

В. Ф. НУЗИН, Г. Н. ШЕЛЕВОЙ, В. Н. МАКАРОВ,
М. С. НУЗЬМИН, Л. К. МАЛЫШ

ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА УРОЖАЙ СОИ В ПРИАМУРЬЕ

В настоящее время в Амурской области сосредоточено около двух третей всех посевов сои в стране. Несмотря на повышение уровня интенсификации производства сои, внедрение новых сортов, урожайность сои здесь остается пока на низком уровне и неустойчива по годам. Например, за годы девятой пятилетки средний урожай сои по области составил 5,6 ц/га с колебаниями от 2,1 в 1972 г. и 10,5 ц/га в 1975 г. Еще большие колебания наблюдались в районах, хозяйствах и конкурсном сортоиспытании ВНИИ сои (табл. I).

Таблица I
Динамика урожайности сои за 1966–1976 гг.

Год	Амурская область	Тамбовский район	Совхоз "Партизан"	Конкурсное испытание сортов лаборатории селекции сои	
				Амурская ЗИО	Смена
1966	7,1	9,5	12,3	22,9	23,2
1967	6,1	9,3	10,2	13,8	12,7
1968	5,8	6,4	6,8	-	-
1969	5,0	7,6	9,6	21,0	15,8
1970	7,2	9,5	10,1	29,8	27,6
1971	6,7	10,0	11,5	24,0	20,7
1972	2,1	4,5	5,8	14,7	15,9
1973	4,5	6,6	9,4	25,2	25,0
1974	4,3	8,3	11,9	19,8	21,1
1975	10,5	18,0	21,0	28,2	26,0
1976	6,9	10,9	13,1	19,6	-

Столь резкие колебания урожайности по годам могут быть объяснены в первую очередь влиянием агрометеорологических факторов, складывающихся в период вегетации сои в тот или иной год, так как уровень агротехники и организации труда в условиях повышения интенсификации земледелия не могут варьировать в столь широких пределах. Это свидетельствует о высокой чувствительности сои к действию факторов внешней среды в Амурской области и о неполном соответствии климатических условий биологическим потребностям этой южной культуры, экотип которой тысячелетиями складывался в условиях

высокой обеспеченности теплом и влагой. Попытка внедрить здесь посевы сои в тридцатые годы оказалась безуспешной, так как ни один из завезенных сортов в местных условиях не вызревал. Только благодаря большому труду дальневосточных селекционеров В.А.Золотницкого, К.К.Малыш, Т.П.Рязанцевой и других, были выведены сорта сои, относительно приспособленные к возделыванию в дальневосточных условиях.

Для селекционеров и агротехников важно знать, от каких агрометеорологических показателей в первую очередь зависит уровень урожайности, чтобы по возможности использовать их в своей практической работе. На Дальнем Востоке большую работу по изучению отзывчивости сои на отдельные климатические показатели провал П.И.Колосков [1]. Им установлено, что для нормального роста и развития сои требуется 300 мм осадков за вегетационный период, повышенная относительная влажность воздуха (75-80%) и сумма активных температур - 2400-2500°. Выводы П.И.Колоскова в дальнейшем были конкретизированы В.В.Калмыковой [2], которая доказала, что потребность в тепле в континентальных районах Дальнего Востока равняется 2150°, а в прибрежных - 2200°, а для создания урожая сои в 18 ц/га требуется в период цветения-бобообразования 190 - 200 мм осадков. В Амурской области взаимосвязь между погодными условиями и урожаем сои Амурская 4I и Салют 2I6 изучал В.М.Пенчуков [3]. Однако данные сорта в настоящее время заменены новыми, более урожайными. Нами изучалось влияние агрометеорологических показателей на урожай новых районированных и перспективных сортов сои: Амурская 3I0, Янтарная, ВНИИС-I и Смена. В отличие от предыдущих исследователей, использовавших в своих расчетах только метод парной корреляции, мы провели оценку коррелятивной зависимости урожайности по нескольким показателям и рассчитали уравнения множественной регрессии.

Для изучения влияния агрометеорологических показателей в Примурье на урожай сои использовали выборочные данные из материалов полевых опытов Тамбовского, Белогорского, Мазановского и Октябрьского ГСУ, а также близлежащих метеорологических станций, расположенных в Садовом, Константинке, Екатеринославке, Мазаново и Белогорске. В выборке использовали данные за 1965-1975 гг. В расчетах коррелятивной зависимости и уравнений множественной регрессии использовали следующие показатели:

- X₁ - урожай сои, ц/га,
- X₂ - количество осадков, мм,
- X₃ - сумма активных температур, °С,
- X₄ - сумма эффективных температур, °С,
- X₅ - среднесуточная температура, °С,
- X₆ - максимальная абсолютная температура, °С,
- X₇ - максимальная средняя температура, °С,
- X₈ - минимальная абсолютная температура, °С,
- X₉ - минимальная средняя температура, °С,
- X₁₀ - средний перепад ночных и дневных температур, °С,
- X₁₁ - запас продуктивной влаги в слое 0-20 см, мм,
- X₁₂ - запас продуктивной влаги в слое 0-50 см, мм,
- X₁₃ - относительная влажность воздуха, %,
- X₁₄ - максимальная температура поверхности почвы, °С,
- X₁₅ - минимальная температура поверхности почвы, °С,
- X₁₆ - средняя температура поверхности почвы, °С,
- X₁₇ - температура на глубине 5 см, °С,

X_{18} - температура на глубине 10 см, °С,
 X_{19} - температура на глубине 20 см, °С,
 X_{20} - гидротермический коэффициент

Обработка данных проводилась по программе ступенчатой регрессии ДЭС ЕС на электронно-вычислительной машине ЕС-10-20 для двух основных соосеющих зон Приамурья: южной и центральной.

С о р т А м у р с к а я З И О. Для изучения коррелятивной связи между урожаем и погодными условиями производили выборку данных по периодам роста и развития растений (табл.2).

Из табл.2 видно, что сумма активных температур (10°) за период всходов-созревание составила в южной зоне 1959°, тогда как в центральной - 1797°. Региональные различия этих зон обусловили неодинаковое действие агрометеорологических показателей на урожай сои.

В южной зоне (Тамбовский и Белогорский ГСУ) в период посев-всходы положительная корреляция (табл.3) с урожаем отмечена на Белогорском ГСУ от максимальной средней температуры воздуха ($r=0,7$ на 5%-ном уровне значимости).

В период от всходов до цветения, когда происходит рост вегетативной массы, в условиях южной зоны урожай зависит в первую очередь от среднесуточной температуры и максимальной температуры почвы на поверхности ($r=0,7$).

Высокая коррелятивная связь урожая с суммой активных и эффективных температур наблюдается в период цветения-созревания. В этот период отмечена тесная взаимосвязь и с температурой почвы. Урожай сои сорта Амурская ЗИО зависит от ряда показателей, приведенных в уравнении (1) (Тамбовский ГСУ) и (2) (Белогорский ГСУ):

$$Y = 0,001X_4 + 0,072X_2 + 5,513X_{17} - 9,879X_7 - 9,226X_9 + 16,123X_5 - 38,68 \quad (1)$$

$$Y = 0,122X_3 - 0,277X_8 - 3,969X_7 + 1,391X_{14} + 2,146X_{13} - 3,487X_9 + 1,156X_6 - 84,6 \quad (2)$$

В целом за период вегетации на урожай сои в южной зоне в основном оказывает влияние напряжение тепла. Выявлены корреляции с суммой активных и эффективных температур, среднесуточной температурой и температурой почвы (см.табл.3). Высокая корреляция отмечена и с разницей ночных и дневных температур.

Уравнения регрессии для периода посев-созревание, по данным Тамбовского (3) и Белогорского (4) ГСУ, имеют следующий вид:

$$Y = 1,026X_{17} + 3,012X_7 - 13,787X_{20} + 0,441X_{11} - 0,785X_6 + 0,034X_2 - 43,81 \quad (3)$$

$$Y = 8,604X_{15} + 0,034X_4 - 9,423X_{12} + 7,287X_{11} - 142,994X_{16} - 0,357X_2 - 8,502X_5 - 0,141X_3 + 269,33 \quad (4)$$

Между количеством осадков и урожаем в южной зоне тесной взаимосвязи не установлено. Однако в период от посева до всходов наблюдалась существенная отрицательная корреляция между урожаем и относительной влажностью

Агрометеорологические показатели и урожай сои сорта

Фаза развития (период)	Урожай, ц/га	Осадки, мм	Сумма акт. темп., °С	Сумма эффект. темп., °С	Сред. темп. возд., °С	Температура воздуха, °С				
						абс. макс.	сред. макс.	абс. мин.	сред. мин.	перепад ночных и дневных
Т а м б о в с к и й										
Посев-всходы	20,4	32,8	203,8	120,5	14,9	23,9	18,6	6,6	12,1	13,2
Всходы-цветение	+6,8	105,5	327,9	106,1	19,3	26,9	22,8	12,2	15,6	11,7
Цветение-созревание		277,1	1253,5	553,9	16,8	25,3	20,4	8,1	14,7	10,7
Всходы-созревание		382,6	1958,5	893,0	17,7	26,7	21,1	7,3	15,0	11,0
Посев-созревание		417,2	2162,3	1017,1	17,2	26,7	20,8	6,6	14,4	11,3
Б е л о г о р с к и й										
Посев-всходы		29,1	199,8	68,1	15,2	29,0	21,4	4,2	8,9	12,4
Всходы-цветение		98,5	725,0	359,0	19,8	32,6	25,3	6,9	13,4	11,4
Цветение-созревание	19,8	252,5	1214,3	497,4	17,0	31,6	23,0	1,3	11,8	11,2
Всходы-созревание	+7,1									
Посев-созревание		380,3	2139,1	924,7	17,6	33,3	23,4	0,5	11,9	11,6
О к т я б р ь с к и й										
Посев-всходы		43,1	244,0	75,8	15,0	28,8	21,8	1,6	8,1	13,7
Всходы-цветение	17,2	96,0	667,0	316,1	19,1	31,6	25,2	5,7	12,4	12,8
Цветение-созревание	+5,5	245,9	1143,9	499,3	15,2	29,9	21,5	2,3	10,1	11,4
Всходы-созревание		341,9	1797,4	811,9	16,5	32,1	22,9	2,3	10,7	12,2
Посев-созревание		385,0	2041,6	890,3	16,2	32,3	22,7	2,3	10,4	12,5

Таблица 2

Амурская ЗИО в среднем за 1965-1975 гг.

Запасы продуктивной влаги (мм) в слое, см		Влажн. возд., %	Температура поверхности почвы, °С			Температура почвы на глубине, °С			ГТК
0-20	0-50		макс.	миним.	средняя	5 см	10 см	20 см	

Г С У

41,0	98,7	61,0	36,8	6,2	21,0	16,7	14,1	11,6	1,6
37,4	90,0	69,3	41,5	11,6	26,4	20,5	20,1	17,6	1,15
33,2	83,3	74,8	35,3	11,2	23,2	18,9	18,2	17,4	2,2
36,6	85,7	73,0	36,8	10,9	23,8	19,7	18,8	17,3	2,0
36,7	89,9	71,7	36,8	10,6	23,6	19,2	18,0	16,3	2,0

Г С У

		59,5	35,3	6,7	21,0			11,7	1,4
		65,5	41,9	11,8	26,8			16,4	1,4
		73,5	35,0	10,3	22,3			16,1	2,1
		69,2	37,3	10,3	23,6			15,8	1,8

Г С У

43,0	102,8	61,3	33,3	6,4	19,3		11,9		1,7
38,3	101,8	70,5	37,9	10,9	24,2		17,9		1,6
37,1	101,5	76,5	31,5	8,5	21,1		16,5		2,2
43,2	103,1	74,4	33,4	9,4	21,3		16,9		1,9
42,0	101,3	71,7	33,2	8,9	21,1		15,8		1,8

Таблица 3

Коррелятивная зависимость урожая сорта Амурская 310 от агрометеорологических показателей

Показатель	Октябрьский сортоучасток				Тамбовский сортоучасток					Белогорский сортоучасток					
	Посев- всходы	Бхо- ди- цете- ние	Цвете- ние- созре- вание	Всхо- ды- созре- вание	Посев- созре- вание	Посев- всходы	Всходы- цвете- ние	Цвете- ние- созре- вание	Всходы- созре- вание	Посев- созре- вание	Посев- всходы	Всходы- цвете- ние	Цвете- ние- созре- вание	Всходы- созре- вание	Посев- созре- вание
Осадки, мм	-0,7 ^x	-0,6	-0,4	-0,6	-0,7 ^x	0,0	-0,8 ^{xx}	0,1	0,3	-0,4	-0,6	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
Акт. темп., °С	0,0	0,0	0,6	0,6	0,6	0,5	-0,3	0,8 ^{xx}	0,8 ^{xx}	0,8 ^{xx}	0,1	-0,3	0,8 ^{xx}	0,7 ^x	0,7 ^x
Эффект. темп., °С	0,5	0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,4	0,6	0,8 ^{xx}	0,9 ^{xx}	0,7 ^x	0,6	0,1	0,6	0,6	0,6
Темп. воздуха, °С															
среднесут.	0,4	0,6	0,3	0,5	0,4	0,1	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7
макс. абс.	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,2	0,5	0,5
макс. средн.	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,3	0,4	0,6	0,7
мин. абс.	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4	-0,4	0,5	0,4	-0,2	0,1	0,1
мин. средн.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	-0,4	-0,4	-0,2	-0,3	-0,3	0,3	0,2	0,6	0,7 ^x	0,6
перепад ночн. и дневн.	0,2	0,8 ^{xx}	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,8 ^{xx}	0,5	-	-0,2	-0,1	-0,1
Запас влаги в слое (см), мм															
0-20	-0,2	-0,2	-0,8 ^{xx}	-0,2	-0,1	0,2	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-	-	-	-	-
0-50	-0,2	0,0	-0,9 ^{xx}	-0,8 ^{xx}	-0,8 ^{xx}	0,0	-0,1	-0,3	-0,2	-0,1	-	-	-	-	-
Влажность воздуха, %	-0,2	-0,3	0,0	-0,1	0,0	-0,4	-0,6	-0,2	-0,4	0,5	-0,8 ^{xx}	-0,3	-0,4	-0,4	-0,6
Темп. поверхн. почвы, °С															
макс.	0,1	0,7 ^x	0,7 ^x	0,7 ^x	0,7 ^x	-0,1	0,7 ^x	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,3
мин.	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	-0,5	0,4	0,7 ^x	0,6	0,2	0,1	0,7	0,5	0,6	0,6
средн.	0,3	0,7 ^x	0,3	0,7 ^x	0,6	0,0	0,7 ^x	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,3	0,7 ^x
Темп. почвы на глуб. (см), °С															
5	-	-	-	-	0,5	-	0,6	0,8 ^{xx}	0,8 ^{xx}	-	-	-	-	-	-
10	0,4	0,6	0,6	0,4	0,7 ^x	0,0	0,6	0,7 ^x	0,7 ^x	0,6	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	0,5	-	0,6	0,7 ^x	0,6	0,2	0,7 ^x	0,5	0,6	0,8 ^{xx}
ГТК	-0,7 ^x	0,8 ^{xx}	-0,6	-0,8 ^{xx}	-0,7 ^x	-0,1	-0,6	-0,2	-0,5	-0,5	-0,7 ^x	-0,5	-0,4	-0,4	-0,6

Примечание. ^x - 5%-ный уровень значимости, ^{xx} - 1%-ный уровень значимости.

воздуха ($r = -0,8$) на Белогорском ГСУ, а в период до цветения отмечалось отрицательное влияние осадков ($r = -0,8$) на Тамбовском ГСУ.

В центральной зоне (Октябрьский сортоучасток) на урожай сои сорта Амурская ЗЮ влияет в период после посева до всходов количество выпавших осадков ($r = -0,7$). Отрицательное их действие связано с тем, что при оттаивании сезонно-мерзлотных бурых лесных глеевых и луговых глееватых почв, имеющих глинистый аллювиальный горизонт, к поверхности почвы поднимается влага из нижних слоев и дополнительное выпадение осадков приводит к избыточному увлажнению этих почв. Поэтому отмечена обратная коррелятивная зависимость между урожаем и запасом влаги, особенно в слое 0-50 см ($r = -0,8-0,9$).

По данным В.Н.Бабиченко и С.Ф.Рудышина [4], подобные результаты получены в районах Полесья, где заболоченность почв оказывает отрицательное действие на урожай сои.

Тесная положительная коррелятивная зависимость выявлена от максимальных температур воздуха ($r = 0,8$) и почвы ($r = 0,7$). Приводим уравнение множественной регрессии для периодов цветение-созревание (5), посев-созревание (6) и всходы-созревание (7):

$$Y = 0,021X_3 - 0,119X_{11} - 0,112X_{12} - 0,414X_{16} + 17,66 \quad (5)$$

$$Y = 0,023X_3 + 0,02X_4 + 0,738X_6 - 1,164X_9 - 0,246X_{12} - 27,84 \quad (6)$$

$$Y = 1,296X_6 + 0,198X_{11} + 1,395X_{13} - 7,379X_{18} - 122,09 \quad (7)$$

Следовательно, на урожай сои сорта Амурская 310 в южной зоне в основном положительно влияет сумма активных и эффективных температур, а в центральной зоне – напряженность тепла (максимальные температуры воздуха и почвы) и отрицательно – осадки и запасы влаги в почве.

С о р т Я н т а р н а я. При возделывании сорта Янтарная в условиях центральной зоны (Октябрьский ГСУ) наблюдается достаточная, а часто и избыточная обеспеченность влагой и недостаточная – температурой (табл.4). Так, отрицательная корреляция отмечена в период посев-всходы между урожаем и атмосферными осадками и гидротермическим коэффициентом (табл.5). Коэффициент корреляции равнялся $-0,7$ в том и другом случае.

Таблица 4

Агрометеорологические показатели и урожай сои Янтарная на Октябрьском ГСУ (центральная зона, 1965-1975 гг.)

Показатель	Посев- всходы	Всходы- цветение	Цветение- созревание	Всходы- созревание	Посев- созревание
Урожай, ц/га	18,7	+5,3	-	-	-
Осадки, мм	43,1	96,0	245,9	341,9	385,0
Сумма акт. темп., °С	244,0	667,0	1143,9	1797,4	2041,6
Сумма эффект. темп., °С	75,8	316,1	499,3	811,9	890,3
Температура воздуха, °С					
средняя	15,0	19,1	15,2	16,5	16,2
абс. макс.	28,8	31,6	29,9	32,1	32,1
сред. макс.	21,8	25,2	21,5	22,9	22,7
абс. мин.	1,6	5,7	2,3	2,3	2,3
сред. мин.	8,1	12,4	10,1	10,7	10,4
перепад ночн. и дневн.	13,7	12,8	11,4	12,2	12,5
Запас продукт. влаги (мм)					
в слое, см					
0,20	43,0	38,3	37,1	43,2	42,4
0,50	102,8	101,8	101,5	103,1	101,3
Влажн. воздуха, %	61,3	70,5	76,5	74,4	71,7
Температура поверхн. почвы, °С					
макс.	33,3	37,9	31,7	33,4	33,2
мин.	6,4	16,9	8,5	9,4	8,9
средн.	19,3	24,2	21,1	21,3	21,1
Температура на глуб.					
10 см, °С	11,9	17,9	16,5	16,9	15,8
ГТК	1,7	1,6	2,2	1,9	1,8

В период от всходов до цветения положительная корреляция, существенная на 1%-ном уровне значимости, отмечена между урожаем сои и средней температурой на поверхности почвы, а также с максимальным ее значением. Как и в пе-

Таблица 5

Коррелятивная зависимость урожая сорта Янтарная
от агрометеорологических показателей (Октябрьский ГСУ)

Показатель	Посев- всходы	Всходы- цветение	Цветение- созревание	Всходы- созревание	Посев- созревание
Осадки, мм	-0,7*	-0,5	-0,3	0,5	-0,6
Сумма акт. темп., °С	0,0I	0,0I	0,7*	0,7*	0,8**
Сумма эффект. темп., °С	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2
Температура воздуха, °С					
средн. суточн.	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
абс. макс.	0,1	0,5	0,5	0,7*	0,7*
сред. макс.	0,5	0,6	0,4	0,7*	0,5
абс. мин.	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
средн. мин.	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
перепад ночн. и дневн.	0,2	0,4	-0,1	0,1	0,1
Запас продукт. влаги (мм)					
в слое, см					
0,20	-0,2	-0,2	-0,7*	-0,1	-0,1
0,50	-0,2	-0,1	-0,7*	-0,7*	-0,8**
Влажность воздуха, %	-0,1	-0,4	0,2	-0,2	0,0I
Температура поверхн. почвы, °С					
макс.	0,0I	0,7*	0,6	0,6	0,7*
мин.	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4
средн.	0,3	0,8**	0,4	0,6	0,7*
Температура почвы на глуб. 10 см, °С	0,4	0,2	0,6	0,5	0,6
ГТК	-0,7*	-0,8**	-0,5	0,7*	-0,7*

Примечание. * - коррелятивная связь существенна на 5%-ном уровне значимости, ** - на 1%-ном.

риод посев-всходы, в этот промежуток развития сои отмечается отрицательная коррелятивная связь с гидротермическим коэффициентом. Он равняется -0,8.

Приводим уравнение регрессии для периода всходы-цветение:

$$Y = 0,045X_2 + 1,87X_{16} - 0,747X_6 - 2,194X_{10} - 10,205X_{18} + 37,18 \quad (8)$$

Сумма активных температур оказывает положительное влияние в период от цветения до созревания ($r = 0,7$). Отрицательно на урожай сои сорта Янтарная в этот период влияет увеличение запасов влаги в почве ($r = -0,7$).

Уравнение множественной регрессии охватывает эти показатели, а также максимальные температуры воздуха и минимальные поверхности почвы, а также перепад ночных и дневных температур:

$$Y = 0,51X_3 - 0,471X_6 - 0,692X_{10} - 0,132X_{11} - 2,28X_{15} + 5,95 \quad (9)$$

В целом за период вегетации основное влияние на урожай сои сорта Янтарная оказывает сумма активных температур ($\geq 10^\circ$) и максимальных температур ($r = 0,7-0,8$) воздуха и поверхности почвы. Коэффициент корреляции равен 0,7-0,8. Отрицательно действует на урожай сои запасы влаги в слое почвы 0-50 см ($r = -0,8$). Интересно отметить, что содержание влаги в слое 0-20 см

(пахотном горизонте) не влияло на урожай сои, что свидетельствует об отрицательном влиянии на произрастание сои подпахотного горизонта. Между гидротермическим коэффициентом и урожаем сои сорта Янтарная также получена отрицательная корреляция ($r = -0,7$).

Показатели, вошедшие в уравнение множественной регрессии, близки по периодам посев-созревание (I0) и всходы-созревание (II).

$$Y = 0,02X_3 - 0,033X_4 - 0,087X_{I2} + 0,956X_6 + 0,579X_8 - 23,47 \quad (I0)$$

$$Y = 0,006X_3 - 0,033X_4 - 0,145X_{I2} + 3,144X_{I5} + 1,539X_{I6} - 1,53X_{I7} + 13,69. \quad (II)$$

Следовательно, между урожаем сорта Янтарная и агроклиматическими показателями в центральной зоне проявились те же закономерности, что и для сорта Амурская 310.

С о р т В Н И И С - I. В южной и центральной зонах в основном достаточно тепла и влаги для возделывания сои сорта ВНИИС-I, занимающего промежуточное положение по вегетационному периоду между среднеспелыми и раннеспелыми сортами (табл.6). В южной зоне в период от посева до всходов не отмечено тесной связи между урожаем и агрометеорологическими показателями, взятыми для расчетов (табл.7).

В период от всходов до цветения высокая положительная коррелятивная зависимость выявлена между урожаем и максимальными температурами воздуха и на поверхности почвы. Коэффициент парной корреляции равнялся 0,9 (см.табл.7). Уравнение множественной регрессии имело следующий вид:

$$Y = 8,297X_{I4} + 3,135X_{I3} - 5,757X_{I9} + 3,2X_{20} - 440,51. \quad (I2)$$

Существенной коррелятивной зависимости как на 5%-ном, так и 1%-ном уровне значимости не получено в период от цветения до созревания. Это связано, возможно, с небольшим объемом выборки, либо меньшей зависимостью урожая сои сорта ВНИИС-I от агрометеорологических показателей.

При рассмотрении влияния различных факторов на урожай сои ВНИИС-I в целом за вегетационный период выявляется тесная взаимосвязь урожая и суммы активных и эффективных температур, среднесуточных и максимальных температур воздуха ($r = 0,9-0,96$). Характерным явлением для этого сорта является и положительная корреляция с перепадом ночных и дневных температур ($r=0,9-0,96$). Причем теснота связи возрастает по периодам от 0,3 в период посев-всходы до 0,7 в период цветения-созревания. Судя по высоким коэффициентам корреляции урожая с максимальными температурами воздуха, можно отметить, что урожай этого сорта зависит в значительной степени от дневных температур. Чем они выше, тем выше урожай.

Интересно отметить, что урожай сои сорта ВНИИС-I в южной зоне отрицательно коррелирует с относительной влажностью воздуха ($r = -0,9$). Приводим уравнение множественной регрессии для периодов посев-созревание (I3) и всходы-созревание (I4):

$$Y = 4,346X_{I0} + 2,205X_8 + 0,91X_{I4} - 62,42 \quad (I3)$$

$$Y = 0,058X_3 + 0,823X_8 - 0,814X_{I5} - 84,9. \quad (I4)$$

Из приведенных уравнений видно, что урожай среднеспелых сортов Амурская 310 и Янтарная зависит от большего количества агрометеорологических факторов, особенно при рассмотрении их по межфазным периодам, чем у сорта ВНИИС-I. Видно, поэтому урожай сорта ВНИИС-I в южной зоне варьирует по годам несколько меньше (см.табл.6), чем у среднеспелых сортов.

Агрометеорологические показатели и урожай сои ВНИИС-1

Показатель	Ю н я				
	Посев- всходы	Всходы- цветение	Цветение- созревание	Всходы- созревание	Посев- созревание
Урожай, ц/га	22,4	-	-	+6,1	-
Осадки, мм	35,6	131,0	253,7	386,3	422,0
Сумма акт. темп., °С	283,4	700,8	1273,7	1974,5	2258,0
Сумма эффе́кт. темп., °С	153,5	344,8	582,4	927,2	1020,6
Температура воз- духа, °С					
средн.	14,5	19,7	18,0	18,5	17,9
абс. макс.	29,8	33,5	32,7	34,4	34,4
средн. макс.	21,8	25,8	23,7	24,3	24,0
абс. мин.	0,9	6,1	3,2	3,2	-0,1
средн. мин.	8,1	14,1	12,8	13,1	12,4
перепад ночн. и дневн.	13,7	11,7	10,8	11,4	11,6
Запас продукт. влаги (мм) в слое, см					
0,20	40,7	37,7	36,2	37,2	38,2
0,50	93,5	82,8	86,7	90,7	109,8
Влажн. воздуха, %	59,8	69,8	75,2	73,2	71,2
Температура поверхн. почвы, °С					
макс.	35,0	41,8	36,8	38,3	38,0
мин.	5,6	12,2	12,9	11,8	10,7
средн.	20,2	27,0	24,1	25,2	24,5
Температура (°С) почвы на глуб., см					
5	15,0	22,0	20,0	20,6	19,9
10	13,5	21,0	19,4	19,8	18,8
20	12,1	18,9	19,2	19,1	18,0
ГТК	1,5	1,9	2,0	2,0	1,9

В центральной зоне выявлены иные закономерности влияния агрометеорологических факторов на урожай данного сорта. Однако в целом они аналогичны данным, полученным для других сортов в этой зоне.

В период от посева до всходов взаимосвязь установлена между эффективной, среднесуточной и минимальными температурами ($r = 0,8$ на 5%-ном уровне значимости). В период всходы-цветение связь между этими показателями была несколько слабее (см. табл. 7). Однако получена тесная отрицательная корреляция с осадками и гидротермическим коэффициентом ($r = -0,9$). Это свидетельствует о том, что избыток влаги, который создается при неравномерном выпадении атмосферных осадков и соединении их с почвенной влагой, в тяжелых луговых глеевых почвах, отрицательно влияет на произрастание сои.

Таблица 6

в южной и центральной зонах (1970-1977 гг.)

Ц е н т р а л ь н а я				
Посев- всходы	Всходы-цветение	Цветение- созревание	Всходы- созревание	Посев-созревание
-	-	17,0	+5,5	-
31,9	143,6	186,9	308,4	344,4
229,5	640,7	1136,9	1773,0	2000,4
77,0	295,8	543,8	834,3	1021,2
15,4	19,9	17,2	17,7	17,5
29,9	31,5	30,9	33,1	33,1
22,4	24,9	23,6	24,0	23,8
2,7	6,3	0,9	0,7	0,5
8,7	12,6	10,5	11,3	10,9
13,7	12,2	12,8	12,8	12,9
45,2	14,3	38,7	38,3	39,1
104,8	99,4	87,1	90,4	90,7
63,5	71,4	74,7	73,1	71,4
35,9	39,4	35,8	35,4	34,8
7,0	11,5	10,9	11,2	10,3
21,4	25,3	23,6	23,2	22,5
-	-	-	-	-
14,5	20,0	19,9	20,1	19,2
-	-	-	-	-
1,5	2,2	1,7	1,7	1,7

От цветения до созревания выявлена высокая коррелятивная зависимость от максимальных температур воздуха и поверхности почвы ($r = 0,8$). Приводим уравнение множественной регрессии:

$$Y = 0,006X_4 + 4,445X_7 + 0,112X_{12} - 100,95. \quad (15)$$

В целом за период вегетации основное влияние на урожай сои оказывали максимальные и среднесуточные температуры воздуха. Между этими показателями выявлена тесная корреляция ($r = 0,9$). Отрицательная корреляция выявлена с гидротермическим коэффициентом ($r = -0,8$ на 5%-ном уровне значимости). Уравнение множественной регрессии включает и показатели максимальных температур воздуха (период посев-созревание - 16, всходы-созревание - 17):

Коррелятивная зависимость урожая сорта

Фаза развития (период)	Осадки, мм	Сумма акт. темп., °С	Сумма эффе- ктивн. темп., °С	Температура			
				ср.сут.	макс. абс.	макс. ср.	мин. абс.
Южная							
Посев-всходы	0,0	0,2	0,5	-0,1	0,5	0,0	0,5
Всходы-цветение	-0,4	0,5	0,8*	0,8*	0,6	0,9**	0,0
Цветение-созре- вание	0,2	0,8*	0,8*	0,5	0,4	0,6	0,2
Всходы-созревание	-0,2	0,9**	0,9**	0,7	0,7	0,8*	0,2
Посев-созревание	-0,2	0,6	0,9**	0,9**	0,7	0,9**	-0,1
Центральная							
Посев-всходы	-0,7	-0,3	0,8*	0,8*	-	0,6	0,7
Всходы-цветение	-0,9**	-0,8*	0,01	0,5	0,7	0,7	0,6
Цветение-созре- вание		0,7	0,5	0,7	0,6	0,8*	0,6
Всходы-созревание	-0,6	0,6	0,6	0,7	0,9**	0,9**	0,6
Посев-созревание	-0,7	0,6	0,7	0,9**	0,9**	0,9**	0,6

Примечание. * - коррелятивная связь существенна на 5%-ном

Урожай сои сорта Смена и агрометеорологические показатели

Фаза развития (период)	Урожай, ц/га	Осадки, мм	Сумма акт. темп., °С	Сумма эффе- ктивн. темп., °С	Температура			
					средн.	абс. макс.	средн. макс.	абс. мин.
О к т я б р ь с к и й								
Посев-всходы	17,5	44,0	238,8	81,4	14,6	26,5	22,0	2,3
Всходы-цветение		106,2	610,5	286,1	19,3	31,9	25,4	5,5
Цветение-созревание		245,1	1116,2	458,7	16,4	31,6	23,1	0,2
Всходы-созревание	±5,7	351,5	1726,8	734,8	17,1	32,2	23,9	0,0
Посев-созревание		395,3	1965,3	817,4	16,5	32,2	23,3	-0,1
Т а м б о в с к и й								
Посев-всходы	19,4	34,2	200,6	69,2	15,0	29,3	22,3	-0,9
Всходы-цветение	±6,8	127,7	681,2	329,1	19,2	33,1	25,4	6,2
Цветение-созревание		249,5	1255,6	579,8	18,1	33,1	24,0	2,3
Всходы-созревание		377,1	1939,4	908,8	18,6	34,3	24,6	2,1
Посев-созревание		407,2	2140,0	979,4	17,9	34,3	24,2	-0,4
Б е л о г о р о к и й								
Посев-всходы		24,9	213,4	73,4	15,6	30,2	22,3	4,1
Всходы-цветение	19,1	95,1	707,9	349,4	19,8	32,6	26,0	7,2
Цветение-созревание	±5,7	210,1	1140,0	531,0	18,4	32,6	24,3	4,7
Всходы-созревание		305,2	1848,3	880,3	18,9	33,8	24,9	5,3
Посев-созревание		330,1	2061,7	953,8	18,4	34,0	24,4	3,5

воздуха, °С		Запас продуктивной влаги (мм) в слое, см		Влажность возд., %	Температура поверхн. почвы, °С			Температура (°С) почвы на глубине, см			ГТК
средн. и дневн.	перепад ночных	0-20	0-50		макс.	мин.	средн.	5	10	20	

зона

0,4	0,3	0,20	0,0	0,4	0,5	0,4	0,1	0,4	0,0	0,0	-0,1
0,6	0,5	-0,7	0,3	-0,7	0,9 ^ж	0,6	0,9 ^ж	0,7	0,5	0,6	-0,5
0,3	0,7	-0,4	-0,4	-0,6	0,5	0,7	0,5	0,3	0,5	0,5	-0,2
0,5	0,9 ^ж	-0,5	-0,5	-0,9 ^ж	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	-0,4
0,6	0,9 ^ж	-0,3	0,2	-0,9 ^ж	0,8	0,2	0,7	0,5	0,5	0,5	-0,4

зона

0,8	0,3	0,2	0,2	-0,2	0,6	0,8	0,7	-	0,5	-	-0,7
0,2	0,5	-0,2	0,1	-0,7	0,7	0,6	0,4	0,5	-	-	-0,9 ^ж
0,5	-0,1	-0,4	-0,1	-0,6	0,8 ^ж	0,1	0,6	-	0,1	-	-0,4
0,4	0,2	-0,2	-	-0,7	0,3	0,1	0,3	-	0,2	-	-0,7
0,5	0,3	-0,2	-	-0,7	0,2	0,2	0,2	-	0,3	-	-0,8 ^ж

уровне значимости, ^ж - на 1%-ном уровне значимости.

Таблица 8

в южной и центральной зоне Амурской области (1968-1975 гг.)

воздуха, °С		Запас продуктивной влаги (мм) в слое, см		Влажность возд., %	Температура поверхности почвы, °С			Температура (°С) почвы на глуб., см			ГТК
средн. мин.	перепад ночных и дневн.	0-20	0-50		макс.	мин.	средн.	5	10	20	

Г С У

8,4	13,6	41,1	101,8	62,6	32,3	6,1	19,1	-	12,2	-	1,7
13,0	13,1	38,4	90,5	67,8	38,0	12,2	23,7	-	18,7	-	1,6
11,6	12,3	39,8	95,0	75,6	33,4	9,5	21,4	-	16,8	-	2,2
12,1	11,8	39,3	94,3	73,4	35,0	10,1	22,5	-	17,7	-	2,0
11,7	12,5	39,6	95,8	71,9	34,2	9,4	21,8	-	16,8	-	2,0

Г С У

8,2	14,1	40,6	99,7	58,4	37,0	6,1	20,8	16,5	14,1	12,2	1,5
13,2	12,2	42,2	97,6	69,3	41,3	11,4	26,3	20,9	19,8	17,2	2,0
13,1	10,9	35,9	82,0	74,9	36,5	11,6	24,0	19,9	19,3	18,1	2,0
13,1	11,4	38,1	88,9	72,6	38,1	25,9	24,7	20,2	19,5	17,7	2,0
12,6	11,6	39,3	92,6	70,7	38,1	10,9	24,3	19,4	18,7	16,9	1,9

Г С У

9,5	12,8	-	-	57,3	36,0	6,9	21,4	-	-	12,3	1,1
14,0	11,8	-	-	65,6	41,3	11,7	26,4	-	-	15,9	1,3
13,6	10,7	-	-	73,3	37,0	12,0	24,5	-	-	17,7	1,9
13,7	11,1	-	-	70,9	38,4	11,9	25,2	-	-	17,1	3,2
12,9	11,5	-	-	68,4	38,0	11,4	24,7	-	-	16,3	1,6

Коррелятивная зависимость урожая сорта Смена от агрометеоро-

Фаза развития (период)	Осадки, мм	Сумма актив. темпер. °C	Сумма эффе- ктив- н. тем- пер., °C	Средне- суточн., °C	Температура		
					абс. макс.	средн. макс.	абс. мин.

О к т я б р ь с к и й

Посев-всходы	-0,7	0,0	0,7	0,6	0,01	0,5	0,3
Всходы-цветение	-0,9 ^{***}	-0,7	-0,7	0,1	0,6	0,6	0,3
Цветение-созре- вание	-0,1	0,9 ^{***}	0,4	0,7	0,3	0,7	0,5
Всходы-созревание	-0,7	0,9 ^{***}	0,2	0,6	0,7	0,8 [*]	0,5
Посев-созревание	-0,8 [*]	0,8 [*]	0,3	0,5	0,7	0,6	0,5

Т а м б о в с к и й

Посев-всходы	-0,5	0,2	0,8 [*]	0,7	-0,4	0,7	-0,2
Всходы-цветение	-0,7	0,01	0,3	0,7	0,5	0,7	0,2
Цветение-созре- вание	0,0	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,4
Всходы-созревание	-0,6	0,96 ^{***}	0,9 ^{***}	0,8 [*]	0,7	0,9 ^{***}	0,3
Посев-созревание	-0,7	0,96 ^{***}	0,9 ^{***}	0,9 ^{***}	0,7	0,9 ^{***}	0,3

Б е л о г о р с к и й

Посев-всходы	-0,5	-0,5	0,4	0,6	0,3	0,7	0,6
Всходы-цветение	-0,7	0,2	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7
Цветение-созре- вание	0,1	0,4	0,5	0,4	0,2	0,5	0,3
Всходы-созревание	-0,4	0,6	0,8 [*]	0,7	0,5	0,8 [*]	0,7
Посев-созревание	-0,4	0,4	0,8 [*]	0,8 [*]	0,3	0,9 ^{***}	0,8 [*]

П р и м е ч а н и е. * - 5%-ный уровень значимости, *** - 1%-ный.

$$Y = 5,287X_5 + 2,115X_7 - 0,033X_3 - 59,06 \quad (16)$$

$$Y = 5,464X_7 + 1,116X_9 - 1,747X_8 - 0,081X_{11} - 122,47 \quad (17)$$

Таким образом, на урожай сорта ВНИИС-I влияет меньшее количество агрометеорологических факторов, чем на среднеспелые сорта. В южной зоне положительное действие оказывают сумма активных и эффективных температур, перепад ночных и дневных, а отрицательное - относительная влажность воздуха. В центральной зоне положительная связь установлена между урожаем и среднесуточными, а особенно максимальными температурами воздуха, а отрицательная - между показателями, связанными с осадками.

С о р т С м е н а. Для получения высоких урожаев скороспелого сорта Смена погодные условия в южной зоне благоприятны, а в центральной удовлетворяют ее биологическим потребностям в большей мере, чем другим сортам (табл.8).

Таблица 9

логических показателей на разных сортоучастках (1968-1975 гг.)

воздуха, °С		Запас продуктивной влаги (мм) в слое, см		Влажность возд., %	Температура поверхности почвы, °С			Температура (°С) почвы на глубине, см			ГТК
средн. мин.	перепад ночных и дневных	0-20	0-50		макс.	мин.	средн.	5	10	20	
0,5	0,2	0,8*	0,9**	-0,3	0,3	0,6	0,4	-	0,5	-	-0,7
0,2	0,3	0,01	0,8*	-0,7	0,6	0,3	0,9**	-	0,6	-	-0,9**
0,7	0,1	-0,8*	-0,6	-0,3	0,8*	0,6	0,8*	-	0,6	-	-0,6
0,7	0,8*	-0,8*	-0,6	-0,7	0,8*	0,5	0,9**	-	0,7	-	-0,8*
0,6	-0,1	-0,7	-0,4	-0,7	0,8*	0,5	0,9**	-	0,7	-	-0,9**
0,7	0,7	0,3	0,2	-0,3	0,5	0,1	0,7	0,9**	0,6	0,4	-0,6
0,5	0,7	-0,4	-0,2	-0,6	0,8*	0,3	0,7	0,7	0,7	0,3	-0,7
0,5	0,8*	-0,7	-0,5	-0,3	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	-0,3
0,6	0,9**	-0,6	-0,5	-0,5	0,8*	0,1	0,8*	0,8*	0,8*	0,7	-0,7
0,7	0,9**	-0,5	-0,3	-0,8*	0,8*	0,6	0,7	0,9**	0,8*	0,7	-0,8*
0,6	0,7	-	-	0,9	0,4	0,6	0,4	-	-	-0,2	-0,5
0,8*	0,5	-	-	-0,4	0,4	0,7	0,7	-	-	0,9**	-0,7
0,5	0,2	-	-	-0,1	0,4	0,6	0,5	-	-	0,6	0,1
0,7	0,6	-	-	-0,4	0,6	0,6	0,7	-	-	0,7	-0,3
0,6	0,6	-	-	-0,4	0,6	0,7	0,7	-	-	0,6	-0,5

В первой половине вегетации на урожай сои сорта Смена в южной зоне влияет температура почвы ($r = 0,9$), что достоверно на 1%-ном уровне значимости на глубине 5 см в период появления всходов (на Тамбовском ГСУ) и на глубине 20 см после всходов до цветения (на Белогорском ГСУ). На Белогорском ГСУ при появлении всходов влияние оказывает относительная влажность воздуха ($r = 0,9$).

В период цветения-созревания некоторых влияние на урожай оказывала разница ночных и дневных температур ($r = 0,8$ на 5%-ном уровне значимости). Видимо, для сорта Смена на юге области в этот период достаточно и влаги, и тепла. Уравнения регрессии в этот период имели следующий вид (18 - Тамбовский ГСУ, 19 - Белогорский ГСУ):

$$Y = 5,038X_{10} - 0,857X_{11} + 0,568X_{12} + 4,433X_{19} + 3,699X_{20} - 139,03 \quad (18)$$

$$Y = 0,16X_3 - 0,3X_4 + 4,96X_6 - 16,049X_7 + 28,29X_{13} - 115,88 \quad (19)$$

При рассмотрении коррелятивной зависимости за период вегетации сои сорта Смена в южной зоне следует отметить тесную взаимосвязь между урожаем и показателями температурного режима (табл.9). Наиболее сильная связь наблюдается с суммой активных и эффективных температур ($r = 0,8-0,96$), максимальными температурами воздуха ($r = 0,8-0,9$) и поверхности почвы ($r = 0,8$), а также температуры почвы на глубине 5 и 10 см ($r = 0,8-0,9$). На Тамбовском ГСУ высокая положительная корреляция отмечена и с перепадом ночных и дневных температур. Коэффициент парной корреляции равен 0,9. В основном эти показатели вошли в уравнения множественной регрессии (20 - период всходы-созревание на Тамбовском ГСУ, 21 - на Белогорском ГСУ, 22 - период посев-созревание на Тамбовском ГСУ и 23 - на Белогорском ГСУ):

$$Y = 0,065X_3 + 0,307X_8 - 107,48 \quad (20)$$

$$Y = 15,145X_5 - 10,379X_5 - 0,71X_6 - 137,1 \quad (21)$$

$$Y = 0,038X_3 + 4,742X_{10} + 0,014X_2 - 122,25 \quad (22)$$

$$Y = 5,376X_7 + 10,867X_{16} - 13,716X_9 + 10,791X_{14} - 1,065X_{12} - 179,17 \quad (23)$$

Следовательно, на юге Амурской области определяющим фактором для получения высоких урожаев сорта Смена является температурный режим вегетационного периода в целом.

Интересно рассмотреть влияние различных агроклиматических факторов на урожай сорта Смена в центральной зоне Приамурья, где он имеет наибольшее распространение. В период появления всходов тесная связь ($r = 0,8-0,9$) наблюдается с запасом влаги. После появления всходов до цветения отмечена отрицательная корреляция с осадками ($r = -0,9$).

От цветения до созревания, как и в целом за вегетационный период, на урожай сои влияют сумма активных температур ($r = 0,8-0,9$), максимальные и средние температуры ($r = 0,8-0,9$). Отрицательная корреляция наблюдается с осадками и гидротермическим коэффициентом ($r = 0,8-0,9$). Уравнения множественной регрессии включают эти показатели (24 - посев-созревание, 25 - всходы-созревание):

$$Y = 0,03X_3 + 0,013X_4 - 4,729X_{18} - 42,12 \quad (24)$$

$$Y = 2,75X_{10} - 0,717X_{13} - 1,604X_{16} + 1,56 \quad (25)$$

Таким образом, как в южной, так и в центральной зоне определяющим фактором является температура, а с количеством осадков установлена отрицательная коррелятивная зависимость:слабая в южной зоне и тесная в центральной.

Следовательно, в центральной зоне для повышения урожайности сои следует проводить мелиоративные мероприятия, способствующие увеличению пахотного слоя, повышению водопроницаемости и снижению запасов влаги.

Для получения урожая сои в 17-22 ц/га в Амурской области требуется сумма активных температур в период цветения-созревания от 1117 до 1273⁰ и сумма осадков за это же время - от 187 до 277 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колосков П. И. Климатические районы Дальневосточного края. - В кн.: Производительные силы Дальнего Востока, вып.2. Владивосток, 1927.
2. Калмыкова В. В. Влияние термических условий на урожай сои в Приморском крае. - "Тр. ДВНИИМИ", 1970, вып. 33.

3. П е н ч у к о в В. М. Научные основы возделывания сои в Амурской области. Докторская дис. . Алма-Ата, 1972.
4. Б а б и ч е н к о В. Н., Р у д ы ш и н а С. Ф. О климатическом обосновании выращивания сои на территории Украины. - "Тр. УНИГМИ", вып. 87. М., 1969.

УДК 631.82+633.853.52+571.61

М. Д. САЛТАНОВ Г. Н. ШЕЛЕВОЙ,
Г. А. ЦЕЛНОВСКИЙ, И. Г. НОВШИК, В. К. СЕРГЕЕВ

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО МИНЕРАЛЬНОМУ ПИТАНИЮ И УДОБРЕНИЮ СОИ

На XXV съезде КПСС поставлен вопрос о резком увеличении производства сои. Амурская область является основным совхозным районом, производящим около 70% всей сои в стране. Однако возможности дальнейшего расширения посевных площадей под соей здесь практически ограничены. Поэтому валовой сбор зерна можно увеличить в основном за счет повышения урожайности.

В решении этого вопроса немаловажная роль будет принадлежать минеральным удобрениям, поставки которых с 1974 по 1980 гг. увеличатся до 748 тыс. т стандартных туков. Значительно изменится и ассортимент удобрений. Если в 1974 г. в область завозилось 42 тыс. т сложных удобрений, то к 1980 г. их поставки увеличатся до 88 тыс. т стандартных туков.

Резервы же увеличения урожайности сои за счет удобрений весьма значительны. Нами были обобщены результаты исследований по удобрению сои за 1966-1974 гг проводимых по одинаковой схеме опытов.

В табл. I представлены данные по эффективности удобрений под сою на трех типах почв. Это результаты исследований лаборатории агрохимии ВНИИ сои, Амурской и Белогорской зональных агрохимлабораторий [1-5].

Как показали исследования, из видов минеральных удобрений под сою наиболее эффективны фосфорные и азотно-фосфорные в дозе P_{60} и $N_{30}P_{60-90}$. Калийные удобрения малоэффективны.

На лугово-черноземовидной почве наиболее эффективен фосфор в дозе P_{60} (прибавка урожая 2,0 ц/га). Другие виды и нормы удобрений не имеют преимущества перед этим вариантом. Азотные удобрения на этих почвах действуют в основном только в переувлажняемые или засушливые годы. Слабая эффективность удобрений под сою на лугово-черноземовидных почвах объясняется относительно высоким потенциалом их плодородия. Содержание гумуса в этих почвах колеблет-