

Р.В. ТИМОШИНОВ, Л.Е. БАБИНЕЦ, Е.Ж. КУШАЕВА,
А.А. ДУБКОВ, А.Г. КЛЫКОВ

Влияние агротехнических приемов и плодородия почвы на урожайность сои сорта Муссон в условиях Приморского края

Представлены результаты исследований реакции растений сои сорта Муссон на изменение норм высева, способа посева и влияния различных систем удобрений на урожайность и качество семян в условиях Приморского края. Для получения максимальной урожайности сои сорта Муссон рекомендуется проводить рядовой посев на 15 см с нормой высева 500–600 тыс. или широкорядный посев на 30 см с нормой высева 550–650 тыс. всхожих семян на 1 га. Показана высокая эффективность комплексной системы удобрений с одинарной дозой минеральных удобрений (N40 + P4,5 + INPK).

Ключевые слова: соя, сорт, система удобрения, белок, урожайность, норма высева, способ посева.

Influence of agrotechnical receptions and fertility soils on the yield of the Monsoon variety in the conditions of the Primorsky Territory. R.V. TIMOSHINOV, L.E. BABINETS, E.Zh. KUSHAeva, A.A. DUBKOV, A.G. KLYKOV (Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk).

The article presents the results of studies on the reaction of soybean plants of the Monsoon variety to changes in seeding rates, method of sowing, the influence of various fertilizer systems on the yield and quality of soybean seeds in the Primorsky Territory. It has been established that in order to obtain maximum yield, the soybean Monsoon variety is recommended to be sown with row crops of 15 cm with a seed rate of 500–600 thousand germinating seeds per 1 ha, with a wide-row method of sowing of 30 cm with a seed rate of 550–650 thousand germinating seeds on 1 ha. Of the applied in crop rotation, High efficiency of integrated fertilizer system with a single dose of mineral fertilizers (manure 40 + lime 4.5 + INPK) is shown.

Key words: soybean, variety, fertilizer system, protein, yield, seeding rate, method of sowing.

В последние годы в Российской Федерации отмечено значительное увеличение посевных площадей под соей. Однако урожайность сои пока далека от потенциально возможной, особенно на Дальнем Востоке [4].

Для повышения урожайности сои важное значение имеет не только подбор наиболее адаптированных для конкретных природных условий сортов, но и применение особых приемов возделывания с учетом биологических особенностей растений. Созданные селекционерами и используемые в производстве сорта сои различаются не только продолжительностью вегетации, но и морфологическими признаками, физиологическими свойствами растения и отдельных его органов, функционированием фотосинтетического и симбиотрофного процессов, реакцией на световой и тепловой режимы, устойчивостью

*ТИМОШИНОВ Роман Витальевич – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом, БАБИНЕЦ Людмила Евгеньевна – младший научный сотрудник, КУШАЕВА Елена Жоржевна – научный сотрудник, ДУБКОВ Александр Алексеевич – научный сотрудник, КЛЫКОВ Алексей Григорьевич – доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, заведующий отделом (Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск). *E-mail: fe.smc_rf@mail.ru

к абиотическим стрессам и патогенам [6]. В этой связи возникает необходимость разработки энергетически и экономически выгодных способов повышения продуктивности культуры на основе использования ресурсосберегающих агротехнических приемов возделывания [11]. К таким приемам, оказывающим существенное влияние на формирование урожайности сои, относится норма высева и способ посева. Увеличение нормы высева приводит к вытягиванию растений в рост и более высокому прикреплению нижнего боба, но при этом снижается количество бобов и семян на растении [9].

Внесение минеральных удобрений позволяет значительно повысить продуктивность сельскохозяйственных культур, однако при их многолетнем применении снижается качество продукции растениеводства, происходит загрязнение окружающей среды, нарушаются естественные механизмы восстановления почв.

Для оценки эффективности извлечения растениями элементов питания из почвы и удобрений в различных регионах России проводятся агрохимические опыты на стационарах, созданных по инициативе академика Д.Н. Прянишникова в 1927 г. и организационно оформленных в 1941 г. в единую Географическую сеть опытов с удобрениями. За многолетний период существования сети создан фонд экспериментальных результатов, который широко используется и в настоящее время [8].

Чтобы оценить влияние на почву того или иного фактора, исследуются агрохимические, физические и биологические свойства почв. Микроорганизмы – основные деструкторы органических остатков – принимают участие в образовании и деструкции гумуса, накоплении биологически активных веществ. Микроорганизмы осуществляют также фиксацию молекулярного азота атмосферы. Отслеживая сдвиги в структуре и численности различных микробных групп, можно оценить динамику и направленность почвенных процессов и, следовательно, на ранних этапах зафиксировать и скорректировать возможные негативные последствия различных агроприемов [10].

Цель настоящих исследований – обосновать возможность повышения урожайности нового сорта сои Муссон с максимальным выходом семенной фракции, сохранением ценных хозяйственно-биологических признаков сорта за счет применения агроприемов возделывания и различных систем удобрений.

Материалы, методы и условия исследований

Исследования проводились на полях отдела земледелия и агрохимии ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (пос. Тимирязевский Приморского края) в 2017–2019 гг. Изучение систем удобрений осуществлялось в агрохимическом стационаре, заложенном в 1941 г. на базе девятипольного севооборота, с использованием полевого и лабораторно-полевого методов по общепринятым методикам [5].

Почва опытного участка – лугово-бурая отбеленная, тяжелосуглинистая. В почвенных пробах определялись следующие показатели, характеризующие агрохимические свойства почвы: органическое вещество (гумус) – по Тюрину; pH_{KCl} – по ГОСТ 26483-85; подвижный фосфор и калий – по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011).

В качестве объекта исследований использовали районированный сорт сои Муссон селекции ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, включенный в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации и рекомендованный к использованию в 12 климатических зонах [2]. Сорт среднепоздний, с периодом вегетации 120–124 сут.

Опыт по изучению влияния способов посева на урожайность состоял из вариантов с междурядьями 15 и 30 см при разных нормах высева – от 300 до 700 тыс. всхожих семян на 1 га. Контролем служил вариант с междурядьями шириной 45 см и нормой высева 450 тыс. всхожих семян на 1 га, рекомендованный для Приморского края [7]. Площадь делянки – 20 м² в трехкратной повторности.

Опыт по оценке влияния систем удобрений на урожайность и биохимические показатели сои включал раздельное внесение органического удобрения (навоза), извести и минеральных удобрений (в одинарных и двойных дозах), а также комплекса этих удобрений в различных их сочетаниях и пропорциях. В качестве контроля был взят вариант без удобрений. Навоз и известь вносили в начале каждой ротации севооборота в занятом пару, минеральные удобрения – ежегодно. Схема опыта представлена в табл. 1.

Фенологические наблюдения, учеты и оценку структуры урожая проводили согласно методике государственного сортоиспытания [5]. Полученные данные обрабатывались общепринятыми методами [3].

Результаты исследований

В почве агрохимического стационара до закладки опытов в 1941 г. на 1 кг почвы содержалось 19 мг подвижного фосфора, 61 мг обменного калия, 2,9 % гумуса, pH_{KCl} составлял 4,9. Применение разных систем удобрений в течение 78 лет оказало существенное влияние на накопление элементов питания в почве и агрохимические показатели (табл. 2). Исследования показали, что содержание фосфора в контроле очень низкое, в варианте с внесением навоза и навоза с известью оно повышается на 8–11 мг/кг. Совместное внесение минеральных удобрений, органического удобрения (навоза) и извести на протяжении восьми ротаций севооборота привело к формированию повышенного и высокого уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором (58–103 мг/кг).

Состояние плодородия почвы на полях агрохимического стационара ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Органическое вещество, %	pH _{KCl}
1. Контроль (без удобрений)	12,4	12	127	3,23	5,0
2. H40	13,5	20	136	3,33	5,3
3. H40 + И4,5	12,8	23	130	3,48	5,6
4. H40 + И4,5 + 1NPK	17,6	58	173	3,37	5,6
5. H40 + И4,5 + 2NPK	10,9	97	178	3,20	5,7
6. H40 + И4,5 + 1N2P2K	9,8	103	132	3,36	5,6
7. H40 + И4,5 + 1N2P1K	10,3	94	130	3,27	5,4
8. И4,5 + 1,5N1, 5P2K	10,5	42	117	3,16	5,5
9. 1,5N1, 5P2K	10,5	31	111	2,98	4,6

Установлено, что без внесения органического удобрения (навоза) содержание фосфора снижается до среднего уровня, а при применении одних минеральных удобрений – до низкого. На полях с минеральной системой удобрений наблюдается средняя обеспеченность калием (111 мг/кг), высокая формируется в почвах, где применялась комплексная система с одинарной (H40 + И4,5 + 1NPK) и двойной (H40 + И4,5 + 2NPK) нормой минеральных удобрений. В контроле и на минеральной системе почва является среднекислой (pH_{KCl} 5,0), а при систематическом применении минеральных удобрений на фоне органики и извести переходит в разряд близкой к нейтральной и слабокислой. Наименьшее содержание

Таблица 1
Схема внесения удобрений на агрохимическом стационаре ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока

№ варианта	Вариант
1	Контроль (без удобрений)
2	H40
3	H40 + И4,5
4	H40 + И4,5 + 1NPK
5	H40 + И4,5 + 2NPK
6	H40 + И4,5 + 1N2P2K
7	H40 + И4,5 + 1N2P1K
8	И4,5 + 1,5N1, 5P2K
9	1,5N1, 5P2K

Примечание. Н – навоз, И – известь, т/га; 1NPK – одинарная (N₃₀P₄₅K₄₅) и 2NPK – двойная (N₆₀P₉₀K₉₀) дозы минеральных удобрений, кг д.в./га.

органического вещества фиксируется для минеральной системы, что скорее всего связано с процессом минерализации органического вещества. Систематическое внесение в почву органических и минеральных удобрений на фоне известкования способствует активации процесса гумификации.

ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки совместно с ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН выполнены исследования микрофлоры на агрохимическом стационаре при разных системах удобрений. Исследования показали, что длительное внесение удобрений меняет соотношение аминокетотрофов и аминоавтотрофов. Зафиксировано значительное уменьшение численности аминокетотрофов и азотфиксаторов вместе с ростом численности аминоавтотрофной микрофлоры. На всех опытных участках отмечено снижение количества подвижного азота на фоне сокращения численности микробного пула, принимающего участие в цикле азота. Можно сделать заключение, что одним из факторов, влияющих на уменьшение количества доступного азота в почве экспериментальных участков, является угнетение аминокетотрофной и азотфиксирующей микрофлоры при одновременном росте численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота [1].

Использование клевера лугового на сидерат и соблюдение севооборота позволяют получать достаточно высокую урожайность сои (1,7 т/га) даже без применения минеральных удобрений в течение 78 лет (см. вариант «Контроль» в табл. 3).

Таблица 3

Урожайность и биохимические показатели сои сорта Муссон в зависимости от систем удобрений (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Содержание жира, %	Содержание белка, %
1. Контроль (без удобрений)	1,7	21,4	37,2
2. Н40	2,0	20,9	38,3
3. Н40 + И4,5	2,2	20,9	38,3
4. Н40 + И4,5 + 1NPK	2,3	20,8	38,8
5. Н40 + И4,5 + 2NPK	2,3	21,0	37,8
6. Н40 + И4,5 + 1N2P2K	2,2	20,9	38,2
7. Н40 + И4,5 + 1N2P1K	2,3	20,9	38,5
8. И4,5 + 1,5N1, 5P2K	2,3	21,1	37,8
9. 1,5N1, 5P2K	2,0	21,2	37,2
НСР _{0,95}	0,2	–	–

В процессе исследований выявлено, что эффективность минеральной системы удобрений превосходит систему с органическим удобрением, а наиболее высокие прибавки урожая в сравнении с контролем (0,6 т/га) получены при совместном внесении органического удобрения (навоза), извести и минеральных удобрений.

Последствие систем удобрений отражается в содержании белка в семенах сои. Наибольшее содержание белка и наименьшее жира в сое получено при комплексной системе с одинарной дозой минеральных удобрений (Н40 + И4,5 + 1NPK).

К элементам структуры урожая сои относятся такие показатели, как высота растений, высота прикрепления нижнего боба, количество бобов и семян на одном растении, масса 1000 шт. семян.

В вариантах с комплексной системой удобрений (Н + И + NPK) отмечены более высокие показатели структуры урожая (табл. 4). Установлено, что наибольшее засорение происходит при посеве с междурядьями 15 и 30 см (табл. 5). В посевах сои в основном преобладали акалифа южная (*Acalypha australis*), амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*) и марь белая (*Chenopodium album*).

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на структуру урожая сои сорта Муссон (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Высота, см		Количество бобов на 1 растении, шт.	Количество семян на 1 растении, шт.	Масса 1000 семян, г
	растения	прикрепления нижнего боба			
1. Контроль (без удобрений)	76	14	18	34	160,8
2. Н40	83	14	18	35	164,0
3. Н40 + И4,5	93	16	21	42	173,5
4. Н40 + И4,5 + 1NPK	97	16	24	48	174,8
5. Н40 + И4,5 + 2NPK	103	18	24	49	173,3
6. Н40 + И4,5 + 1N2P2K	105	16	24	49	177,9
7. Н40 + И4,5 + 1N2P1K	96	15	22	42	175,8
8. И4,5 + 1,5N1, 5P2K	93	14	22	41	170,9
9. 1,5N1, 5P2K	88	15	22	41	154,5
НСР _{0,95}	11,6	1,6	2,4	6,0	8,1

Таблица 5

Видовой состав сорняков при разных способах посева сорта Муссон

Ширина междурядий	Вид сорняков	Количество сорняков, шт./м ²		
		2018 г.	2019 г.	Среднее
45 см (контроль)	Амброзия полыннолистная (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	15	25	20
	Марь белая (<i>Chenopodium album</i>)	13	15	14
	Акалифа южная (<i>Acalypha australis</i>)	14	16	15
Всего		42	56	49
15 см	Амброзия полыннолистная (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	25	32	28
	Марь белая (<i>Chenopodium album</i>)	15	14	14
	Акалифа южная (<i>Acalypha australis</i>)	14	26	20
Всего		54	72	62
30 см	Амброзия полыннолистная (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	35	27	31
	Марь белая (<i>Chenopodium album</i>)	20	18	19
	Акалифа южная (<i>Acalypha australis</i>)	16	21	18
Всего		71	66	68

Высота растений – один из основных признаков, определяющих урожайность. В проведенных исследованиях высота растений в среднем за 2018–2019 гг. наибольшей (74 см) была при посеве с междурядьем 15 см и нормой высева 600–700 тыс. всхожих семян на 1 га. Высота прикрепления нижнего боба является важным в технологическом отношении признаком, от которого зависит величина потерь при механизированной уборке урожая. При более высоком прикреплении нижнего боба уменьшаются потери зерна. В опыте высота прикрепления нижнего боба у сои сорта Муссон варьировала от 8 до 11 см.

На продуктивность сои влияет также количество бобов на растении, что обусловлено биологическими особенностями сорта, почвенно-климатическими условиями и агротехникой возделывания. Максимальное количество бобов на одном растении (30–36 шт.) для посевов с междурядьями шириной 15 см отмечено при норме высева 600–700 тыс. всхожих семян на 1 га. При посеве с междурядьем в 30 см количество бобов составляет 35–37 шт. при норме высева 550–650 тыс. всхожих семян на 1 га (табл. 6).

Наибольшее количество семян с одного растения (52–66 и 71–75 шт.) получено при посеве с междурядьями шириной 15 см при норме высева 600–700 тыс. и 30 см при норме высева 550–650 тыс. всхожих семян на 1 га соответственно.

Основным критерием эффективности сорта является его урожайность. В наших исследованиях наибольшая урожайность (1,8 т/га) была получена при обычном рядовом посеве с междурядьями в 15 см и нормой высева от 550 до 600 тыс. всхожих семян на 1 га, что выше контроля на 5,9 %. Изучаемые способы посева и нормы высева не оказывали

Таблица 6

Влияние норм высева и способа посева на структуру урожая сои сорта Муссон (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант		Высота, см		Количество бобов на 1 растения, шт.	Количество семян на 1 растения, шт.	Масса 1000 семян, г
Ширина междурядий (фактор А)	Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га (фактор В)	растения	прикрепления нижнего боба			
45 см (контроль)	450	81	9	34	56	187
15 см	300	68	8	27	59	125
	350	70	8	29	64	126
	400	70	9	30	61	133
	450	68	9	28	49	134
	500	69	10	31	59	136
	550	67	10	32	57	146
	600	74	11	36	66	155
	650	66	8	27	52	141
30 см	700	74	9	30	54	158
	300	68	8	34	70	145
	350	62	9	30	65	146
	400	64	8	40	58	150
	450	70	9	32	57	166
	500	74	8	33	59	148
	550	78	10	35	73	137
	600	80	11	36	71	152
650	84	11	37	75	154	
700	86	10	35	71	147	
НСР ₀₅ фактор А		3,3	0,5	1,8	3,7	5,5
НСР ₀₅ фактор В		6,9	1,2	3,8	7,9	11,6
НСР ₀₅ факторы А и В		9,8	1,6	5,5	11,3	16,3

Таблица 7

Урожайность и биохимические показатели сои сорта Муссон в зависимости от способа посева и нормы высева (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант		Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание жира, %
Ширина междурядий (фактор А)	Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га (фактор В)			
45 см (контроль)	450	1,7	37,8	22,0
15 см	300	1,1	35,5	22,7
	350	1,3	36,9	22,0
	400	1,2	36,8	22,3
	450	1,3	36,1	22,3
	500	1,7	37,1	22,0
	550	1,8	38,5	22,0
	600	1,8	37,8	22,1
	650	1,5	37,5	22,1
30 см	700	1,2	36,8	22,1
	300	1,1	37,0	22,3
	350	1,2	37,0	22,4
	400	1,2	38,2	22,0
	450	1,1	37,5	22,0
	500	1,4	37,1	22,4
	550	1,5	38,7	22,0
	600	1,7	38,1	22,0
650	1,7	38,2	22,0	
700	1,5	37,4	22,3	
НСР ₀₅ фактор А		0,1	0,2	0,04
НСР ₀₅ фактор В		0,2	0,4	0,10
НСР ₀₅ факторы А и В		0,3	0,6	0,14

существенного влияния на биохимические показатели. По всем вариантам опыта отмечена тенденция к росту содержания белка в зерне сои в среднем на 0,7 % (табл. 7).

Заключение

Продуктивность сои в агрохимическом стационаре ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки при длительном выращивании без применения удобрений в целом сохраняется за счет севооборота и использования клевера лугового на сидерат. Внесение высоких доз минеральных удобрений без органических приводит к подкислению почвы по сравнению с контролем. Из примененных нами систем удобрений в севообороте более высокую эффективность показала органоминеральная, продолжительное использование которой на фоне известкования обеспечивает значительную прибавку урожая сои сорта Муссон (0,6 т/га). Внесение органического удобрения (навоза), известки и двойной дозы минеральных удобрений на протяжении восьми ротаций севооборота формирует значительные запасы доступного фосфора и калия в почве. Максимальная урожайность сои сорта Муссон (2,3 т/га) с высоким содержанием белка (38,8 %) получена при применении комплексной системы с одинарной дозой минеральных удобрений (N40 + И4,5 + 1NPK).

В условиях Приморского края сорт сои Муссон рекомендуется высевать рядовым способом с междурядьями шириной 15 см и нормой высева 500–600 тыс. или широкорядным способом с междурядьями шириной 30 см и нормой высева 550–650 тыс. всхожих семян на 1 га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко А.Н., Сидоренко М.Л., Тимошинов Р.В. Влияние длительного применения удобрений на соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов различных по типу азотного питания // Вестн. Алтай. ГАУ. 2018. № 9 (167). С. 40–46.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. М., 2018. 483 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): стереотип. изд., перепечатанное с 5-го изд., доп. и перераб. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Клыков А.Г., Ким И.В. Современное состояние и пути инновационного развития аграрной науки на Дальнем Востоке // Вестн. ДВО РАН. 2017. № 3. С. 5–14.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур. М., 1985. Вып. 1. 194 с.
6. Рахимова Ю.М., Дозоров А.В., Наумов А.Ю. Фотосинтетическая деятельность и урожайность сои при применении различных гербицидов и приемов основной обработки почвы // Вестн. Ульянов. ГСХА. 2015. № 2. С. 37–42.
7. Система ведения агропромышленного производства Приморского края / РАСХН, ДВНМЦ, ПримНИИСХ. Новосибирск, 2001. 364 с.
8. Совершенствование единой системы мониторинга в длительных агрохимических полевых опытах Гео-сети. М.: ВНИИА, 2016. 44 с. (Бюл. Географической сети опытов с удобрениями; вып. 22).
9. Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., Матвеева О.Л. Нормы высева и способы посева раннего сорта сои северного экотипа «Памяти Фадеева» в условиях Чувашии // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30). С. 62–66.
10. Чайка А.К., Клыков А.Г. Приоритетные направления в развитии агропромышленного комплекса Дальнего Востока России // Вестн. ДВО РАН. 2016. № 2. С. 24–30.
11. Шабалдас О.Г., Агафонов О.М. Рекомендации по применению микробиологических препаратов и регуляторов роста при возделывании сои в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края. Армавир: АОС ВНИИМК, 2016. 44 с.