухой вегетативной биомассе растений (табл. 4). В семенах содержалось азота в 2016 г. 6,22–6,31 %, в 2018 г. его количество снизилось до 5,92–6,10 %. В среднем за два года исследований содержание азота при инокуляции семян было 6,16 %, а при внесении удобрений 6,14 %.

Таблица 4

Содержание общего азота в семенах и в сухой вегетативной биомассе растений сои

Удобрение	Содержание азота в семенах по годам, %			Содержание азота в вегетативной биомассе по годам, %		
	2016	2018	среднее	2016	2018	среднее
ИС – контроль	6,22	6,10	6,16	1,14	0,94	1,04
ИС + НП	6,31	5,94	6,13	1,14	0,86	1,00
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	6,34	5,92	6,13	1,13	0,89	1,01
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	6,29	6,05	6,17	1,13	0,89	1,01
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	6,26	5,98	6,12	1,13	0,85	0,99
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	6,27	6,02	6,15	1,14	0,86	1,00
НСР ₀₅	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$

В вегетативной биомассе растений содержание азота в 2016 г. в среднем составило 1,14 %, в 2018 г. снизилось до 0,88 %, или на 0,26 %. В среднем за годы исследований в вегетативной биомассе растений сорта Лира содержалось 1,01 % общего азота.

Внесение удобрений при посеве и в некорневую подкормку не оказывало существенного влияния на содержание общего фосфора в семенах и в вегетативной биомассе растений сои (табл. 5).

Таблица 5

Содержание общего фосфора в семенах и в сухой вегетативной биомассе растений сои

Удобрение	Содержание фосфора в семенах по годам, %			Содержание фосфора в вегетативной биомассе по годам, %		
	2016	2018	среднее	2016	2018	среднее
ИС – контроль	1,20	1,46	1,33	0,22	0,35	0,29
ИС + НП	1,19	1,40	1,30	0,21	0,32	0,27
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	1,17	1,46	1,32	0,21	0,29	0,25
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	1,21	1,47	1,34	0,23	0,33	0,28
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	1,21	1,45	1,33	0,23	0,33	0,28
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	1,23	1,43	1,33	0,24	0,35	0,30
НСР ₀₅	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$

В то же время отмечено увеличение количества элемента в анализируемых образцах урожая 2018 г. в сравнении с 2016 г. Если в среднем по опыту в 2016 г. в семенах содержалось 1,20 % фосфора, то в 2018 г. – 1,45 %, а в сухой вегетативной биомассе растений соответственно 0,22 и 0,33 %. В среднем за 2016, 2018 гг. в семенах его содержалось 1,33 %, в вегетативной биомассе 0,28 %.

Внесённые удобрения, в том числе K_{18} , не оказывали существенного влияния и на содержание общего калия в семенах и в вегетативной массе растений сои (табл. 6). Отмечается превышение содержания элемента в семенах и в вегетативной биомассе растений в 2016 г. по сравнению с 2018 г.: в среднем по указанным годам соответственно 1,69 и 1,39 % в семенах, 0,84 и 0,76 % в вегетативной биомассе. В среднем за годы исследований калия содержалось в семенах 1,54 %, в вегетативной биомассе – 0,80 %.

Таблица 6

Содержание общего калия в семенах и в сухой вегетативной биомассе растений сои

Удобрение	Содержание калия в семенах по годам, %			Содержание калия в вегетативной биомассе по годам, %		
	2016	2018	среднее	2016	2018	среднее
ИС – контроль	1,68	1,36	1,52	0,82	0,74	0,78
ИС + НП	1,68	1,36	1,52	0,83	0,72	0,78
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	1,66	1,41	1,54	0,82	0,73	0,78
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	1,71	1,40	1,56	0,85	0,79	0,82
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	1,66	1,40	1,53	0,84	0,77	0,81
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	1,72	1,40	1,56	0,85	0,79	0,82
НСП ₀₅	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$	$F_0 < F_{05}$

Таким образом, применяемые в исследованиях дозы и способы внесения удобрений на фоне инокуляции семян препаратами, содержащими штаммы *Bradyrhizobium japonicum*, способствовали увеличению урожайности семян сорта Лира и накоплению сухой вегетативной биомассы растений, но не оказывали существенного влияния на содержание азота, фосфора и калия, вследствие чего потребление и вынос элементов питания

растениями определялись главным образом величиной урожая семян и сухой биомассы растений.

Вынос азота семенами в среднем за 2016, 2018 гг. достоверно возрастал в сравнении с контролем (ИС) на 11,1 кг/га (9,0 %) от применения подкормки (НП), на 17,6–19,3 кг/га (14,3–15,7 %) от внесения при посеве азотно-фосфорного удобрения $N_{6-12}P_{26-52}$ в сочетании с некорневой подкормкой и на 21,1–21,9 кг/га (17,2–17,8 %) от $N_{6-12}P_{26-52}K_{18}$ при посеве + НП (табл. 7). Вынос азота вегетативной биомассой растений не зависел от применения подкормки, но увеличивался достоверно от внесения при посеве $N_{6-12}P_{26-52}K_{0-18}$ в сочетании с некорневой подкормкой, превысив показатель в контроле на 2,7–4,3 кг/га (8,7–13,8 %) и показатель ИС + НП на 2,3–3,9 кг/га (7,3–12,4 %). Различия в выносе азота семенами и вегетативной биомассой в зависимости от дозы припосевного удобрения недостоверны.

Таблица 7

Вынос азота семенами и вегетативной биомассой растений сои

Удобрение	Вынос азота семенами по годам, кг/га				Вынос азота вегетативной биомассой по годам, кг/га			
	2016	2018	среднее	к контролю	2016	2018	среднее	к контролю
ИС – контроль	152,9	83,2	123,0	0	38,3	20,8	31,1	0
ИС + НП	166,0	91,5	134,1	11,1	41,6	18,2	31,5	0,4
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	175,2	94,4	140,6	17,6	42,8	21,8	33,8	2,7
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	180,8	96,9	144,9	21,9	44,7	23,1	35,4	4,3
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	178,1	94,5	142,3	19,3	43,3	21,5	33,9	2,8
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	180,0	96,3	144,1	21,1	45,7	21,5	35,3	4,2
НСП ₀₅	4,03	4,88	4,39		2,77	2,94	2,14	

Вынос фосфора семенами при внесении удобрений достоверно возрастал на 1,5 кг/га (5,9 %) от применения некорневой подкормки, на 3,0–4,6 кг/га (118–18,0 %) – $N_{6-12}P_{26-52}K_{0-18}$ при посеве в сочетании с некорневой подкормкой. Вынос элемента вегетативной биомассой не зависел от некорневой подкормки и внесения N_6P_{26} при посеве + НП, а достоверно превышал контроль на 1,0–1,9 кг/га (13,3–

25,3 %) только в вариантах применения $N_{6-12}P_{26-52}K_{0-18}$ при посеве + НП (табл. 8).

Таблица 8

Вынос фосфора семенами и вегетативной биомассой растений сои

Удобрение	Вынос фосфора семенами по годам, кг/га				Вынос фосфора вегетативной биомассой по годам, кг/га			
	2016	2018	среднее	к контролю	2016	2018	среднее	к контролю
ИС – контроль	29,7	19,9	25,5	0	7,4	7,6	7,5	0
ИС + НП	31,2	21,6	27,0	1,5	7,6	7,2	7,4	-0,1
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	32,4	23,3	28,5	3,0	8,0	7,1	7,6	0,1
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	34,9	23,6	30,0	4,5	9,1	8,6	8,9	1,4
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	34,6	22,8	29,6	4,1	8,7	8,3	8,5	1,0
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	35,4	22,9	30,1	4,6	9,6	9,0	9,4	1,9
НСР ₀₅	1,21	1,43	1,12		1,09	1,29	0,75	

В сравнении с контролем при внесении удобрений вынос калия увеличивался: семенами на 2,6–6,1 кг/га (8,2–19,3 %), вегетативной биомассой растений на 1,3–4,9 кг/га (5,7–21,3 %) (табл. 9).

Внесённые удобрения способствовали увеличению общего выноса элементов питания всем растением сорта Лира (семена + вегетативная биомасса) при незначительных различиях в расходе азота, фосфора и калия на образование 1 т семян.

Таблица 9

Вынос калия семенами и вегетативной биомассой растений сои

Удобрение	Вынос калия семенами по годам, кг/га				Вынос калия вегетативной биомассой по годам, кг/га			
	2016	2018	среднее	к контролю	2016	2018	среднее	к контролю
ИС – контроль	41,5	18,5	31,6	0	28,1	16,3	23,0	0
ИС + НП	44,1	20,9	34,2	2,6	30,2	16,4	24,3	1,3
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	45,8	22,5	35,8	4,2	31,3	19,1	26,1	3,1
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	49,2	22,5	37,7	6,1	33,4	19,2	27,3	4,3
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	47,3	22,1	36,5	4,9	32,1	19,0	26,5	3,5
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	49,3	22,4	37,7	6,1	36,1	19,7	27,9	4,9
НСР ₀₅	2,15	1,69	1,63		1,98	2,14	1,41	

Вынос азота от применения некорневой подкормки (НП) увеличился на 11,1 кг/га (7,5 %), $N_{6-12}P_{26-52}$ при посеве + НП – на 19,5–21,1 кг/га (13,2–14,3 %), а от $N_{6-12}P_{26-52}K_{18}$ + НП – на 24,2–25,2 кг/га (16,4–17,1 %) (табл. 10). Средний вынос азота в 2016 г. в связи с более высокой урожайностью составил 214,9 кг/га, в 2018 г. – 114,0 кг/га, или на 47,0 % меньше. Однако расход элемента на образование 1 т семян различался не столь значительно: 78,3 и 73,8 кг соответственно по годам. В среднем за годы исследований расход азота составил 76,0 кг/т семян.

Таблица 10

Общий вынос азота и расход элемента на образование 1 т семян сои

Удобрение	Вынос азота растениями по годам, кг/га				Расход азота по годам, кг/т семян		
	2016	2018	среднее	к контролю	2016	2018	среднее
ИС – контроль	191,2	104,0	147,6	0	77,4	76,5	77,0
ИС + НП	207,6	109,7	158,7	11,1	78,9	71,2	75,1
ИС + N_6P_{26} при посеве + НП	218,0	116,2	167,1	19,5	78,7	73,1	75,9
ИС + $N_6P_{26}K_{18}$ при посеве + НП	225,5	120,0	172,8	25,2	78,3	75,0	76,7
ИС + $N_{12}P_{52}$ при посеве + НП	221,4	116,0	168,7	21,1	77,7	73,4	75,6
ИС + $N_{12}P_{52}K_{18}$ при посеве + НП	225,7	117,8	171,8	24,2	78,6	73,6	76,1
НСР ₀₅	5,62	5,31	5,51		$F_F < F_{05}$	3,45	$F_F < F_{05}$

Вынос фосфора достоверно возрастал в сравнении с контролем на 1,5 кг/га (4,6 %) от применения некорневой подкормки (НП), на 3,1–6,2 кг/га (9,6–19,2 %) от сочетания внесения минеральных удобрений при посеве с некорневой подкормкой (табл. 11). По сравнению с некорневой подкормкой растений внесение N_6P_{26} способствовало увеличению выноса фосфора на 1,6 кг/га, $N_{12}P_{52}$ – на 3,5 кг/га, а с добавлением к указанным дозам K_{18} – на 4,3–4,7 кг/га (НСР₀₅ 1,41 кг/га). Средний по вариантам опыта вынос фосфора в 2016 г. составил 41,1 кг/га, в 2018 г. –

30,3 кг/га, или на 11,1 кг/га (26,8 %) меньше. Следует отметить более высокий расход фосфора в засушливом 2018 г. (19,6 кг/т семян) в сравнении с благоприятным 2016 г. (15,1 кг/т семян) (табл. 11). Различия в расходе фосфора по вариантам опыта были незначительны. В среднем за два года исследований на образование 1 т семян сорта Лира расходовалось 17,4 кг фосфора.

Таблица 11

Общий вынос фосфора и расход элемента на образование 1 т семян сои

Удобрение	Вынос фосфора растениями по годам, кг/га				Расход фосфора по годам, кг/т семян		
	2016	2018	среднее	к контролю	2016	2018	среднее
ИС – контроль	37,0	27,5	32,3	0	15,0	20,2	17,6
ИС + НП	38,8	28,8	33,8	1,5	14,8	18,7	16,8
ИС + N ₆ P ₂₆ при посеве + НП	40,4	30,3	35,4	3,1	14,6	19,1	16,9
ИС + N ₆ P ₂₆ K ₁₈ при посеве + НП	44,0	32,2	38,1	5,8	15,3	20,1	17,7
ИС + N ₁₂ P ₅₂ при посеве + НП	43,4	31,1	37,3	5,0	15,2	19,7	17,5
ИС + N ₁₂ P ₅₂ K ₁₈ при посеве + НП	45,0	32,0	38,5	6,2	15,7	20,0	17,9
НСР ₀₅	1,79	1,87	1,41		F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

Вынос калия достоверно возрастал по сравнению с контролем на 3,7 кг/га (7,1 %) от некорневой подкормки (НП), на 7,2–10,5 кг/га (13,8–20,1 %) от сочетания припосевного удобрения с подкормкой растений (табл. 12). В сравнении с вариантом с подкормкой (ИС + НП) от внесения при посеве N₆₋₁₂P₂₆₋₅₂ вынос калия возрастает на 3,5–4,4 кг/га (6,3–7,9 %), от полного минерального удобрения N₆₋₁₂P₂₆₋₅₂K₁₈ – на 6,2–6,8 кг/га (11,1–12,2 %). Включение в состав удобрения K₁₈ способствовало увеличению выноса калия на 2,7 кг/га (4,5 %) в сравнении с N₆P₂₆ и на 2,4 кг/га (4,0 %) – N₁₂P₅₂. В среднем по вариантам опыта вынос калия растениями сои достигал 77,7 кг/га в 2016 г., а в 2018 г. он был 39,8 кг/га, или на 48,8 % меньше. Расход калия на образование 1 т семян не зависел от применения удобрений (табл. 12) и составил 27,8–29,1 кг/т в 2016 г., 24,3–26,3 кг/т в 2018 г., а в среднем за

два года 26,3–27,7 кг/т семян. Различия в показателях по вариантам опыта были незначительны. В среднем по опытам на образование 1 т семян сорта Лира расходовалось 27,0 кг калия.

В расходе элементов питания на образование 1 т семян соотношение N : P₂O₅ : K₂O составило 1 : 0,22–0,24 : 0,35–0,36 и не зависело от применения удобрений. На единицу израсходованного азота приходилось в среднем 0,23 единицы фосфора и 0,36 единицы калия.

Таблица 12

Общий вынос калия и расход элемента на образование 1 т семян сои

Удобрение	Вынос калия растениями по годам, кг/га				Расход калия по годам, кг/т семян		
	2016	2018	среднее	к контролю	2016	2018	среднее
ИС – контроль	69,5	34,9	52,2	0	28,1	25,7	26,9
ИС + НП	74,4	37,4	55,9	3,7	28,3	24,3	26,3
ИС + N ₆ P ₂₆ при посеве + НП	77,0	41,7	59,4	7,2	27,8	26,2	27,0
ИС + N ₆ P ₂₆ K ₁₈ при посеве + НП	82,6	41,6	62,1	9,9	28,7	26,0	27,4
ИС + N ₁₂ P ₅₂ при посеве + НП	79,3	41,2	60,3	8,1	27,8	26,1	27,0
ИС + N ₁₂ P ₅₂ K ₁₈ при посеве + НП	83,4	42,0	62,7	10,5	29,1	26,3	27,7
НСР ₀₅	3,13	2,41	2,45		F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

Закключение. Внесённые на фоне среднего содержания подвижного фосфора, повышенного содержания доступного азота и обменного калия при посеве азотно-фосфорное (N₆P₂₆, N₁₂P₅₂), полное минеральное (N₆P₂₆K₁₈, N₁₂P₅₂K₁₈) удобрения и в подкормку комплексное удобрение марки 18: 18 : 18 в дозе 1,05 кг/га способствовали увеличению урожайности сои сорта Лира на 0,17–0,32 т/га, накоплению сухой вегетативной биомассы (стебли, листья, створки бобов) на 0,14–0,51 т/га по

сравнению с контролем (инокуляция семян штаммами *Bradyrhizobium japonicum*).

Удобрения не оказывали существенно-го влияния на содержание общего азота в семенах и в вегетативной биомассе растений сои. В среднем азота содержалось в семенах 6,12–6,17 %, в вегетативной биомассе – 0,99–1,04 %. В благоприятном для произрастания сорта Лира 2016 г. содержание азота было выше в сравнении с засушливым 2018 г.: в семенах – 6,22–6,34 и 5,92–6,10 %, в вегетативной биомассе – 1,13–1,14 и 0,85–0,94 % соответственно.

Внесённые удобрения не влияли существенно на содержание общего фосфора в семенах и в вегетативной биомассе растений. В семенах его количество составило 1,30–1,34 %, в вегетативной биомассе – 0,25–0,30 %. Не выявлено влияние внесённого при посеве фосфора в дозах P_{26} и P_{52} на содержание элемента ни в семенах, ни в вегетативной биомассе растений сои.

Не оказывали существенного влияния удобрения и на содержание в растениях общего калия. В семенах количество элемента достигало 1,52–1,56 %, в вегетативной биомассе – 0,78–0,82 %. Внесение K_{18} в составе азотно-фосфорного удобрения не отразилось на содержании калия. В среднем в семенах калия содержалось 1,54 %, в вегетативной биомассе – 0,80 %.

Вынос азота семенами в сравнении с контролем (ИС) достоверно возрастал от некорневой подкормки (НП) на 11,1 кг/га (9,0 %), от внесения азотно-фосфорного $N_{6-12}P_{26-52}$ и полного минерального $N_{6-12}P_{26-52}K_{18}$ удобрения в сочетании с некорневой подкормкой – на 17,6–21,9 кг/га (14,3–17,8 %), а сухой вегетативной биомассой – соответственно на 0,4 кг/га (1,3 %) и 2,7–4,3 кг/га (8,7–13,8 %).

Вынос фосфора семенами достоверно увеличивался от применения некорневой подкормки на 1,5 кг/га (5,9 %), внесения разных доз азотно-фосфорного и полного минерального удобрения при посеве в сочетании с подкормкой растений – на 3,0–4,6 кг/га (11,8–18,0 %) относительно контроля, а вынос элемента сухой вегетатив-

ной биомассой увеличивался на 1,0–1,9 кг/га (13,3–25,3 %) только от припосевного удобрения в дозах $N_{6-12}P_{26-52}K_{0-18}$ + НП.

Вынос калия семенами возрастал от применения удобрений относительно контроля на 2,6–6,1 кг/га (8,2–19,3 %), сухой вегетативной биомассой – на 1,3–4,9 кг/га (5,7–21,3 %).

Внесённые удобрения способствовали увеличению общего выноса элементов питания всем растением (семена + вегетативная биомасса). Средний вынос азота возрастал на 11,1–25,2 кг/га (7,5–17,1 %), фосфора – на 1,5–6,2 кг/га (4,6–19,2 %), калия – на 3,7–10,5 кг/га (7,1–20,1 %). Максимальный вынос элементов отмечен при внесении при посеве $N_6P_{26}K_{18}$, $N_{12}P_{52}$, $N_{12}P_{52}K_{18}$ в сочетании с некорневой подкормкой растений. Разница в выносе азота, фосфора и калия растениями в этих вариантах несущественна.

На образование 1 т семян растения сорта Лира расходовали 75,1–77,0 кг азота, 16,8–17,9 кг фосфора, 26,3–27,7 кг калия, а в среднем за 2 года исследований 76,0 кг азота, 17,4 кг фосфора, 27,0 кг калия при соотношении в расходе $N : P_2O_5 : K_2O = 1,0 : 0,23 : 0,36$.

Список литературы

1. РОССТАТ. – 2018. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gks.ru
2. Онищенко Л.М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозёма выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур: дис. ... д-ра с.-х. наук / Людмила Михайловна Онищенко. – Краснодар, 2015. – 668 с.
3. Гужвин С.А. Система удобрения сои на обыкновенном чернозёме Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук / Сергей Александрович Гужвин. – п. Персиановский, 2003. – 200 с.
4. Nosov V.V., Biryukova O.A., Kuprov A.V. and Bozhkov D.V. Optimizing maize and soybean nutrition in Southern Russia // Better Crops with Plant Food. – 2014. – Vol. 98 (3). – P. 10–12.

5. Тишков Н.М., Дряхлов А.А. Отзывчивость сои на некорневую подкормку микроудобрениями на чернозёме выщелоченном Краснодарского края // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 1 (165). – С. 81–87.

6. Тишков Н.М., Тильба В.А., Дряхлов А.А. Эффективность некорневой подкормки сои микроэлементами на чернозёме выщелоченном Краснодарского края при многолетнем учёте динамики изменения температурного режима и условий увлажнения // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 2 (170). – С. 37–54.

7. Google Earth Pro, © Google LLC, 2018.

8. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общ. ред. В.М. Лукомца; второе изд., перераб. и доп. – Краснодар, 2010. – 327 с.

9. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Альянс, 2014. – 352 с.

11. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. – Краснодар, 2015. – С. 258–278.

References

1. РОССТАТ. – 2018 [Электронный ресурс]. – URL: www.gks.ru.

2. Онищенко Л.М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозёма выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур: дис. ... д-ра с.-х. наук / Людмила Михайловна Онищенко. – Краснодар, 2015. – 668 с.

3. Гужвин С.А. Система удобрения сои на обыкновенном чернозёме Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук / Сергей

Александрович Гужвин. – п. Персиановский, 2003. – 200 с.

4. Nosov V.V., Biryukova O.A., Kuprov A.V. and Bozhkov D.V. Optimizing maize and soybean nutrition in Southern Russia // Better Crops with Plant Food. – 2014. – Vol. 98 (3). – P. 10–12.

5. Тишков Н.М., Дряхлов А.А. Отзывчивость сои на некорневую подкормку микроудобрениями на чернозёме выщелоченном Краснодарского края // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2016. – Вып. 1 (165). – С. 81–87.

6. Тишков Н.М., Тильба В.А., Дряхлов А.А. Эффективность некорневой подкормки сои микроэлементами на чернозёме выщелоченном Краснодарского края при многолетнем учёте динамики изменения температурного режима и условий увлажнения // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 2 (170). – С. 37–54.

7. Google Earth Pro, © Google LLC, 2018.

8. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общ. ред. В.М. Лукомца; 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар, 2010. – 327 с.

9. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Альянс, 2014. – 352 с.

11. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. – Краснодар, 2015. – С. 258–278.

Получено: 04.09.2019

Received: 04.09.2019

Принято: 11.11.2019

Accepted: 11.11.2019