

Факторы регуляции продукционного процесса культуры сои (*Glicine hispida maxim.*) в сухостепной зоне Республики Тыва

К. Д. СЕРЕН, Л. А. ИГНАТЪЕВ*

Тывинский государственный университет
667000, Республика Тыва, Кызыл, ул. Ленина, 36

* Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18
E-mail: arsay@issa.ncs.ru

АННОТАЦИЯ

Эффект от применения минеральных удобрений в регуляции продукционного процесса сои на фоне различных вариантов гидротермического режима строго дифференцирован. Азотные удобрения оказывают положительное влияние на зерновую продуктивность этой культуры при достаточном водоснабжении растений, а фосфорные – в экстремальных условиях. Роль калийных удобрений в формировании этого признака чаще всего индифферентна. Наряду с этим многообразие ответных реакций растений сои обусловлено взаимодействием функций трофического обеспечения элементами минерального питания и регуляторной – в изменении их экологической устойчивости.

Ключевые слова: климат, культура сои, техногенные факторы, продукционный процесс.

Сухостепная зона Республики Тыва (Тывинский сухостепной округ № 15) характеризуется резко континентальным засушливым климатом [1]. За вегетационный период (май – сентябрь) здесь выпадает 125–150 мм осадков, поэтому земледелие возможно только в условиях орошения, требующего больших материально-технических и энергетических затрат. По этой причине оно может быть оправданным при районировании культур с высокой потенциальной продуктивностью или очень ценными качествами, таких как картофель, кормовые культуры, зернобобовые. Из зернобобовых предпочтительна соя, отличающаяся многофункциональным использованием. Основным препятствием для ее райо-

нирования является лимит теплообеспеченности. В зависимости от скороспелости сортов сумма активных температур для полного ее вызревания должна находиться в пределах 1600–2300 °С [2]. В данной зоне, по среднестатистическим многолетним данным, она составляет 1800 °С, но при орошении снижается еще на 100 °С [3], т. е. находится, казалось бы, на пределе. Однако большое число безоблачных дней с продолжительным световым периодом, высокие температуры в период вегетации растений и низкая относительная влажность воздуха способствуют ускоренному развитию растений и своевременному созреванию. Предварительные исследования подтвердили возможность возделывания скороспелых сортов сои в данном регионе [4]. Последующая задача заключалась в интенсификации ее продукционного про-

Серен Клавдия Доржиевна
Игнатъев Лев Алексеевич

цесса посредством техногенных факторов, в данной работе – орошения посевов и применения минеральных удобрений.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовали раннеспелый сорт СибНИИК-315 селекции Института кормов СО РАСХН. Полевые опыты закладывали на агробиостанции Тывинского госуниверситета (г. Кызыл) в 2002–2004 гг. по зернобобовым предшественникам на маломощных светло-каштановых почвах среднесуглинистого гранулометрического состава с рН 7,1–7,2, содержанием гумуса 1,0–1,5 % [5], валового азота по Къельдалю – 0,05–0,13 % и подвижных форм фосфора и калия по Чирикову – соответственно 60 и 20 мг/кг почвы [6].

Предпосевная обработка почвы состояла в отвальной весенней вспашке. Опыты закладывали в четырехкратной повторности при систематическом расположении делянок площадью 8 м². Азотные (Н), фосфорные (Р) и калийные (К) удобрения вносили в почву равномерно перед высевом семян в следующем количестве по вариантам в расчете по действующему веществу на 1 га (д. в./га): N45 (фон); фон + P60; фон + P60 + K45; фон + P60 + K90. Контролем служил вариант без внесения минеральных удобрений в каждом случае при увлажнении почвы в период вегетации растений посредством периодических поливов дождеванием до 50–60 и 70–80 % от наименьшей влагоемкости (НВ).

Показателями интенсивности продукционного процесса служили темпы роста, величина надземной биомассы растений и их зерновая продуктивность. Достоверность различий между вариантами по этим показателям оценивалась величиной наименьшей существенной разницы при 5%-м уровне значимости (НСР_{0,95}) [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидротермический режим в 2002 и 2004 гг. был типичным для сухостепного округа Тывы [1] (табл. 1). Исключением стал 2003 г., когда за вегетационный период выпало на 100 мм осадков больше, чем обычно (по многолет-

ним среднестатистическим наблюдениям). При этом за вегетационный период среднесуточная температура приземного воздуха оказалась ниже.

При поддержании влажности почвы на уровне 70–80 % от НВ и применении азотных удобрений в 2002 и 2004 гг. получено значительное повышение зерновой продуктивности посевов сои. Внесение в почву 45 кг д. в./га этих удобрений привело к увеличению зерновой продуктивности относительно контроля в 2002 г. на 27,4, а в 2004 г. – на 31,6 % (табл. 2). Это весьма высокие прибавки в урожае зерна, поскольку соя как зернобобовая культура по азотному питанию должна находиться “на самообеспечении”. Однако в данном регионе она – интродуцент, и без искусственной инокуляции семян специфической культурой клубеньковых бактерий вряд ли можно рассчитывать на фиксацию свободного азота, что при дефиците азота на слабогумусированной почве и послужило причиной высокой эффективности азотных удобрений.

Однако в опыте 2003 г. влияние этой же дозы азотных удобрений выразилось лишь в тенденции увеличения урожая зерна (см. табл. 2). Достаточное количество осадков в этом году (см. табл. 1) и искусственное поддержание влаги в почве на уровне 70–80 % от НВ способствовали благоприятному водобеспечению растений и замедленному их развитию. Это сказалось на позднем завязывании бобов, а при длительном цветении и ограниченной продолжительности вегетационного периода – на неполном их созревании, что подтверждается снижением относительно контроля числа вызревших бобов на одном растении (см. табл. 2). При этом изменение величины урожая зерна в вариантах с применением азотных удобрений находилось в прямой корреляции с надземной биомассой растений (табл. 3).

На этом фоне увлажнения в 2002 и 2004 гг. реакция растений сои на фосфорные удобрения была однозначной. Как в 2002, так и в 2004 гг. урожай зерна в варианте N45 + P60 был ниже относительно фона (N45) соответственно на 23,3 и 20 % относительно варианта N45 (см. табл. 2). Фосфор, как и другие макроэлементы, выполняет в жизнедеятельности растений двоякую функцию – трофи-

Т а б л и ц а 1

**Температура воздуха и количество осадков в вегетационные периоды 2002–2004 гг.
(данные метеостанции г. Кызыл)**

Год	Месяц	Температура воздуха, °С			Средняя за месяц	Количество осадков, мм			Сумма
		Декада				Декада			
		I	II	III		I	II	III	
2002	Май	9,7	13,3	18,9	13,9	0,0	3,7	5,7	8,8
	Июнь	18,7	20,1	19,2	19,3	3,5	6,4	25,9	35,8
	Июль	19,5	22,5	22,0	22,0	32,2	8,3	11,3	51,9
	Август	21,0	22,4	19,7	19,7	1,6	1,6	22,0	25,2
	Сентябрь	13,2	9,2	11,0	11,0	8,6	13,2	1,2	23,0
За вегетационный период					17,2				144,7
2003	Май	12,2	12,5	13,9	13,0	0,0	3,4	4,8	8,2
	Июнь	20,7	22,9	18,2	20,6	0,4	7,3	10,0	17,7
	Июль	23,2	18,6	18,0	20,0	50,7	48,8	8,7	108,2
	Август	15,9	15,0	16,0	15,6	13,3	11,8	10,2	35,5
	Сентябрь	13,2	11,0	5,6	10,0	13,4	16,0	42,5	71,9
За вегетационный период					15,8				241,5
2004	Май	7,8	16,2	15,9	13,3	1,4	0,0	5,5	6,9
	Июнь	17,2	18,1	21,0	18,8	9,6	9,9	9,7	29,2
	Июль	19,2	24,9	19,2	21,1	19,7	6,2	4,6	30,5
	Август	17,4	20,1	14,5	17,3	22,0	0,4	12,2	34,8
	Сентябрь	14,3	11,4	4,1	10,0	19,1	7,3	17,0	33,8
За вегетационный период					16,1				135,2

Т а б л и ц а 2

**Структура урожая посевов сои при увлажнении почвы до 70–80 % от НВ на фоне различных минеральных
удобрений, полевые опыты 2002 и 2003 гг.**

Год	Вариант	Расте- ний на 1 м ²	Бобов на одном растении	Зерен в одном бобе	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна, г, на:		Отклонение от контроля	
						одно растение	1 м ²	г	%
2002	Контроль	39,0	17,5	1,51	143,9	3,76	146,2	–	100
	N45 (фон)	35,5	18,8	1,70	167,5	5,27	186,2	40,0	127,4
	Фон + P60	37,7	17,8	1,49	152,6	4,07	150,7	4,5	103,1
	Фон + P60 + K45	38,3	16,7	1,90	154,5	4,88	186,4	40,2	128,2
	Фон + P60 + K90	37,8	13,5	2,22	140,2	4,18	156,9	10,7	107,3
	Контроль	38,5	17,7	1,56	151,7	4,18	160,9	–	100,0
	N45 (фон)	36,0	13,9	2,24	154,3	4,80	172,8	11,9	107,4
	Фон + P60	34,5	15,2	2,39	155,9	5,66	195,4	34,5	121,4
	Фон + P60 + K45	38,0	15,1	2,28	156,6	5,40	205,3	44,4	127,6
	Фон + P60 + K90	37,0	13,5	2,28	156,4	4,82	178,4	17,5	110,9
	HCP _{0,95}	8,3	5,2	0,9	14,0	0,73	27,9	–	–
2004	Контроль	48,3	12,2	2,13	120,7	3,13	151,4	–	–
	N45 (фон)	47,2	15,5	2,10	129,5	4,22	199,3	47,5	131,6
	Фон + P60	45,1	14,5	1,97	131,1	3,74	168,9	17,5	111,6
	Фон + P60 + K45	46,6	14,2	1,89	131,1	3,52	164,0	12,6	108,6
	Фон + P60 + K90	46,2	13,0	2,06	120,1	3,21	148,1	–3,3	97,8
		HCP _{0,95}	13,0	3,8	0,5	14,2	1,05	23,6	–

Т а б л и ц а 3

Величина сухой надземной массы растений сои (г/1 растение) при увлажнении почвы до 70–80 % от НВ на фоне различных минеральных удобрений, полевые опыты 2002 и 2003 гг.

Год	Момент определения	Вариант					НСР _{0,95}
		Контроль	N45 (фон)	Фон + P60	Фон + P60+ + K45	Фон + P60 + + K90	
2002	Цветение	2,5	2,0	1,7	2,3	2,6	0,8
	Фаза нижних зеленых бобов	10,0	13,7	11,4	14,8	12,6	2,4
2003	Цветение	3,3	4,1	3,7	4,5	4,2	0,8
	Фаза нижних зеленых бобов	11,2	12,6	13,7	14,0	12,1	2,2

ческую и регуляторную. Вторая выражается в ускорении созревания растений за счет его участия в восстановительных процессах метаболизма [8] и повышения их экологической устойчивости [9]. Повышение устойчивости растений в случае поддержания высокой влажности почвы могло оказывать только негативное влияние на урожай зерна сои в силу общей биологической закономерности – продуктивность растений в оптимальных условиях внешней среды находится в обратной корреляции с уровнем их устойчивости [10]. Можно полагать, что это влияние усугублялось и ускорением созревания растений, чему способствовали свойственная данному региону низкая влажность воздуха, высокая инсоляция и большая продолжительность светового дня в период вегетации. Признаком этого служило очень низкое число семян в

усредненном из всех опытных вариантов бобе (см. табл. 2), а подтверждением – устойчивая тенденция повышения урожая зерна (на 14 % относительно варианта N45 в опыте 2003 г., когда только за июль выпало 108,2 мм осадков при заметном снижении от нормы температуры воздуха в июле и августе (см. табл. 1). Такие погодные условия способствовали замедленному развитию растений и нивелировали негативную регуляторную функцию фосфора. В этих условиях тенденцию увеличения зерновой продуктивности можно объяснить оптимизацией трофического обеспечения растений фосфором. Однако как в 2003, так и в 2004 г. противоположные изменения урожая зерна сои под влиянием фосфорных удобрений не находились в существенной связи с темпами роста растений (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Длина побегов (см) растений сои при увлажнении почвы до 50–60 и 70–80 % от НВ и применении различных доз минеральных удобрений, полевые опыты 2003 и 2004 гг.

Год	Увлажнение почвы, % от НВ	Фаза развития	Вариант по дозам минеральных удобрений					Стандартная ошибка	НСР _{0,95}
			Контроль	N45 (фон)	Фон+P60	Фон+P60+ +K45	Фон+P60 +K90		
2003	50–60	Цветение	32,3	34,8	33,5	36,0	37,8	1,6	5,1
	70–80	»	38,5	40,1	40,1	40,2	38,6	2,3	7,0
2004	50–60	Ветвление	12,2	11,2	10,9	10,5	11,2	0,7	2,1
		Цветение	33,5	36,0	33,6	35,4	34,2	0,9	2,8
		Нижние зеленые бобы	36,2	38,8	34,4	36,4	37,9	1,8	5,5
	70–80	Ветвление	12,2	11,2	10,9	11,8	13,2	0,9	2,7
		Цветение	36,9	39,2	39,0	37,6	39,8	2,7	8,2
		Нижние зеленые бобы	45,8	52,0	47,3	49,2	44,7	3,9	12,1

Другим подтверждением большой значимости регуляторной функции макроэлементов в формировании зерновой продуктивности может служить эффект от применения калийных удобрений. Их влияние при высоком потенциальном содержании калия в каштановой автоморфной почве среднесуглинистого гранулометрического состава [11] изменялось на фоне ее увлажнения до 70–80 % от НВ от положительных до отрицательных значений в зависимости от дозы и конкретных погодных условий. Использование различных доз калийных удобрений обусловлено поиском приемлемой в связи с высокой потребностью в калии сои как зернобобовой культуры при низком содержании подвижных форм калия в почве опытного поля. При достаточном увлажнении почвы можно было рассчитывать на повышение урожая зерна в каком-то из вариантов за счет оптимизации трофического обеспечения растений калием. Но полученные результаты оказались неожиданными, что объясняется функциональной спецификой калия в регуляции скорости развития растений и их устойчивости. Этот элемент, не являясь “строительным материалом”, обеспечивает нормализацию метаболизма растений [12], в частности, окислительных процессов вопреки восстановительным, которые в большей мере находятся под функциональным контролем фосфора [8], тем самым повышая их физиологическую активность и, соответственно, снижая устойчивость к “жесткому” действию экстремальных факторов [10].

При высоком увлажнении почвы отрицательное влияние калийных удобрений на устойчивость растений могло быть недостаточно значимым или зависимым от дозы применения, а положительное – в формировании продуктивности за счет оптимизации обеспечения растений калием и более замедленного развития. И действительно в опыте 2002 г. внесение в почву 45 кг д. в./га привело к увеличению надземной биомассы растений (см. табл. 3) и зерновой продуктивности относительно варианта N45 + P60 на 23,6 % за счет большего (в противоположность действию фосфорных удобрений) числа зерен в каждом бобе (см. табл. 2). Однако увеличение дозы этих удобрений до 90 кг д. в./га имело обратный эффект. Дальнейшая опти-

мизация калийного питания растений могла служить причиной заметного снижения экологической устойчивости растений. Высокое увлажнение почвы не снимает неблагоприятного действия других нерегулируемых факторов внешней среды. Сухостепная зона Тывы характеризуется действием повышенных температур на фоне высокой инсоляции, большой амплитудой их изменения в суточном цикле. Так, в 2002 г. среднедекадная температура воздуха со II декады июля по II декаду августа составила 22,4–22,5 °С, а в 2004 г. средняя температура за II декаду июля – 24,9 °С. С учетом внутривекальных ее изменений и суточной цикличности дневные значения этого фактора вполне могли быть повреждающими, особенно при благоприятной водообеспеченности растений. В этой связи не случайно в 2004 г. даже низкая доза калийных удобрений не оказала положительного влияния на урожай зерна, а более высокая – сопровождалась заметной тенденцией его снижения (см. табл. 2). В этом случае действие калия аналогично действию азотных удобрений, трофическая роль которых в формировании зерновой продуктивности нивелируется, а при использовании высоких доз в неблагоприятных условиях внешней среды становится отрицательной. При этом негативное влияние снижения устойчивости растений чаще находилось в пределах недоказуемой достоверности, скорее всего, из-за компенсирующей положительной роли оптимизации трофического обеспечения растений калием.

Действие повреждающих нерегулярных факторов, по-видимому, сохранялось и в менее напряженном по метеоусловиям 2003 г., с той лишь разницей, что применение низкой дозы калийных удобрений не вызвало существенных изменений в урожае зерна. Однако интересно то, что внесение в почву относительно низкой дозы 90 кг д. в./га было достоверно отрицательным (см. табл. 2). Не исключено, что как азот, так и калий в условиях очень благоприятного водообеспечения способствовали повышению функциональной активности растений, замедлению их развития, что при длительном цветении сои не обеспечивало ее своевременного созревания. В пользу этого представления свидетельствует то, что растения вариантов с использова-

нием как азотных, так и калийных удобрений обладали самым низким числом вызревших бобов в расчете на одно растение.

Более определенно положительная роль повышенной устойчивости растений в изменении зерновой продуктивности посевов сои проявилась на фоне увлажнения почвы до 50–60 % от НВ в опытах 2003 и 2004 гг. (увлажнение почвы до этого уровня имело место сразу после орошения посевов). В последующем ее влажность снижалась за счет физического испарения и транспирации растений. Перед очередным поливом она могла снижаться до критического уровня и на фоне высоких температур и низкой относительной влажности воздуха оказывалась лимитирующим фактором. Этому способствовал типичный для региона гидротермический режим 2004 г. В этих условиях положительной в формировании урожая зерна оказалась только оптимизация фосфорного питания (табл. 5). Влияние на урожай зерна азотных и калийных удобрений было индифферентным, без изменений в темпах роста растений во всех вариантах опыта. Часто в вопросах регуляции экологической устойчивости растений считается однозначно положительным использование в совокупности фосфорно-калийных удобрений, что не вполне верно. Роль

калия в регуляторной функции физиологического состояния растений близка к азоту. И тот и другой элемент способствуют интенсификации продукционного процесса, “омоложению” растений [8, 12] и, соответственно, снижению их устойчивости к “жесткому” действию неблагоприятного фактора или высокой его напряженности [10]. С другой стороны, повышенная функциональная активность благоприятствует адаптации, а затем уже и устойчивости растений к экстремальным факторам, но при условии “мягкого” их действия (длительное, постепенно возрастающее по напряженности или перемежающее с благоприятными условиями повреждающее действие) [10, 13].

Регуляторная функция азота и калия относительно фосфора остается идентичной в умеренных или благоприятных условиях внешней среды, доказательством чего стали результаты опыта 2003 г. при увлажнении почвы также до уровня 50–60 % от НВ. Аномально высокое количество осадков в течение вегетационного периода дополняло низкий уровень искусственного увлажнения почвы и, скорее всего, было умеренным или оптимальным для растений, таким же, как при доведении ее до 70–80 % от НВ в условиях типичного для региона гидротермичес-

Т а б л и ц а 5

Структура урожая сои при увлажнении почвы до 50–60 % от НВ на фоне различных минеральных удобрений, полевые опыты 2003 и 2004 гг.

Год	Вариант	Растений на 1 м ²	Бобов на одном растении	Семян в одном бобе	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна, г, на:		Отклонение от контроля	
						одном растении	1 м ²	г	%
2003	Контроль	38,0	12,8	2,02	150,3	3,89	147,9	–	100
	N45 (фон)	49,3	12,2	2,09	154,7	3,94	194,1	46,2	131,2
	Фон + P60	39,0	13,7	2,15	157,2	4,64	180,8	32,9	121,3
	Фон + P60 + K45	42,3	13,0	2,12	159,0	4,39	185,8	37,9	125,6
	Фон + P60 + K90	47,5	13,1	2,04	160,7	4,29	204,0	56,1	137,9
	HCP _{0,95}	11,2	3,0	0,80	16,5	1,26	24,0	–	–
2004	Контроль	42,5	8,5	2,60	131,3	2,90	123,4	–	100
	N45 (фон)	45,3	9,0	2,40	129,1	2,79	126,4	3,0	102,4
	Фон + P60	43,2	10,2	2,35	142,1	3,41	147,4	24,0	119,8
	Фон + P60 + K45	44,5	8,8	2,61	134,3	3,08	137,0	13,6	111,0
	Фон + P60 + K90	42,0	8,9	2,69	135,6	3,25	136,4	13,0	110,5
	HCP _{0,95}	7,2	1,9	0,60	11,0	0,65	14,9	–	–

кого режима в 2002 и 2004 гг. Подтверждение этого – реакция растений сои на азотно-калийные удобрения. Общеизвестно, что эффект от применения азотных удобрений при недостатке влаги в почве резко снижается, вплоть до отрицательного влияния. Однако при поддержании влажности почвы на уровне 50–60 % от НВ в опыте 2003 г. увеличение зерновой продуктивности составило 31,2 % при внесении в почву 45 кг д. в./га азотных удобрений. Столь высокая относительно контроля прибавка урожая в определенной мере обусловлена значительным (на 29,7 %) увеличением числа растений на 1 м² в опытном варианте. Небольшие различия в плотности посевов между вариантами часто компенсируются изменением других элементов структуры урожая, но в этом случае вряд ли могла произойти компенсация в полной мере, поэтому можно полагать, что большее число растений на 1 м² в опытном варианте способствовало лишь получению повышенной прибавки урожая зерна.

Доказательством отсутствия дефицита влаги при поддержании влажности почвы на уровне 50–60 % от НВ в опыте 2003 г. служило достоверное увеличение урожая зерна с повышением дозы калийных удобрений от 45 до 90 кг д.в./га и индифферентная реакция растений сои по признаку продуктивности на фосфорные удобрения (см. табл. 5).

Следует признать, что различные погодные условия в годы проведения экспериментов вносили корректировку в двухуровневый фон высокого и низкого искусственного увлажнения почвы. Учитывая действие неблагоприятных нерегулируемых факторов, особенно повышенной температуры, гидротермический режим по степени оптимальности находился в широких пределах. Если исходить из неспецифичности ответной реакции растений на воздействие самых разнообразных факторов внешней среды [14], то их продуктивность находилась в зависимости не только от увлажнения почвы, но и от гидротермического режима в целом.

Корректировка условий внешней среды обуславливалась также неустойчивой или ограниченной продолжительностью вегетационного периода в данном регионе – важного фактора своевременного созревания посевов и, соответственно, их продуктивности. При

этом скорость созревания растений или их развитие зависят от дифференцированной специфики каждого из макроэлементов. Одновременно взаимодействие трофической функции элементов минерального питания (НРК) и их специфической роли в регуляции устойчивости растений при различной обеспеченности влагой на фоне нерегулируемых факторов внешней среды привело к большому разнообразию их ответных реакций. Как результат этого – зерновая продуктивность посевов сои достоверно изменялась относительно контрольных вариантов от положительных до отрицательных значений (см. табл. 2 и 5). В этой связи необходимо было определить, какие варианты взаимодействия отдельных элементов минерального питания растений и уровня увлажнения почвы способствуют увеличению урожая зерна, а какие его снижению.

ВЫВОДЫ

1. Повышение синтеза надземной биомассы и зерновой продуктивности посевов сои на светлокаштановых почвах происходит за счет азотных удобрений, как фактора оптимизации трофического обеспечения растений, при поддержании влажности почвы на уровне 70–80 или 50–60 % от НВ, но в условиях благоприятного естественного водообеспечения растений. Большое количество осадков и увлажнение почвы до 70–80 % от НВ снижают эффект от азотных удобрений по причине незавершенности созревания посевов при ограниченной продолжительности вегетационного периода. Урожай зерна при использовании азотных удобрений не изменяется в условиях “жесткого” гидротермического режима.

2. Роль фосфорных удобрений при низком увлажнении почвы или неблагоприятном действии нерегулируемых факторов может быть индифферентной за счет ускоренного развития растений или положительной за счет повышения экологической устойчивости растений. Ускоренное развитие растений может оказаться положительным фактором в повышении зерновой продуктивности при благоприятном водообеспечении растений.

3. Роль калийных удобрений в регуляции зерновой продуктивности сои при благоприятном гидротермическом режиме положитель-

на, но менее эффективна по сравнению с азотными удобрениями за счет более выраженной регуляторной функции замедления развития растений и задержки созревания посевов. Роль этих удобрений в экстремальных условиях внешней среды отрицательна из-за снижения устойчивости растений. В этом отношении роль калия более сходна не с фосфором, а с азотом. При этом снижение продуктивности может находиться в обратной связи с величиной надземной биомассы растений.

4. Часто индифферентность посевов сои на воздействие минеральных удобрений по признаку продуктивности определяется эффектом взаимной компенсации положительного влияния их трофической функции и большого разнообразия конкретно складывающегося гидротермического режима, изменения экологической устойчивости растений, темпов их развития и продолжительности вегетационного периода.

5. В почвенно-климатических условиях сухостепной зоны Тывы более благоприятным для посевов сои является поддержание влажности почвы на уровне 70–80 % от НВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические ресурсы Красноярского края и Тувинской АССР. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 211 с.
2. Растениеводство / под ред. П. П. Вавилова. М.: Агропромиздат, 1986. 612 с.
3. Шкаруба А. М. Почвенно-экологические аспекты орошения Барабы. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1987. 236 с.
4. Серен К. Д. Оптимизация интродукции сои (*Glicine hispida maxun*) в сухостепной зоне Республики Тыва: материалы XI съезда Рус. ботан. об-ва (18–22 августа 2003 г., Новосибирск–Барнаул) // Ботанические исследования в Азиатской России. Т. 3. С. 108–109.
5. Практикум по агрохимии / под ред. Б. А. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1987. С. 268–271.
6. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
7. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.
8. Турчин Ф. В. О природе действия удобрений (азот, фосфор, калий). М.: Сельхозгиз, 1936. 152 с.
9. Алексеев А. М., Гусев Н. А. Влияние минерального питания на водный режим растений. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 223 с.
10. Игнатъев Л. А. Реакция растений на повреждающее действие абиотических факторов и регуляция их продуктивности в условиях неустойчивой погоды: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1993. 33 с.
11. Середина В.П. Калий в автоморфных почвах на лессовидных суглинках. Томск: Изд-во ТГУ, 1984. 216 с.
12. Физиология сельскохозяйственных растений. М.: Изд-во МГУ, 1967. Т. 2. С. 108–113.
13. Альтергот В. Ф. Действие повышенной температуры на растение в эксперименте и природе // Тимирязевские чтения. М.: Наука, 1981. 56 с.
14. Александров В. Я. Клетки, макромолекулы и температура. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. 329 с.

Factors Regulating the Production Process of Soy Culture (*Glicine hispida maxun.*) in Dry Steppe Zone of the Republic of Tyva

K. D. SEREN, L. A. IGNATYEV*

*Tyva State University
667000, Republic of Tyva, Kyzyk, Lenin str., 36*

* *Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18
E-mail: arsay@issa.ncs.ru*

Effect of the application of mineral fertilizers in the regulation of production process of soya at the background of different versions of hydrothermal regime is strictly differentiated. Nitrogen fertilizers have a positive effect on the grain productivity of this culture under the favorable water supply for the plants, while phosphorus fertilizers have the same effect under the extremal conditions. The role of potassium fertilizers in the formation of this index is most often indifferent. Along with this, the diversity of response reactions of soya plants is due to the interaction between the functions of trophic provision with the elements of mineral nutrition and regulation in changing their ecological stability.

Key words: Climate, soya culture, technogenic factors.