



Научная статья

УДК 631.51.01:632.51:633.853.52

doi: 10.55186/25876740_2022_65_5_535

ВЛИЯНИЕ ФОНА ПИТАНИЯ И СПОСОБА ПОСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

А.Н. Морозов, Г.М. Дериглазова

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В статье анализируются результаты трехлетних исследований (2018-2020 гг.), проведенных в Щигровском районе Курской области на базе хозяйства ООО «Защитное-Север» на среднероспелом сорте сои ОАК Пруденс. Почва опытного поля — чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Цель исследований — изучение влияния фонов питания и способов посева (ширины междурядья и норм высева) на урожайность и качество зерна сои в почвенно-климатических условиях Центрального Черноземья. В ходе исследований выявлено, что урожайность сои на 47% зависела от погодных условий вегетационного периода, на 18% от уровня питания культуры и на 12% от способа посева. Установлено влияние погодных условий года по периодам вегетации на урожайность и содержание масла в зерне. С повышением уровня удобрений урожайность культуры в среднем по всем способам посева достоверно увеличивается: на 1,0 ц/га на среднем фоне питания; на 1,4 ц/га на высоком фоне питания. Увеличение фона питания посевам способствовало снижению содержания масла (в среднем по всем способам посева на 0,42% на среднем фоне и на 0,89% на высоком фоне) и увеличению содержания протеина в зерне (в среднем по всем способам посева на 0,94% на среднем фоне и на 2,35% на высоком фоне). Выявлено, что с увеличением массы 1000 зерен содержание протеина в зерне возрастает, а его масличность снижается. Наибольший сбор протеина был получен на высоком фоне питания при ширококормном посеве (междурядья 50 см) с нормой высева семян 400 тыс. шт./га. Максимальный сбор масла был получен на высоком фоне питания при посеве с шириной междурядий 25 см и нормой высева 600 тыс. шт./га.

Ключевые слова: соя (*Glycine max*), фон питания, способ посева, урожайность, содержание масла, содержание протеина

Original article

INFLUENCE OF NUTRITION BACKGROUND AND SOWING METHODS ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SOYBEANS IN CENTRAL CHERNOZEM REGION

A.N. Morozov, G.M. Deriglazova

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The results of three years of research on a medium-ripe soybean variety OAK Prudence are analyzed (2018-2020) in Shchigrovsky district of Kursk region on the basis of the farm of LLC "Protective-North". The soil of the experimental field was leached heavy loamy chernozem. The purpose of the research was to study the influence of nutrition backgrounds and sowing methods (row spacing and seeding rates) on the yield and quality of soybean grain under the soil and climatic conditions of Central Chernozem Region. During the research it was found that the yield of soybeans was 47% dependent on the weather conditions of the growing season, 18% on the level of nutrition of the crop and 12% on the method of sowing. The influence of the weather conditions of the year by development periods on the yield and oil content in the grain was established. With an increase in the level of fertilization of crops the crop yield on the average for all sowing methods significantly increased: by 1.0 centner/ha against an average background of nutrition; by 1.4 centner/ha against a high background of nutrition. An increase in the background nutrition of crops contributed to a decrease in oil content (on the average for all sowing methods by 0.42% against a medium background and 0.89% against a high background) and to an increase in protein content in grain (on the average for all sowing methods by 0.94% against a medium background and 2.35% against a high background). It was revealed that with an increase in the weight of 1000 grains the protein content in the grain increased, and its oil content decreased. Maximum protein yield was obtained against a high background of nutrition with wide-row sowing (row spacing 50 cm) with a seeding rate of 400 thousand seeds/ha. Maximum oil yield was obtained against a high background of nutrition when soybeans were sown with a row spacing width of 25 cm and a seeding rate of 600 thousand seeds/ha.

Keywords: soybeans (*Glycine max*), nutrition background, sowing method, yield, oil content, protein content

Введение. Соя является наиболее распространенной и востребованной белково-масличной культурой, возделываемой в Центральном Черноземье РФ. Посевные площади этой культуры в регионе за последние 10 лет значительно увеличились и в 2021 г. превысили 1 млн га. Ее широкому распространению способствовали высокие потребительские качества зерна, выведение новых раннеспелых сортов и их адаптивность к почвенно-климатическим условиям региона [1, 2]. В то же время перед хозяйствами, производящими сою, стоит задача повышения продуктивности этой культуры

путем совершенствования технологии ее возделывания. Решение этой задачи основано на эффективном использовании генетического потенциала культуры, в первую очередь за счет рационального применения удобрений. От уровня и соотношения применяемых удобрений в сочетании с другими агротехническими приемами, биологическими особенностями сорта и погодными условиями периода вегетации зависят величина урожая сои и ее качество [3, 4].

Важным элементом технологии возделывания сои также является формирования оптимальной густоты стеблестоя в посевах сои.

Плотность стеблестоя регулируется способом и нормой высева семян, что обеспечивает каждому растению и агрофитоценозу в целом более рациональное использование ресурсов факторов среды и формирование наибольшей продуктивности этой культуры [5, 6].

Следует также отметить, что в научной литературе распространено мнение о необходимости дифференциации способов и норм высева раннеспелых сортов сои с учетом их биологических особенностей. Сорта, предусматривающие компактный одностебельный морфотип (модель «северного экотипа») [7, 8], в наибольшей

степени реализуют потенциал продуктивности в рядовых посевах с загущением стеблестоя до 600-800 тыс. шт./га [6, 9]. Однако этот морфотип основан на создании детерминантных сортов, которые уступают индетерминантным в получении более высоких и стабильных урожаев, благодаря образованию у последних большего числа узлов и более продолжительному цветению. Ветвистые сорта сои индетерминантного типа роста обладают более широкими адаптивными возможностями к условиям среды за счет изменения индивидуальной продуктивности растений в зависимости от обеспеченности факторами жизни и могут успешно возделываться как широкорядным, так и рядовым способом [9, 10, 11]. В этой связи для решения задачи повышения продуктивности сои выбор оптимального способа и нормы высева семян с учетом разного уровня минерального питания при возделывании индетерминантных ветвистых сортов в условиях Центрального Черноземья является весьма актуальным.

Цель исследований — на примере индетерминантного, склонного к ветвлению сорта ОАК Пруденс изучить влияние разных фонов питания, способов посева (ширины междурядья и норм высева) на урожайность и качество зерна сои в почвенно-климатических условиях Центрального Черноземья.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2018-2020 гг. в Шигровский район Курской области на базе хозяйства ООО «Защитное-Север» на среднескороспелом сорте сои ОАК Пруденс с индетерминантным типом стебля, склонным к ветвлению.

Схема двухфакторного опыта предусматривала изучение способов посева сои (с шириной междурядий 12,5, 25 и 50 см и нормами высева семян от 200 до 800 тыс. шт./га) на трех фонах питания: естественный, средний и высокий.

Естественный фон питания — без внесения удобрений. Потребность растений в элементах питания обеспечивается за счет естественного плодородия почвы. Средний фон питания предусматривает основное внесение минеральных удобрений $N_{15}P_{39}K_{39}$ кг/га в д.в. (150 кг/га диаммофоски). Высокий фон питания предусматривает основное внесение минеральных удобрений $N_{25}P_{65}K_{65}$ кг/га в д.в. (250 кг/га диаммофоски) с азотной подкормкой N_{34} кг/га в д.в. в фазе 3-го тройчатого листа. При этом на высоком фоне питания применялись 2 подкормки листовыми удобрениями: первая — в фазе 2-го тройчатого листа (Аминозол 1,0 л/га, Лебозол-Молибден 0,15 л/га, Лебозол-ТриМакс 0,5 л/га); вторая — в фазе бутонизации (Аминозол 1,0 л/га, Лебозол-MaгC 1,5 л/га, Лебозол-Бор 1,0 л/га).

Почва опытного поля представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым со средним содержанием в пахотном слое гумуса — 5,2% (ГОСТ 26213-91), средним содержанием подвижного фосфора — 7,9 мг/100 г и высоким обменного калия — 13,3 мг/100 г почвы (ГОСТ 26204-91). Реакция почвенной среды слабощелочная, pH_{KCl} — 5,2 (ГОСТ 26483-85).

Опыт заложен методом расщепленных делянок в 4-кратной повторности. Расположение вариантов в опыте систематическое в 3 яруса, общая площадь делянки 80 м², учетная — 60 м².

После уборки предшественника (озимая пшеница) проводилось лушение стерни дисковыми орудиями. Основная обработка почвы — отвальная вспашка на 23-25 см (LemkenDiamant 10). Предпосевная подготовка почвы включала

выравнивающую и предпосевную культивацию (LemkenKompaktor). Семена перед посевом обрабатывали двухкомпонентным инокулянтом Хайкоут Супер Соя и Хайкоут Супер Экстендер с добавлением фунгицидного протравителя Дэлтер Про. Сев производили зерновой сеялкой Vaderstad Rapid 400C. Технологию возделывания сои была общепринятой для региона, за исключением изучаемых в опыте факторов.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений сои проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур РФ [12].

Урожайность культуры учитывали в фазе полной спелости зерна методом сплошного учета с пересчетом на 12%-ю влажность (ГОСТ 17109-88) и 100%-ю чистоту. Содержание протеина и масла в зерне сои определяли на анализаторе Инфратек 1241. Полученные данные использовали для расчета сборов с урожаем зерна сои протеина и масла.

Обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием программ MicrosoftExcel, Statistica и STATGRAP.

Результаты и их обсуждение. Агрометеорологические условия за период активной вегетации сои незначительно различались по годам. Так, 2018 г. характеризовался как слабо засушливый с ГТК 0,8, а 2019 и 2020 гг. были по увлажнению близкими к оптимальным параметрам

(ГТК 1,0 и 1,1 соответственно) (табл. 1). Однако распределение атмосферных осадков и температурный режим воздуха по годам и по периодам развития сои имели свои характерные особенности.

В 2018 г. межфазный период сев-конец бутонизации проходил на фоне дефицита осадков и жаркой погоды. Сумма осадков за этот период составила всего 28 мм, что в 2 раза меньше климатической нормы, а ГТК (по Селянинову) составил 0,3 ед. В наиболее ответственный период роста и развития сои от цветения до завершения образования бобов (3-я декада июня-июль) при среднесуточной температуре воздуха 20,9°C, осадков выпало 166,1 мм, что в 1,8 раза превышает многолетнюю норму. Этот период характеризуется избыточной влажностью (ГТК 1,8). В период созревания культуры установилась очень сухая и жаркая погода. Осадков выпало лишь 5,2 мм, а среднесуточная температура воздуха была на 3,0°C выше климатической нормы. Вследствие этого гидротермический коэффициент увлажнения был самым низким за все годы ведения опыта — 0,1 ед. Чрезвычайно сухие условия периода неблагоприятно отразились на ускорении процесса созревания зерна сои, причем более резко на высоком фоне минерального питания, а на вариантах с увеличением ширины междурядий от 12,5 до 50 см созревание бобов замедлялось. Общая продолжительность активной вегетации сои в 2018 г. составила 128 дней (рис. 1).

Таблица 1. Агрометеорологические условия в период активной вегетации сои по периодам развития растений

Table 1. Agrometeorological conditions during the active vegetation of soybeans by periods of plant development

Год	Агрометеорологические показатели	Сев-конец бутонизации	Цветение-завершение образования бобов	Созревание-полная спелость	Всего за вегетацию
2018	Сумма активных температур, °C	883,6	858,7	646,8	2389,1
	Осадки, мм	28	166	5	199
	ГТК	0,3	1,9	0,1	0,8
2019	Сумма активных температур, °C	705,9	758,2	636,3	2100,4
	Осадки, мм	110	62	47	219
	ГТК	1,6	0,8	0,7	1,0
2020	Сумма активных температур, °C	880,4	625,0	627,6	2132,9
	Осадки, мм	148	64	14	225
	ГТК	1,7	1,0	0,2	1,1

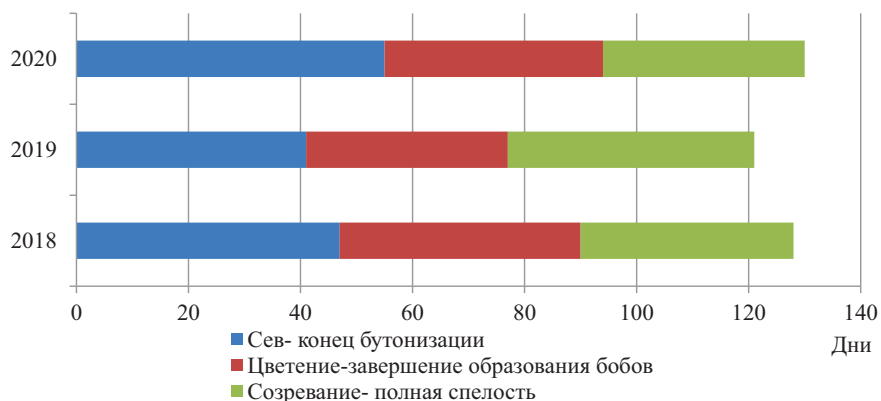


Рисунок 1. Продолжительность активной вегетации сои по периодам развития (2018-2020 гг.)
Figure 1. Duration of active soybean vegetation by development periods (2018-2020)



По сравнению с 2018 и 2020 гг. погодные условия в 2019 г. способствовали растениям сои более быстрому прохождению фенологических фаз развития (рис. 1). Период от посева до бутонизации характеризовался избыточным увлажнением (ГТК 1,6) и продолжался всего 40 дней. За этот период выпало 110 мм осадков, что превысило климатическую норму в 1,6 раза. При этом среднесуточная температура воздуха достигала 17,2°C и превышала среднегодовое значение на 2,5°C. В период от цветения до завершения образования бобов осадков выпало в 1,5 раза меньше средней многолетней величины при среднесуточной температуре воздуха на 0,7°C выше климатической нормы, что характеризует этот период как недостаточно влажный с ГТК 0,8. Процесс созревания до полной спелости сои проходил в засушливых условиях при ГТК 0,7. Необходимо отметить, что наступление фазы созревания зерна затягивалось по мере повышения фона минерального питания. Продолжительность вегетационного периода развития сои в 2019 г. была самой короткой и составила 121 день.

Метеорологические условия 2020 г. складывались менее благоприятно для роста и развития сои (рис. 1). Прохладная и дождливая погода в мае привела к более позднему появлению всходов (17 мая), что в дальнейшем отрицательно отразилось на развитии растений в течение всей вегетации. Среднесуточная температура воздуха в последний месяц весны была ниже на 5,7°C среднегодового значения, а осадков выпало в 2,2 раза больше климатической нормы. В целом период сев-конец бутонизации сои проходил в условиях избыточного увлажнения (ГТК 1,7). Длительность этого периода была более продолжительной и увеличилась по сравнению с 2018 и 2019 гг. соответственно на 8 и 14 дней. Достаточно благоприятные погодные условия сложились в период цветения-завершения образования бобов (ГТК 1,0). Но при более детальном изучении погоды этого периода можно отметить дефицит осадков на фоне высокой среднесуточной температуры воздуха, которая в июне превышала климатическую норму на 3,2°C, а в июле — на 1,5°C. Обильные осадки, выпавшие во 2-й декаде июля (50,0 мм), хотя и носили ливневый характер, ослабили установившуюся жару. Период созревания зерна сои (август) был очень засушливым (ГТК 0,2), так как осадков выпало в 1,6 раза меньше климатической нормы (13,8 мм), а среднесуточная температура воздуха превышала среднегодовое значение на 0,9°C. На всех фонах питания растений с увеличением ширины междурядий прослеживается замедление сроков созревания сои. Продолжительность вегетационного периода развития сои в 2020 г. составила 130 дней, что являлось наиболее длительным по сравнению с 2018 и 2019 гг.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что погодные условия при возделывании сои за годы исследований были достаточно разнообразными. В 2018 и 2020 гг. созревание культуры проходило в экстремально засушливых условиях с ГТК 0,1 и 0,2.

Исследованиями установлено, что урожайность сои на 47% зависела от погодных условий вегетационного периода, на 18% — от уровня питания и на 12% — от способа посева.

С помощью корреляционного анализа было определено, что в начальный период роста сои обильное количество выпавших осадков

отрицательно сказывается на урожайности культуры ($r=-0,7$) (табл. 2). Такое положение объясняется тем, что осадки провоцируют повышение засоренности посевов сои, а потребление влаги от всходов до бутонизации составляет 8% от общего расхода за вегетацию [4].

В период цветения-образования бобов соя характеризуется наибольшей потребностью в тепле и влаге [4], поэтому повышение температуры воздуха с увеличением количества осадков способствовало росту урожайности культуры, что подтверждается высокой корреляционной связью показателей ($r=0,7$). Для благоприятного созревания бобов сои оптимальная температура воздуха должна составлять 20°C. Установлено, что с увеличением температуры воздуха в данный период происходит повышение урожайности. Рассматривая весь вегетационный период, корреляционный анализ показал положительное влияние на урожайность культуры суммы активных температур и отрицательное действие избыточного количества осадков.

Наибольшая урожайность сои была получена в 2018 г., которая в среднем по всем вариантам опыта составила 28,9 ц/га. Достоверно ниже урожайность была в 2019 и 2020 гг., то есть в среднем по опыту — 26,1 и 25,1 ц/га соответственно (табл. 3).

Заметная корреляционная связь урожайности культуры в этот год отмечалась как с уровнем питания ($r=0,5$), так и способами посева ($r=0,5$).

Урожайность по вариантам опыта изменялась от 26,02 до 31,11 ц/га. Максимальная урожайность в 2018 г. была получена на высоком фоне минерального питания с междурядьем 25 см и нормой высева 600 тыс. шт./га. С повышением уровня питания культуры ее урожайность достоверно увеличивалась. Так, при возделывании на естественном фоне питания средняя урожайность по всем вариантам опыта составила 27,96 ц/га, по среднему уровню питания — 28,96 ц/га, а по высокому — 29,56 ц/га (НСР₀₅ 0,45).

Максимальная урожайность сои на естественном фоне питания отмечалась при посеве с междурядьем 50 см и нормой высева семян 400 тыс. шт./га (29,02 ц/га). На среднем фоне питания высокий урожай наблюдался при уменьшении площади питания растений (междурядье 12,5 см) с нормами высева семян 600, 700 и

800 тыс. шт./га (30,23, 30,53 и 30,45 ц/га соответственно). На высоком фоне питания минимальная урожайность, как и на других уровнях питания, отмечалась при посеве с шириной междурядий 25 см и нормой высева 200 тыс. шт./га.

Максимальная же урожайность наблюдалась на нескольких вариантах — при норме высева 600 тыс. шт./га с междурядьем 25 см и нормах высева 600, 700 и 800 тыс. шт./га с междурядьем 12,5 см.

Урожайность сои в 2019 г. была на 9,5% ниже, чем в 2018 г., и изменялась в опыте в пределах 22,35-28,46 ц/га. Урожайность культуры имела заметную корреляционную связь с уровнем питания и со способом посева ($r=0,5$ и $r=0,6$ соответственно). Наименьшая урожайность на всех фонах питания отмечалась при посеве 200 тыс. шт./га с семями междурядьем 50 см, а максимальная — при посеве 600 тыс. шт./га семями с междурядьем 25 см. С внесением удобрений урожайность сои достоверно увеличивалась, как и в 2018 г. Так, на естественном фоне она составила в среднем по всем вариантам опыта 25,2 ц/га, на среднем фоне питания — 26,02 ц/га, на высоком — 27,14 ц/га.

Урожайность сои в 2020 г. была ниже, чем в 2018 г., на 14,5% и колебалась от 22,81 до 27,95 ц/га. Очень высокая корреляционная связь урожайности культуры отмечалась с фоновым питанием культуры ($r=0,9$). Так, средняя урожайность по всем вариантам опыта при возделывании на естественном фоне питания составила 23,58 ц/га, на среднем — 24,58 ц/га, а на высоком — 27,08 ц/га (НСР₀₅ 0,37). Минимальное значение показателя, как и в 2018 г., наблюдалось на варианте естественного фона питания с междурядьем 25 см и нормой высева 200 тыс. шт./га семян (22,53 ц/га). Наибольшая урожайность была получена на высоком фоне питания при способах посева с шириной междурядий 25 см и нормой высева 600 тыс. шт./га семян (27,95 ц/га) и с шириной междурядий 50 см с нормами высева 400 и 500 тыс. шт./га семян (27,85 и 27,79 ц/га соответственно).

В среднем за 3 года исследований урожайность сои достоверно возрастала с увеличением уровня минерального питания растений, минимальные, максимальные и средние значения по опыту увеличивались. Так, при возделывании культуры на среднем фоне питания урожайность в среднем по опыту возросла на 1,0 ц/га,

Таблица 2. Коэффициенты парной корреляции между урожайностью и содержанием в сое масла с погодными условиями по периодам развития
Table 2. Coefficients of paired correlation between yield and soybean oil content with weather conditions by development periods

Периоды развития	Агрометеорологические показатели	Урожайность	Содержание масла
Сев-конец бутонизации	Сумма активных температур, °C	0,2	0,8
	Сумма осадков за период, мм	-0,7	-0,4
	ГТК	-0,7	-0,5
Цветение-завершение образования бобов	Сумма активных температур, °C	0,7	0,1
	Сумма осадков за период, мм	0,7	0,6
	ГТК	0,7	0,7
Созревание- полная спелость	Сумма активных температур, °C	0,7	0,2
	Сумма осадков за период, мм	-0,3	-0,8
	ГТК	-0,3	-0,8
Всего за вегетацию	Сумма активных температур, °C	0,7	0,6
	Сумма осадков за период, мм	-0,7	-0,4
	ГТК	-0,7	-0,5



Таблица 3. Влияние элементов технологии возделывания сои на урожайность культуры, ц/га
Table 3. Influence of the elements of soybean cultivation technology on crop yield, centner/ha

Способ посева		Урожайность, ц/га											
Ширина междурядий, см	Норма высева семян, тыс. шт./га	2018 г.			2019 г.			2020 г.			Среднее		
		естественный фон питания	средний фон питания	высокий фон питания	естественный фон питания	средний фон питания	высокий фон питания	естественный фон питания	средний фон питания	высокий фон питания	естественный фон питания	средний фон питания	высокий фон питания
50	200	26,22	27,54	28,41	22,35	22,59	24,17	23,75	24,06	26,38	24,11	24,73	26,32
	300	28,44	29,29	29,88	24,25	24,58	26,22	24,37	25,16	27,41	25,69	26,34	27,84
	400	29,02	29,56	30,29	24,68	25,91	27,76	24,76	25,92	27,85	26,15	27,13	28,63
	500	28,50	29,30	30,00	23,96	25,25	26,42	24,30	25,54	27,79	25,59	26,70	28,07
	200	26,02	26,43	26,73	23,00	24,95	25,49	22,53	23,56	26,80	23,85	24,98	26,34
25	300	26,48	27,24	27,80	25,71	26,49	27,35	22,86	23,54	26,93	25,02	25,76	27,36
	400	27,37	28,07	29,13	26,11	27,07	27,64	23,11	23,77	27,17	25,53	26,30	27,98
	500	28,87	29,07	29,97	26,32	27,10	27,79	23,55	24,56	27,41	26,25	26,91	28,39
12,5	600	28,96	29,94	31,11	26,61	27,89	28,38	23,56	25,22	27,95	26,38	27,68	29,15
	400	27,80	29,22	29,35	25,84	26,42	26,98	22,81	24,11	25,62	25,49	26,58	27,32
	500	28,15	29,48	29,62	25,96	26,55	28,46	23,13	24,29	26,11	25,75	26,77	28,06
	600	28,72	30,23	30,52	26,14	26,67	28,33	23,43	24,53	27,16	26,10	27,14	28,67
HCP ₀₅	Фон питания	0,45			0,35			0,37			0,39		
	Способ посева	0,89			0,78			0,83			0,83		
Обобщенная		1,54			1,35			1,43			1,44		

а при выращивании на высоком фоне — на 1,4 ц/га, что является достоверной прибавкой (HCP₀₅ 0,39). Данная зависимость подтверждается результатом корреляционного анализа. Урожайность в среднем за 3 года имела высокую корреляционную связь с изменением фона удобренности посевов (r=0,8) и умеренную со способом посева культуры (r=0,3). Урожайность культуры варьировала от 23,85 до 29,15 ц/га. Максимальная урожайность была получена: на естественном фоне при посеве с междурядьем 25 см и нормами высева 600 и 500 тыс. шт./га семян, а также с междурядьем 50 см и нормой высева 400 тыс. шт./га семян (26,38, 26,25, 26,15 ц/га соответственно); на среднем фоне питания при возделывании культуры с междурядьем 25 и нормой высева 600 тыс. шт./га семян, а также с междурядьем 12,5 см и нормой высева 700 тыс. шт./га семян (27,68 и 27,40 ц/га соответственно); на высоком фоне на варианте с междурядьем 25 см и нормой высева 600 тыс. шт./га семян (29,15 ц/га).

В результате проведения регрессионного анализа трехлетних данных была получена математическая модель урожайности сои, которая показывает зависимость уровня урожайности культуры от погодных условий года, фона питания растений, способа посева и их взаимодействий между собой. Математически эта зависимость имела следующий вид:

$$y=28,44-1,86x_1+0,27x_2+0,57x_1x_2-0,08x_1x_3, \\ R^2=0,78$$

где у — урожайность сои, ц/га; x_1 — год; x_2 — фон питания растений; x_3 — способ и норма высева семян.

Семена сои в среднем содержат от 16 до 27% масла, что позволяет ее использовать как

масличную культуру. Содержание масла в опыте варьировало в зависимости от изучаемых элементов технологии возделывания культуры от 19,70 до 21,07% абсолютно сухого вещества (а.с.в.). С увеличением фона питания посевов содержание масла в опыте достоверно снижалось. Так, в среднем по всем способам посева при возделывании сои на естественном фоне питания количество масла в зерне составило 20,77%, по среднему фону питания — 20,35%, по высокому — 19,88% (HCP₀₅ 0,23). Это подтверждается весьма высокой корреляционной связью (r=-0,9). Так же была выявлена корреляционная связь содержания масла в зерне с агрометеорологическими показателями периодов вегетации сои. Показатель имеет высокую корреляционную связь (r=0,8) с суммой активных температур в период сев-конец бутонизации (табл. 2). Во время цветения культуры высокая прямая связь содержания масла наблюдалась с гидротермическим коэффициентом (r=0,7) и заметная с осадками (r=0,6). При созревании сои отмечена высокая обратная связь содержания масла с суммой осадков (r=-0,8) и ГТК (r=-0,8).

Таким образом, масличность зерна сои значительно зависела от погодных условий периодов вегетации культуры. На первоначальном этапе роста для получения высокого содержания масла в зерне сои необходима высокая сумма активных температур, при цветении и образовании бобов большое влияние имеют наличие оптимального количества осадков и близкий к оптимальному ГТК, а при созревании и достижении спелости культуры осадки уже нежелательны. В целом, рассматривая весь период вегетации сои, содержание масла в зерне имеет прямую заметную связь с суммой активных температур (r=0,6), умеренную обратную

с осадками (r=-0,4) и заметную обратную с ГТК (r=-0,5).

Для использования зерна сои в пищевых целях большое значение имеет содержание в нем белка. В исследованиях содержание сырого протеина в зерне сои варьировало от 37,60 до 41,60% а.с.в. При повышении фона питания посевов этот показатель увеличивался. В среднем за 3 года на естественном фоне питания содержание протеина составило 38,73% а.с.в., на среднем фоне питания — 39,67% а.с.в., на высоком — 41,08% а.с.в. Содержание протеина имело весьма высокую обратную связь с содержанием масла (r=-0,9).

В ходе исследований выявлена весьма высокая связь массы 1000 зерен с содержанием протеина и масла в зерне. Данная связь отражена в полиномиальной линии тренда (рис. 2, 3).

Установлено, что у сои с увеличением массы 1000 зерен несколько возрастает содержание протеина и снижается содержание масла в зерне. Возможно, это связано с засушливыми условиями периода вегетации созревание-полная спелость, которые способствовали формированию зерна с меньшей массой 1000 зерен. При этом недостаток азотного питания вызывал снижение белковости и повышение масличности зерна.

Важным интегральным показателем продуктивности сои является сбор масла и протеина с единицы площади. В исследованиях в среднем за 3 года сбор масла варьировал от 4,30 до 4,99 ц/га (рис. 4).

Так как этот показатель в значительной степени зависит от урожайности культуры (коэффициент корреляции 0,9), то наибольший сбор масла в среднем по всем вариантам опыта был получен в 2018 г. (5,31 ц/га), что на 17 и 15% больше, чем в 2019 и 2020 гг. соответственно.

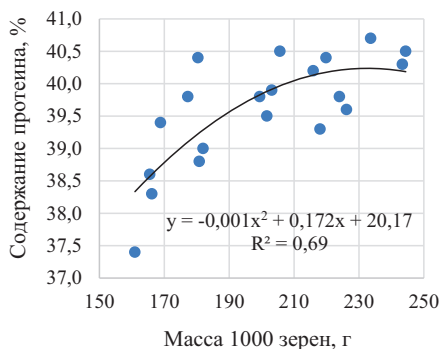


Рисунок 2. Взаимосвязь массы 1000 зерен с содержанием протеина
Figure 2. The relationship of the weight of 1000 grains with protein content

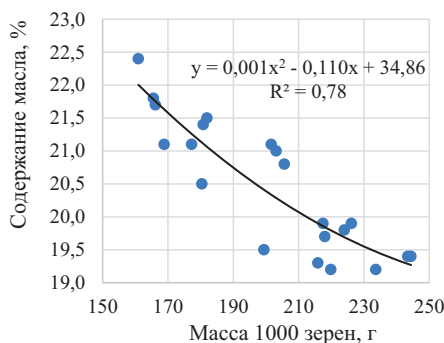


Рисунок 3. Взаимосвязь массы 1000 зерен с содержанием масла
Figure 3. The relationship of the weight of 1000 grains with oil content

В среднем за 3 года сбор масла возрастал при увеличении питательного фона и в значительной степени зависел от способа посева. Наибольшее значение этого показателя в среднем 3 три года было получено на высоком фоне питания при возделывании сои с междурядьем 25 см и нормой высева семян 600 тыс. шт./га (4,99 ц/га), а также с междурядьем 12,5 см при максимальной норме высева 800 тыс. шт./га (4,94 ц/га).

Сбор сырого протеина за 3 года исследований варьировал от 7,14 до 10,92 ц/га, а так как он в большей степени зависел от урожайности сои, то наибольший сбор был получен в 2018 г., а в 2019 и 2020 гг. он был ниже на 7 и 15% соответственно. В среднем за 3 года сбор протеина, как и его содержание, в значительной степени зависел от уровня питания культуры (коэффициент корреляции показателей 0,9). На естественном фоне питания сбор протеина в среднем по всем способам посева составил 8,53 ц/га, на среднем — 9,06 ц/га, а на высоком — 9,87 ц/га (рис. 5), то есть при внесении удобрений сбор протеина увеличивался соответственно на 6 и 16%.

При возделывании сои на естественном фоне питания наибольший сбор протеина был зафиксирован при выращивании культуры с междурядьем 50 см и нормой высева семян 400 тыс. шт./га (8,81 ц/га), а также в вариантах с междурядьем 25 см и нормами высева 500 и 600 тыс. шт./га (8,79 ц/га).

На среднем фоне питания преимущество по сбору протеина проявилось при способе посева с междурядьем 25 см и нормой высева семян 600 тыс. шт./га (10,27 ц/га), а также с междурядьем 50 см и нормой высева семян 400 тыс. шт./га (9,36 ц/га). На высоком фоне питания преимущество вышеуказанных способов посева, как на естественном, так и на среднем фоне питания, сохранялось. Таким образом, наибольший сбор протеина был получен как при посеве с междурядьем 25 см и нормой высева семян 600 тыс. шт./га (10,27 ц/га), так и с междурядьем 50 см и нормой высева 400 тыс. шт./га (10,21 ц/га). Различия между этими двумя способами посева по всем фонам питания были не достоверны ($HSP_{05} 0,18$), и поэтому их можно считать равнозначными.

Выводы.

1. Исследованиями установлено, что в почвенно-климатических условиях Центрального Черноземья урожайность сои на 47% зависела от погодных условий вегетационного периода, на 18% от уровня питания и на 12% от способа посева (ширины междурядья и нормы высева семян).

2. Выявлено, что в начальный период роста и развития сои (сев-конец бутонизации) избыточное количество осадков негативно сказывается на урожайности культуры. В период цветения-завершения образования бобов повышение температуры воздуха и количества осадков способствовало формированию более высокого урожая сои, что подтверждается высокой корреляционной связью ($r=0,7$).

3. На всех фонах питания растений с увеличением ширины междурядья и снижением нормы высева семян прослеживается замедление сроков созревания зерна сои.

4. С повышением уровня удобренности посевов урожайность культуры достоверно увеличивается. В среднем за 2018-2020 гг. урожайность сои на среднем фоне питания была выше



Рисунок 4. Сбор масла, (2018-2020 гг.), ц/га
Figure 4. Oil yield (2018-2020), centner/ha

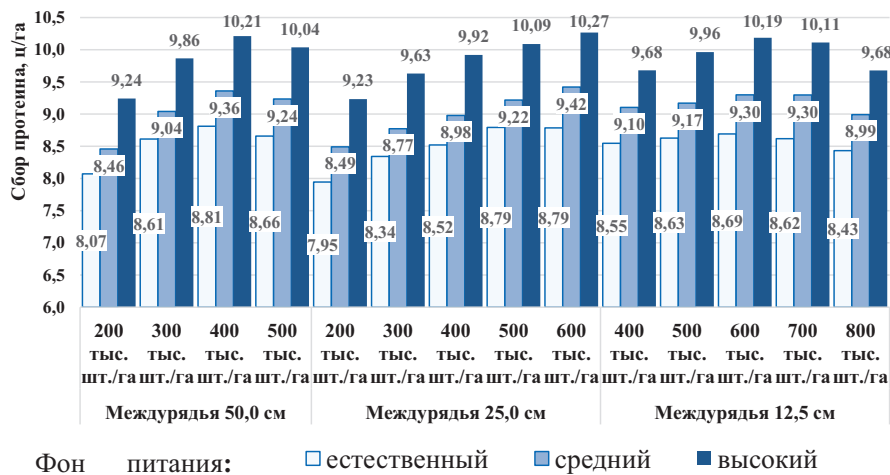


Рисунок 5. Сбор протеина (2018-2020 гг.), ц/га
Figure 5. Protein yield (2018-2020), centner/ha





относительно естественного фона в среднем по всем способам посева на 1,0 ц/га, на высоком — на 1,4 ц/га. Наибольшая урожайность сои на естественном, среднем и высоком фоне питания была получена при способе посева с междурядьем 25 см и нормой высева семян 600 тыс. шт./га.

5. С увеличением фона минерального питания отмечается достоверное возрастание содержания протеина и снижение масличности зерна сои. В среднем за годы исследований по всем способам посева на среднем фоне питания содержание протеина в зерне повысилось относительно естественного фона на 0,94%, на высоком фоне — на 2,35%, а содержание масла снизилось соответственно на 0,42 и 0,89%. Содержание протеина имело весьма высокую обратную связь с содержанием масла ($r=-0,9$). Установлено, что с увеличением массы 1000 зерен содержание протеина в зерне несколько возрастает, а его масличность снижается.

6. Выявлено влияние погодных условий периодов вегетации сои на накопление масла в зерне. Для получения зерна с высокой масличностью в начальный период сев-конец бутонизации необходима оптимальная сумма активных температур, в период цветения и образования бобов большое значение имеет наличие оптимального количества осадков и оптимальный ГТК, а в период созревания — достижения спелости осадки нежелательны.

7. Сбор протеина и масла с 1 га возрастал с повышением уровня удобрений посевов. В среднем за годы исследований сбор протеина на среднем фоне питания по сравнению с естественным фоном увеличился по всем способам посева на 6%, на высоком фоне — на 16%, а сбор масла повысился соответственно на 2 и 5%. Наибольший сбор протеина был получен на высоком фоне питания при ширококрядном посеве (междурядья 50 см) с нормой высева семян 400 тыс. шт./га. Максимальный сбор масла отмечался на высоком фоне питания при посевах с шириной междурядий 25 см и нормой высева 600 тыс. шт./га.

Список источников

1. Белявская Л.Г., Белявский Ю.В., Диянова А.А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4. С. 42-48. doi: 10.24411/2309-348X-2018-11048
2. Лазарев В.И., Башкатов А.Я., Минченко Ж.Н. Эффективность микроэлементных удобрений при возделывании сои сорта Казачка в условиях Курской области // Земледелие. 2018. № 6. С. 34-36.
3. Тильба В.А., Шкарупа М.В. Биологическая эффективность применения микробиологического удобрения ТэгТим ЛХО на сое // Масличные культуры. 2019.

Информация об авторах:

Морозов Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания полевых культур, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

Дериглазова Галина Михайловна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания полевых культур, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2401-3028>, g_deriglazova@mail.ru

Information about the authors:

Alexander N. Morozov, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of cultivation technology of field crops, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

Galina M. Deriglazova, doctor of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of cultivation technology of field crops, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2401-3028>, g_deriglazova@mail.ru

№ 1 (177). С. 104-109. doi: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-104-109

4. Costa, J.A., Oplinger, E.S., Pendleton, J.W. (1980). Response of soybean cultivars to planting patterns. *Agron. J.*, vol. 72, pp. 153-157.

5. Бельшикина М.Е., Кобозева Т.П., Шевченко В.А., Делаяев У.А. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 182-190. doi: 10.26897/0021-342X-2018-4-182-190

6. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Возможность селекции раннеспелых сортов сои для пониженной плотности стеблестоя // Масличные культуры. 2011. № 1 (146-147). С. 40-43.

7. Ториков В.Е., Бельченко С.А., Дронов А.В., Моисеенко И.Я., Зайцева О.А. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2019. 284 с.

8. Smykal, P., Coyne, C.J., Ambrose, M.J., et al. (2015). Legume crops phylogeny and genetic diversity for science and breeding. *Crit. Rev. Plant. Sci.*, vol. 34 (1-3), pp. 43-104. doi: 10.1080/07352689.2014.897904

9. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Ветвление как фактор стабилизации урожаев сои в производстве // Масличные культуры. 2010. № 2 (144-145). С. 81-83.

10. Черезов Р.Н., Устарханова Э.Г. Способ посева и применение гербицидов на сое (обзор) // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: сборник материалов 11-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов, 25-26 февраля 2021 г. Краснодар: ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021. С. 254-258. doi: 10/25230/conf11.2021.254.258

11. Cober, E.R., Tanner, J.W. (1995). Performance of related indeterminate and tall determinate soybean lines in short-season areas. *Crop Science*, vol. 35, no. 2, pp. 361-364. doi: 10.2135/cropsci1995.0011183X003500020011x

12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. М.: Калининская областная типография, 1989. 194 с.

References

1. Belyavskaya, L.G., Belyavskii, Yu.V., Diyanova, A.A. (2018). Otsenka ehkologicheskoi stabil'nosti i plastichnosti sortov soi [Assessment of ecological stability and plasticity of soybean varieties]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and groat crops], no. 4, pp. 42-48. doi: 0.24411/2309348X201811048
2. Lazarev, V.I., Bashkatov, A.Ya., Minchenko, Zh.N. (2018). Effektivnost' mikroelementnykh udobrenii pri vozdelevanii soi sorta Kazachka v usloviyakh Kurskoi oblasti [The effectiveness of trace element fertilizers in the cultivation of soybeans of the Kazachka variety in the conditions of the Kursk region]. *Zemledelie*, no. 6, pp. 34-36.
3. Til'ba, V.A., Shkarupa, M.V. (2019). Biologicheskaya ehffektivnost' primeneniya mikrobiologicheskogo udo-

breniya TehGTim LKHO na soe [Biological efficiency of application of microbiological fertilizer TagTim LHO on soy]. *Maslichnye kul'tury* [Oil crops], no. 1 (177), pp. 104-109. doi: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-104-109

4. Costa, J.A., Oplinger, E.S., Pendleton, J.W. (1980). Response of soybean cultivars to planting patterns. *Agron. J.*, vol. 72, pp. 153-157.

5. Belyshkina, M.E., Kobozeva, T.P., Shevchenko, V.A., Delaev, U.A. (2018). Vliyanie norm vyseva i sposobov poseva na urozhainost' i kachestvo semyan rannespelykh sortov i form soi severnogo ehkotipa [The influence of seeding rates and sowing methods on the yield and quality of seeds of early-ripening varieties and forms of soybeans of the northern ecotype]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy], no. 4, pp. 182-190. doi: 10.26897/0021-342X-2018-4-182-190

6. Rozentsveig, V.E., Goloenko, D.V., Davydenko, O.G. (2011). Vozmozhnost' seleksii rannespelykh sortov soi dlya ponizhennoi plotnosti steblestoya [The possibility of breeding early-ripening soybean varieties for reduced stem density]. *Maslichnye kul'tury* [Oil crops], no. 1 (146-147), pp. 40-43.

7. Torikov, V.E., Bel'chenko, S.A., Dronov, A.V., Moiseenko, I.Ya., Zaitseva, O.A. (2019). Soya severnogo ehkotipa v intensivnom zemledelii [Soybeans of the northern ecotype in intensive agriculture]. Bryansk, Publishing House of the Bryansk State Agrarian University, 284 p.

8. Smykal, P., Coyne, C.J., Ambrose, M.J., et al. (2015). Legume crops phylogeny and genetic diversity for science and breeding. *Crit. Rev. Plant. Sci.*, vol. 34 (1-3), pp. 43-104. doi: 10.1080/07352689.2014.897904

9. Rozentsveig, V.E., Goloenko, D.V., Davydenko, O.G. (2010). Vetvenenie kak faktor stabilizatsii urozhayev soi v proizvodstve [Branching as a factor of stabilization of soybean yields in production]. *Maslichnye kul'tury* [Oil crops], no. 2 (144-145), pp. 81-83.

10. Cherezov, R.N., Ustarkhanova, E.G. (2021). Spособ poseva i primeneniye gerbitsidov na soe (obzor) (2021). [Method of sowing and application of herbicides on soybeans (review)]. *Aktual'nye voprosy biologii, seleksii, tekhnologii vozdelevaniya i pererabotki sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: sbornik materialov 11-i Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, 25-26 fevralya 2021 g.* [Proceedings of the Topical issues of biology, breeding, technology of cultivation and processing of agricultural crops: 11th All-Russian Conference of young scientists and specialists (Krasnodar, Russia, February 25-26, 2021)]. Krasnodar, pp. 254-258. doi: 10/25230/conf11.2021.254.258

11. Cober, E.R., Tanner, J.W. (1995). Performance of related indeterminate and tall determinate soybean lines in short-season areas. *Crop Science*, vol. 35, no. 2, pp. 361-364. doi: 10.2135/cropsci1995.0011183X003500020011x

12. Golovachev, V.I., Kirilovskaya, E.V. (ed.) (1989). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, Kalinin regional printing house, 194 p.