

Научная статья

УДК 633.853.52:631.816.32:631.559.2

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-3-195-40-47

Урожайность и качество урожая сортов сои разных групп спелости при припосевном внесении минеральных удобрений в условиях центральной природно-климатической зоны Краснодарского края

Маргарита Вячеславовна Шкарупа

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
Тел.: 8 (861) 275-85-11
agrohim@vniimk.ru

Аннотация. Урожайность и качество семян сои во многом зависят от погодных условий вегетационного периода и минерального питания. Биологические особенности сортов оказывают влияние на потребление элементов питания растениями. Цель исследований – установить влияние припосевного внесения удобрений в дозах $N_{30}P_{30}$ и $N_{30}P_{30}S_{21}$ на фоне инокуляции семян на урожайность и качество урожая сортов разных групп спелости селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (Вита, Славия, Ирбис и Вилана бета) в условиях центральной природно-климатической зоны Краснодарского края. В 2020–2022 гг. на черноземе выщелоченном в полевом двухфакторном опыте припосевное внесение минеральных удобрений способствовало увеличению урожайности раннеспелого сорта Славия на 0,17–0,21 т/га и среднераннего сорта Вилана бета на 0,12 т/га. Удобрения не способствовали достоверному росту урожайности очень раннего сорта Вита и раннеспелого высокобелкового сорта Ирбис. Доля влияния припосевного удобрения на урожайность составляла 1,8–14,1 % в зависимости от года исследований при доле влияния сорта 59,7–94,9 %. Выявлена положительная зависимость урожайности изучаемых сортов от количества осадков в период цветения – налив семян. Припосевное внесение удобрений не оказывало значительного влияния на содержание протеина и масла в семенах сои. Выявлена сортовая специфика зависимости содержания протеина и масла в семенах от суммы осадков в фазе налива семян: у очень ран-

него сорта Вита при увеличении количества осадков возрастало содержание масла и уменьшалось содержание протеина, а у раннеспелых сортов Славия, Ирбис и среднераннего сорта Вилана бета в этих условиях, наоборот, содержание протеина повышалось и снижалось содержание масла.

Ключевые слова: соя, урожайность, качество урожая, группы спелости, минеральные удобрения, припосевное удобрение

Для цитирования: Шкарупа М.В. Урожайность и качество урожая сортов сои разных групп спелости при припосевном внесении минеральных удобрений в условиях центральной природно-климатической зоны Краснодарского края // Масличные культуры. 2023. Вып. 3 (195). С. 40–47.

Работа выполнена под руководством д-ра с.-х. наук Тишкова Николая Михайловича.

Благодарности. Автор выражает благодарность д-ру биол. наук, акад. Рос. акад. наук Тильбе В.А. и канд. с.-х. наук Махонину В.Л. за помощь и советы при проведении исследования.

UDC 633.853.52:631.816.32:631.559.2

Yield and yield quality of soybeans of the different maturity groups at presowing application of mineral fertilizers in the central natural-climatic zone of the Krasnodar region

Shkarypa M.V., junior researcher

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops
17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
Tel.: 8 (861) 275-85-11
agrohim@vniimk.ru

Abstract. Yield and quality of soybean seeds depend largely on the weather conditions during a growing season and mineral nutrition. Biological features of the cultivars influenced nutrients consumption by plants. The purpose of the research is to determine impact of presowing fertilizer application in doses $N_{30}P_{30}$ and $N_{30}P_{30}S_{21}$ under seeds inoculation on yield and yield quality of the cultivars of the different maturity groups bred in the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (Vita, Slaviya, Irbis, and Vilana beta) in the central natural-climatic zone of the Krasnodar region. In 2020–2022, on leached chernozem in field two-factor experiment, the presowing application of mineral fertilizers promoted the yield increase of the middle maturing cultivar Slaviya 0.17–0.21 t/ha and the middle-early maturing cultivar Vilana beta by 0.12 t/ha. The fertilizers did not effect reliably the yield increase of the early maturing cultivar Vita and the early maturing highly protein cultivar Irbis. A share of impact of the presowing

fertilizers on seed yield was 1.8–14.1% depending on the year of the research and a share of the cultivar impact – 59.7–94.9%. The positive correlation between yield of the studied cultivars and precipitation amount during a period flowering – seed formation was revealed. The presowing application of fertilizers did not influenced significantly protein content and oil in soybean seeds. The protein content and oil in seeds depended on the cultivar and precipitation amount in a phase of seeds formation: under increasing of the precipitations oil raised and protein content lowered in the seeds of the very early maturing cultivar Vita, at the same conditions, on the contrary, protein content increased and oil decreased in the seeds of the early maturing cultivars Slaviya, Irbis, and the middle-early maturing cultivar Vilana beta.

Key words: soybean, yield, yield quality, maturity groups, mineral fertilizers, presowing fertilizer

The scientific supervisor of *this work* is **Tishkov Nikolay Mikhaylovich**, a doctor of agriculture.

Acknowledgements. The author thanks Tilba V.A., a doctor of biology, academician RAS, and Makhonin V.L., PhD in agriculture, for help and advices in the research.

Введение. На формирование урожая сои и его качество большое влияние оказывают погода в течение вегетационного периода и условия минерального питания. Соя слабо отзывается на применение минеральных удобрений на плодородных почвах, так как она способна обеспечивать свои потребности в азоте путем симбиотической его фиксации из воздуха, а фосфор и калий использовать из трудно-растворимых соединений почвы.

Азотное питание сои во многом зависит от биологических особенностей сортов и почвенно-климатических условий [1; 2; 3]. При инокуляции семян препаратами клубеньковых бактерий доля биологического азота в общем его потреблении может достигать более 70 %, но стартовые дозы азотных удобрений (N_{20-50}) могут положительно влиять на продуктивность растений за счет улучшения питания азотом до начала функционирования симбиотического аппарата [4; 5; 6].

Припосевное внесение азотно-фосфорного $N_{6-12}P_{26-52}$ и полного $N_{6-12}P_{26-52}K_{18}$ удобрений на фоне инокуляции семян и

некорневой подкормки растений комплексным минеральным удобрением марки 18 : 18 : 18 с микроэлементами (1,05 кг/га) в благоприятном по характеру увлажнения 2016 г. способствовало существенно-му увеличению урожайности сои сорта Лира – на 0,14–0,25 т/га, а в засушливом 2018 г. только на 0,04–0,06 т/га [7].

Сера способствует активному развитию симбиотического аппарата сои, усвоению растениями макро- и микроэлементов, образованию аминокислот и накоплению белка в семенах. При низкой обеспеченности чернозема выщелоченного подвижными соединениями серы в условиях Краснодарского края подкормка растений сои серосодержащим удобрением $N_{40}S_4$ способствовала увеличению урожайности на 0,05 т/га и сбора протеина на 21 кг/га по сравнению с дозой N_{40} [8].

Цель наших исследований – установить влияние припосевного внесения азотно-фосфорного $N_{30}P_{30}$ и азотно-фосфорно-серного $N_{30}P_{30}S_{21}$ удобрений на фоне инокуляции семян препаратами клубеньковых бактерий на формирование урожая и его качество при выращивании сортов разных групп спелости селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в условиях центральной природно-климатической зоны Краснодарского края.

Материалы и методы. Изучение влияния припосевного внесения удобрений на урожайность и качество урожая сортов сои проводили в полевом двухфакторном опыте на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар) согласно «Методике проведения агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами» [9].

Объектами исследований служили сорта сои (фактор А): Вита – очень ранний, вегетационный период 90–100 суток; Славия – раннеспелый, вегетационный период 103–108 суток; Ирбис – раннеспелый высокобелковый, вегетационный период 104–110 суток; Вилана бета – среднеранний, вегетационный период 112–120 суток.

Семена сои перед посевом инокулировали препаратом ХайКоуг Супер Соя (1,42 л/т) с адьювантом ХайКоуг Супер Экстендер (1,42 л/т). Посев широкорядный с междурядьями 70 см с одновременным внесением минеральных удобрений сеялкой «Gaspardo MT 8» по схеме (фактор В):

1. Контроль, без внесения удобрений;
2. N₃₀P₃₀ (тукосмесь из аммофоса и аммиачной селитры);
3. N₃₀P₃₀S₂₁ (сульфоаммофос NP(S) марки 20 : 20(14)).

Общая площадь делянки 56 м², учётная – 28 м², повторность четырёхкратная. Посев проводили в первой декаде мая, норма высева семян 430 тыс. шт./га. Глубина заделки семян 4–6 см, минеральных удобрений – 12–14 см со смещением на 3 см в сторону от линии ряда семян.

Агротехника в опытах рекомендованная для центральной природно-климатической зоны Краснодарского края [10]. Предшественник – озимая пшеница, под которую вносили N_{90–100}S₂₄. Основная обработка почвы – улучшенная зябь, включающая два лущения стерни на 6–8 и 8–10 см и отвальную вспашку в октябре на глубину 20–22 см. Весной до посева проводили две культивации: в начале апреля (8–10 см) и перед посевом (6–8 см). В течение вегетации в 2020–2022 гг. проводили две междурядные культивации, ручные прополки для полного уничтожения сорняков, только в 2022 г. в фазе образования третьего тройчатосложного листа у сои вносили гербицид Концепт, МД (1,0 л/га). Уборку урожая осуществляли по мере созревания сортов с третьей декады августа по вторую декаду сентября селекционным малогабаритным комбайном «Wintersteiger». Урожайные данные приводили к 100%-ной чистоте и 14%-ной влажности семян. Содержание протеина и масла в семенах определяли в лаборатории биохимии ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК на анализаторе NIR System 4500.

Экспериментальные данные, полученные в опыте, оценивали методами дисперсионного и корреляционного анализа [11].

Почва опытных участков – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лёссовидной лёгкой глине. Перед посевом пахотный слой почвы (0–20 см) в годы исследований характеризовался слабокислой реакцией почвенного раствора (рН_{KCl} = 5,0–5,2), средней нитрификационной способностью (11,2–13,5 мг/кг), низкой обеспеченностью подвижной серой (3,3–4,2 мг/кг), средней и повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (18,0–37,0 мг/кг в вытяжке по методу Мачигина) и повышенной обеспеченностью обменным калием (332,0–395,0 мг/кг в вытяжке по методу Мачигина).

Результаты и обсуждение. Погодные условия вегетационного периода сои (с апреля по сентябрь) в 2020–2022 гг. существенно различались и оказывали влияние на формирование урожая культуры. В 2020 и 2022 гг. общая сумма осадков за период апрель – сентябрь была меньше климатической нормы (средние данные за 1991–2020 гг.) на 60,7 и 30,5 мм соответственно, в 2021 г. – больше на 79,1 мм (табл. 1), но характер их распределения был для сои в 2020 и 2022 гг. более благоприятным, чем в 2021 г.

Особенностью погоды в 2020 г. была низкая влагообеспеченность посевов сои в начале вегетации (период всходы – ветвление) – дефицит осадков в мае – июне составил 73,1 мм (50,9 %), но в июле количество осадков превышало норму на 59,5 мм (89,5 %).

В 2021 г. в начале вегетации сои выпадали обильные осадки (131,3 % от климатической нормы), что способствовало накоплению большой вегетативной массы. Но в фазы бобообразования и налива семян (с середины июля до середины августа) сумма осадков составила всего 13 мм при среднесуточных температурах на 3,8–3,9 °C выше среднегодовалого показателя, что негативно повлияло на семенную продуктивность сои в 2021 г.

В 2022 г. хоть начало вегетации сои в мае до образования трех тройчатосложных листьев и сопровождалось небольшим дефицитом влаги, но до фазы созревания (вторая – третья декады августа) количество осадков было оптимальным и близким к норме.

Критическим периодом по отношению к влаге у сои являются фазы от цветения до окончания налива семян, недостаток осадков в это время существенно снижает урожайность культуры [12; 13]. У изучаемых сортов в 2020, 2021 и 2022 гг. эти фазы протекали в период с третьей декады июня по первую декаду августа включительно. В 2021 г. сумма осадков в этот отрезок времени составила всего 58,3 % от среднеголетних показателей, а в 2020 и 2022 гг. – 120,1 и 167,7 % от нормы соответственно. Так как продуктивность сои в наибольшей степени коррелирует с количеством осадков в период формирования генеративных органов, можно охарактеризовать 2021 г. как неблагоприятный, а 2020 и 2022 гг. – как благоприятные.

Таблица 1

Погодные условия вегетационного периода сои в 2020–2022 гг.

Метеостанция «СаирoBase», г. Краснодар

Год	Месяц						За период апрель – сентябрь
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Среднесуточная температура воздуха, °С							
Климатическая норма*	12,4	17,9	22,2	24,8	24,7	19,2	20,0
2020	10,7	17,3	23,6	26,4	24,6	21,7	20,7
2021	12,1	19,2	22,8	27,1	26,5	18,0	21,0
2022	14,5	16,5	24,1	24,7	27,1	20,3	21,2
Количество осадков, мм							
Климатическая норма*	48,4	64,5	79,2	66,5	41,5	49,8	349,9
2020	4,4	44,8	25,8	126,0	17,0	71,2	289,2
2021	80,6	48,2	126,8	23,2	88,4	61,8	429,0
2022	24,2	47,8	127,2	56,4	39,6	24,2	319,4

* – средние данные за 1991–2020 гг.

Выявлена положительная реакция сортов сои на внесение удобрений при посеве – в среднем за 3 года прибавки урожая семян составили 0,12 т/га (табл. 2). Наибольшие и достоверные прибавки

урожая получены при внесении N₃₀P₃₀ и N₃₀P₃₀S₂₁ на сортах Славия – 0,17–0,21 т/га (6,2–7,6 %) и Вилана бета – по 0,12 т/га (4,2 %).

Отмечена сортовая специфика формирования величины урожайности в зависимости от продолжительности вегетационного периода и погодных условий в период цветения – налива семян изучаемых сортов. Наибольшая и близкая урожайность получена у среднераннего сорта Вилана бета и раннеспелого сорта Славия (2,92 и 2,88 т/га соответственно), а самая низкая – у очень раннего сорта Вита (2,31 т/га).

Самая высокая урожайность в опыте получена в 2022 г. – в среднем по вариантам опыта она составила 3,27 т/га, а наименьшая – в 2021 г. (2,07 т/га).

Таблица 2

Урожайность сортов сои при припосевном внесении минеральных удобрений

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.

Сорт (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Урожайность (т/га) по годам			Средняя за 3 года урожайность семян (т/га) по		
		2020	2021	2022	вариантам	сортам	удобрению
Вита	Контроль	2,31	1,93	2,52	2,25	2,31	2,61
	N ₃₀ P ₃₀	2,39	2,00	2,62	2,34		2,73
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	2,42	2,00	2,61	2,34		2,73
Славия	Контроль	2,93	2,05	3,29	2,76	2,88	
	N ₃₀ P ₃₀	3,07	2,29	3,54	2,97		
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	3,11	2,28	3,40	2,93		
Ирбис	Контроль	2,66	1,95	3,17	2,59	2,64	
	N ₃₀ P ₃₀	2,77	1,99	3,21	2,66		
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	2,77	2,01	3,27	2,68		
Вилана бета	Контроль	2,71	2,07	3,75	2,84	2,92	
	N ₃₀ P ₃₀	2,83	2,10	3,96	2,96		
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	2,86	2,11	3,90	2,96		
НСР ₀₅	вариантов	0,12	0,08	0,13	–	–	–
	сортов	0,08	0,05	0,08	–	–	–
	удобрения	0,06	0,04	0,07	–	–	–

Доля влияния припосевного удобрения на урожайность сортов сои варьировала по годам: от 1,8 % в 2022 г. до 14,1 % в 2021 г. при доле влияния сорта от 59,7 % в 2021 г. до 94,9 % в 2022 г.

По результатам исследований установлена положительная зависимость урожайности изучаемых сортов сои от количества осадков в период цветения – налив семян (третья декада июня – первая декада августа) с коэффициентами корре-

ляции от 0,971 у Славии до 0,995 у Ирбиса при необходимом значении ($df = 34$) 0,33 (рис. 1). При увеличении количества осадков на 20 мм урожайность сорта Вилана бета увеличивалась на 0,31 т/га, у сортов Славия и Ирбис – на 0,21–0,22 т/га и у сорта Вита – на 0,11 т/га.

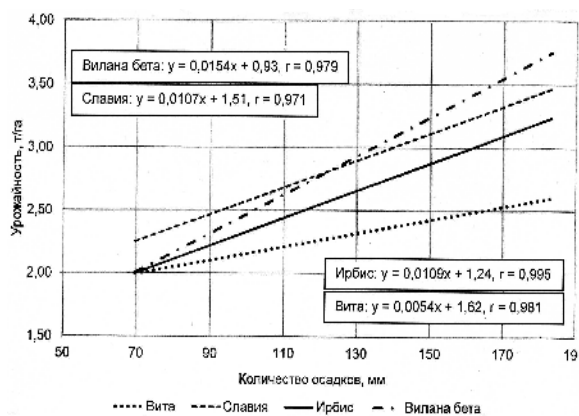


Рисунок 1 – Зависимость урожайности сортов сои от количества осадков в период цветения – налив семян ($n = 36$) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 г.)

На содержание протеина в семенах изучаемых сортов применение удобрений в среднем за 2020–2022 гг. не оказывало существенного влияния (табл. 3).

Таблица 3

Содержание протеина в семенах сортов сои при припосевном внесении минеральных удобрений

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.

Сорт (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Содержание протеина (%) по годам			Среднее за 3 года содержание протеина в семенах (%) по	
		2020	2021	2022	вариантам	сортам
Вита	Контроль	42,1	43,2	41,5	42,3	43,1
	$N_{30}P_{30}$	42,2	43,0	41,6	42,3	
	$N_{30}P_{30}S_{21}$	41,2	43,3	42,0	42,2	
Славия	Контроль	39,2	43,0	41,6	41,3	41,4
	$N_{30}P_{30}$	39,5	43,5	41,5	41,5	
	$N_{30}P_{30}S_{21}$	39,2	43,1	41,6	41,3	
Ирбис	Контроль	43,3	46,9	44,6	44,9	44,9
	$N_{30}P_{30}$	43,1	47,6	44,5	45,1	
	$N_{30}P_{30}S_{21}$	43,2	46,8	44,1	44,7	
Вилана бета	Контроль	42,5	45,4	43,4	43,8	43,6
	$N_{30}P_{30}$	42,4	45,3	43,4	43,7	
	$N_{30}P_{30}S_{21}$	42,5	44,6	43,2	43,4	
НСР ₀₅	вариантов	0,56	0,46	0,50	–	–
	сортов	0,32	0,26	0,29	–	–
	удобрения	0,28	0,23	0,25	–	–

В 2021 г. при внесении при посеве дозы $N_{30}P_{30}$ содержание протеина в семенах сортов Славия и Ирбис увеличивалось на 0,5–0,7 % и снижалось у сорта Вилана бета при внесении $N_{30}P_{30}S_{21}$ на 0,8 % по сравнению с контролем без удобрений. В 2022 г. при внесении $N_{30}P_{30}S_{21}$ у сорта Вита содержание протеина относительно контроля увеличивалось на 0,5 %, а у сорта Ирбис снижалось на 0,5 %.

Отмечались значительные различия по этому показателю между сортами: в среднем за 2020–2022 гг. максимальное содержание протеина в семенах было у высокобелкового сорта Ирбис (44,9 %), наименьшее – у сорта Славия (41,4 %).

В 2021 г. получено наибольшее содержание протеина в семенах – 44,6 % в среднем по опыту, в 2022 г. показатель был меньше на 1,9 %, а в 2020 г. – на 2,9 %.

Доля влияния припосевного внесения минеральных удобрений на содержание протеина в семенах изучаемых сортов сои была очень низкой: в 2020 г. она составила 0,5 %, в 2021 г. – 1,0 %, а в 2022 г. влияния не установлено.

Установлена отрицательная зависимость содержания протеина от урожайности у изучаемых сортов сои (рис. 2), что подтверждает результаты проведенных ранее во ВНИИМК исследований [7; 13]. Высокая зависимость установлена у сортов Вита ($r = -0,781$) и Ирбис ($r = -0,724$), а средняя – у Славии ($r = -0,554$) и Виланы бета ($r = -0,549$).

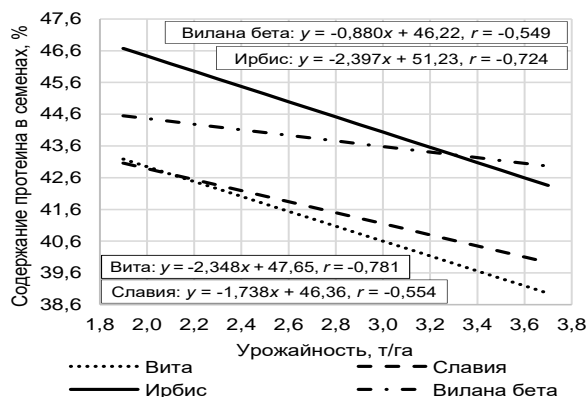


Рисунок 2 – Зависимость содержания протеина в семенах от урожайности сортов сои ($n = 36$) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.)

По результатам корреляционного анализа выявлена положительная зависимость содержания протеина в семенах от количества осадков в фазе налива семян у сортов сои Славия ($r = 0,993$), Ирбис ($r = 0,989$) и Вилана бета ($r = 0,981$) и отрицательная у сорта Вита ($r = -0,897$) (рис. 3).

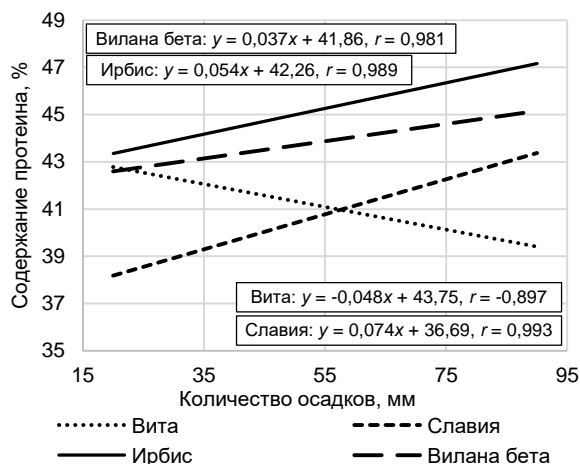


Рисунок 3 – Зависимость содержания протеина в семенах сортов сои от количества осадков в фазе налива семян ($n = 36$) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.)

В годы исследований у очень раннего сорта Вита фаза налива семян протекала в период с третьей декады июля по первую декаду августа включительно, у ранне-спелого сорта Славия – с третьей декады июля по вторую декаду августа, у ранне-спелого сорта Ирбис и среднераннего Вилана бета – с первой по третью декады августа. При увеличении количества осадков на 20 мм содержание протеина в семенах сортов Славия, Ирбис и Вилана бета увеличивалось на 1,5; 1,1 и 0,7 % соответственно, а у сорта Вита уменьшалось на 1,0 %.

На содержание масла в семенах изучаемых сортов применение удобрений в среднем за 2020–2022 гг. не оказывало существенного влияния (табл. 4). Отмечались значительные различия по этому показателю между сортами: максимальное содержание масла в семенах было у очень раннего сорта Вита (22,1 %), наименьшее – у высокобелкового сорта Ирбис (19,7 %).

В среднем по опыту наименьшее содержание масла в семенах наблюдалось в 2021 г. – 20,0 %, в 2020 и 2022 гг. показатель был больше на 1,7 и 1,6 % соответственно в сравнении с 2021 г.

Таблица 4

Содержание масла в семенах сортов сои при припосевном внесении минеральных удобрений

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.

Сорт (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Содержание масла (%) по годам			Среднее за 3 года содержание масла в семенах (%) по		
		2020	2021	2022	вариантам	сортам	удобрению
Вита	Контроль	21,8	21,8	22,8	22,1	22,1	21,0
	N ₃₀ P ₃₀	21,7	21,7	22,8	22,1		21,0
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	22,4	21,5	22,6	22,2		21,1
Славия	Контроль	22,9	21,2	22,0	22,0	22,0	
	N ₃₀ P ₃₀	22,7	20,8	22,3	21,9		
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	22,8	21,2	22,2	22,1		
Ирбис	Контроль	20,4	17,7	20,7	19,6	19,7	
	N ₃₀ P ₃₀	20,7	17,9	20,8	19,8		
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	20,5	18,0	20,8	19,8		
Вилана бета	Контроль	20,9	19,3	20,9	20,4	20,4	
	N ₃₀ P ₃₀	20,9	18,6	20,9	20,1		
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	20,8	19,9	21,0	20,6		
НСР ₀₅	вариантов	0,38	0,48	0,41	–	–	–
	сортов	0,22	0,28	0,24	–	–	–
	удобрения	0,20	0,24	0,21	–	–	–

По результатам корреляционного анализа выявлена положительная зависимость содержания масла в семенах от количества осадков в фазе налива семян у сорта Вита ($r = 0,801$) и отрицательная у сортов Славия ($r = -0,966$), Ирбис ($r = -0,924$) и Вилана бета ($r = -0,872$) (рис. 4).

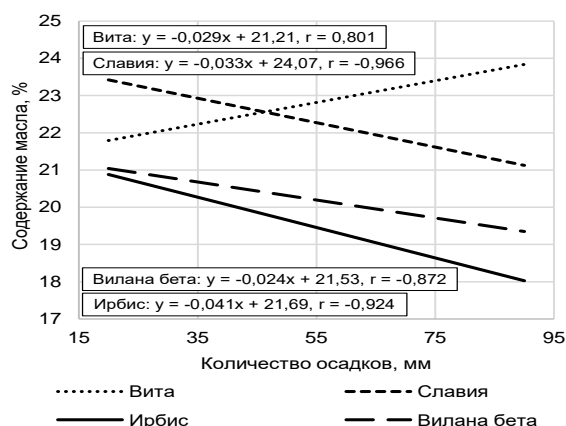


Рисунок 4 – Зависимость содержания масла в семенах сортов сои от количества осадков в фазе налива семян (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.)

При увеличении количества осадков на 20 мм содержание масла в семенах сорта Вита увеличивается на 0,6 %, а у сортов Ирбис, Славия и Вилана бета уменьшается на 0,8; 0,7 и 0,5 % соответственно.

Установлена отрицательная зависимость между содержанием протеина в семенах сои и содержанием масла с коэффициентами корреляции от $r = -0,799$ у Виты до $r = -0,963$ у Славии, а в среднем по изучаемым сортам $r = -0,925$, что согласуется с проведенными ранее исследованиями [7; 13].

Выводы. 1. Припосевное внесение минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{30}$ и $N_{30}P_{30}S_{21}$ на фоне заделки в почву растительных остатков предшественника – озимой пшеницы и инокуляции семян сои клубеньковыми бактериями в среднем за 2020–2022 гг. способствовало достоверному увеличению урожайности у раннеспелого сорта Славия (на 0,17–0,21 т/га) и среднераннего сорта Вилана бета (на 0,12 т/га). В среднем по сортам прибавка урожая составила 0,12 т/га. Урожайность сортов Вита и Ирбис существенно не изменялась при внесении удобрений. Серосодержащее припосевное удобрение в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ не способствовало достоверному изменению урожайности изучаемых сортов сои по сравнению с дозой $N_{30}P_{30}$. Доля влияния внесенного удобрения на урожайность составляла 1,8–14,1 % в зависимости от года исследований при доле влияния сорта 59,7–94,9 %.

2. Минеральные удобрения, внесенные при посеве, не оказывали существенного влияния на содержание в семенах сои протеина и масла. Наибольшее содержание протеина в среднем за 3 года наблюдалось в семенах сорта Ирбис (44,9 %), масла – сорта Вита (22,1 %). Подтверждена отрицательная зависимость содержания протеина в семенах от урожайности сои.

3. Установлена сильная зависимость урожайности изучаемых сортов сои от количества осадков, выпавших в период формирования генеративных органов (цветение – налив семян). Среднеранний

сорт Вилана бета в большей степени реагирует на изменение условий увлажнения: при увеличении осадков в этот период на 20 мм его урожайность увеличивается на 0,31 т/га, у раннеспелых сортов Славия и Ирбис – на 0,21–0,22 т/га, а у очень раннего сорта Вита – на 0,11 т/га.

4. Выявлены зависимость содержания протеина и масла в семенах сои от количества осадков, выпавших в фазе налива семян, и сортовая специфика формирования качества урожая от условий увлажнения. При увеличении количества осадков в фазе налива семян на 20 мм у сорта Вита наблюдалось увеличение содержания масла в семенах на 0,6 % и снижение содержания протеина на 1,0 %, а у сортов Славия, Ирбис и Вилана бета в этих условиях содержание протеина увеличивалось на 0,7–1,5 % и масла снижалось на 0,5–0,8 %.

Список литературы

1. Basal O., Szabó A. Physiormorphology of soybean as affected by drought stress and nitrogen application // Scientifica. – 2020. – Art. No 6093836.
2. Ferguson B., Lin M.-H., Gresshoff P.M. Regulation of legume nodulation by acidic growth conditions // Plant Signaling & Behavior. – 2013. – No 8 (3). – Art. No 23426.
3. Sadras V.O., Lake L., Li Y., Farquharson E.A., Sutton T. Phenotypic plasticity and its genetic regulation for yield, nitrogen fixation and $\delta^{13}C$ in chickpea crops under varying water regimes // Journal of Experimental Botany. – 2016. – No 67. – P. 4339–4351.
4. Mourtzinis S., Kaur G., Orłowski J.M., Shapiro C.A., Lee C.D., Wortmann C., Holshouser D., Nafziger E.D., Kandel H., Niekamp J., Ross W.J., Lofton J., Vonk J., Roozeboom K.L., Thelen K.D., Lindsey L.E., Staton M., Naeve S.L., Casteel S.N., Wiebold W.J., Conley S.P. Soybean response to nitrogen application across the United States: A synthesis analysis // Field Crops Research. – 2018. – No 215. – P. 74–82.
5. La Menza N.C., Monzon J.P., Specht J.E., Grassini P. Is soybean yield limited by nitrogen supply? // Field Crops Research. – 2017. – No 213. – P. 204–212.
6. Gai Z., Zhang J., Li C. Effects of starter nitrogen fertilizer on soybean root activity, leaf photosynthesis and grain yield // PLoS One. – 2017. – No 12 (4). – Art. No 0174841.
7. Тишков Н.М., Махонин В.Л., Носов В.В. Урожайность и качество урожая сои в зависимо-

сти от способов и доз применения удобрений // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 53–60.

8. Тишков Н.М., Дряхлов А.А., Слюсарев В.Н. Применение серосодержащих удобрений под масличные культуры на чернозёмах выщелоченных // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2014. – Вып. 2 (159–160). – С. 124–130.

9. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А. Методика проведения агротехнических исследований с основными полевыми культурами. 3-е изд., перераб. и допол. – Краснодар, 2022. – 538 с.

10. Инновационные технологии возделывания масличных культур / Под общ. ред. В.М. Лукомца. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2017. – 256 с.

11. Шейджен А.Х., Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 659 с.

12. Баранов В.Ф. Требования сои к факторам жизни // Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. В.Ф. Баранова и В.М. Лукомца. – Краснодар, 2005. – С. 35–56.

13. 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.

References

1. Basal O., Szabó A. Physiormorphology of soybean as affected by drought stress and nitrogen application // Scientifica. – 2020. – Art. No 6093836.

2. Ferguson B., Lin M.-H., Gresshoff P.M. Regulation of legume nodulation by acidic growth conditions // Plant Signaling & Behavior. – 2013. – No 8 (3). – Art. No 23426.

3. Sadras V.O., Lake L., Li Y., Farquharson E.A., Sutton T. Phenotypic plasticity and its genetic regulation for yield, nitrogen fixation and $\delta^{13}C$ in chickpea crops under varying water regimes // Journal of Experimental Botany. – 2016. – No 67. – P. 4339–4351.

4. Mourtzinis S., Kaur G., Orlowski J.M., Shapiro C.A., Lee C.D., Wortmann C., Holshouser D., Nafziger E.D., Kandel H., Niekamp J., Ross W.J., Lofton J., Vonk J., Roozeboom K.L., Thelen K.D., Lindsey L.E., Staton M., Naeve S.L., Casteel S.N., Wiebold W.J., Conley S.P. Soybean response to nitrogen application across the United States: A synthesis-analysis // Field Crops Research. – 2018. – No 215. – P. 74–82.

5. La Menza N.C., Monzon J.P., Specht J.E., Grassini P. Is soybean yield limited by nitrogen supply? // Field Crops Research. – 2017. – No 213. – P. 204–212.

6. Gai Z., Zhang J., Li C. Effects of starter nitrogen fertilizer on soybean root activity, leaf photosynthesis and grain yield // PLoS One. – 2017. – No 12 (4). – Art. No 0174841.

7. Tishkov N.M., Makhonin V.L., Nosov V.V. Urozhaynost' i kachestvo urozhaya soi v zavisimosti ot sposobov i doz primeneniya udobreniy // Maslichnye kul'tury. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 53–60.

8. Tishkov N.M., Dryakhlov A.A., Slyusarev V.N. Primenenie serosoderzhashchikh udobreniy pod maslichnye kul'tury na chernozemakh vyshchelochennykh // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2014. – Вып. 2 (159–160). – С. 124–130.

9. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Semerenko S.A. Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh issledovaniy s osnovnymi polevymi kulturami. 3-e izd., pererab. i dopol. – Krasnodar, 2022. – 538 s.

10. Innovatsionnye tekhnologii vozdelvaniya maslichnykh kul'tur / Pod obshch. red. V.M. Lukomtsa. – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2017. – 256 s.

11. Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N. Metodika agrokhimicheskikh issledovaniy i statisticheskaya otsenka ikh rezul'tatov: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy. – Maykop: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 659 с.

12. Baranov V.F. Trebovaniya soi k faktoram zhizni // Soya. Biologiya i tekhnologiya vozdelvaniya / Pod red. V.F. Baranova i V.M. Lukomtsa. – Krasnodar, 2005. – С. 35–56.

13. Tishkov N.M., Til'ba V.A., Dryakhlov A.A. Effektivnost' nekornevoy podkormki soi mikroelementami na chernozeme vyshchelochennom Krasnodarskogo kraya pri mnogoletnem uchete dinamiki izmeneniya temperaturnogo rezhima i usloviy uvlazhneniya // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2017. – Вып. 2 (170). – С. 37–54.

Сведения об авторе

М.В. Шкарупа, мл. науч. сотр.

Получено/Received

12.05.2023

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

18.05.2023

Получено после доработки/Manuscript revised

29.05.2023

Принято/Accepted

21.09.2023

Manuscript on-line

30.11.2023