

16. Van Loon L. C. Occurrence and properties of plant pathogenesis-related proteins // Pathogenesis-related proteins in plants. 1999. Boca Raton, London, New York, Washington: CRC Press. Edited Datta S. K., Muthukrishnan S. P. 1-19.

17. Van Loon L. C., van Strien E. A. The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins // *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 1999. Vol. 55, № 1. P. 85-97.

УДК 631.8.001.4:631.524.84:633.853.52

**ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПОСЕВОВ СОИ
В ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТАХ С УДОБРЕНИЯМИ
Е. Т. Наумченко, И. Г. Ковшик, А. В. Кондратова
(ВНИИ сои)**

Изучение влияния системы удобрений на продукционные процессы проводится в длительных стационарных опытах, заложенных в 1962-1964 гг. в пятипольном соево-зерновом севообороте на луговой черноземовидной почве опытного поля ВНИИ сои.

В статье обсуждаются результаты исследований, проведенные с соей, высеваемой четвертой культурой севооборота по предшественнику пшенице (табл. 1). Приведенные данные – средние за 4 года исследований (VII ротация – 1995-1997 гг. и 2000 год VIII ротация севооборота). Сорт сои – Октябрь 70. Площадь делянки в опытах 180 м², повторность 3-кратная во времени и пространстве. Удобрения: аммиачная селитра, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий вносились весной под культивацию, полуперепревший навоз – осенью под основную обработку почвы. Почвенные и растительные образцы отбирались по основным фазам роста и развития сои; хи-

мический анализ образцов проведен по общепринятым методикам и ГОСТам; корреляционный анализ – по Б.А. Доспехову (1).

Таблица 1

Схема длительного опыта с удобрениями

№ варианта	Ежегодная нагрузка удобрениями на 1 га севооборотной площади	Занятый пар (соя+овес)	Соя	Пшеница	Соя	Пшеница
1	0	0	0	0	0	0
2	P ₃₀	P ₃₀	P ₆₀	P ₆₀	0	0
3	N ₂₄	N ₆₀	N ₃₀	N ₃₀	0	0
4	N ₂₄ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀	0
5	N ₂₄ P ₃₀ K ₂₄	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	N ₃₀ K ₃₀	P ₆₀	0
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₃₀ P ₃₀	P ₆₀ N ₃₀	0
7	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₃₀
8	N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	P ₆₀	N ₆₀ P ₃₀	P ₆₀	N ₆₀ P ₃₀
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 5 т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀ + навоз 12 т	0

Длительное (почти 40 лет) систематическое применение сравнительно невысоких норм удобрений привело к изменению плодородия луговой черноземовидной почвы. По данным В.Ф. Прокопчук содержание гумуса в слое 0...20 см возросло с 4,30 до 4,32%; в слое 20...40 см - с 2,88 до 2,92%; а в слое почвы 40...60 см – с 1,52 до 1,70% [2]. Кроме того, в вариантах с ежегодной нагрузкой удобрениями N₄₂P₄₈ (варианты 6, 7, 8) в составе гумуса возросла доля фульвокислот. Так, если в контроле С_{г.к.}:С_{ф.к.} в пахотном и подпахотном слоях составило 1,47 и 1,30, то в вышеназванных вариантах оно сужается до 1,30 и 1,20 соответственно.

В варианте с ежегодным применением N₃₀ (вариант 3) увеличилась по сравнению с контролем величина актуальной кислотности на 0,2...0,3 ед. рН. По содержанию в пахотном слое почвы подвижного кислоторастворимого фосфора, что пред-

ставляет особый интерес при возделывании сои, варианты опыта можно выделить в разные группы обеспеченности этим элементом [3]. Так, варианты 1 и 3 (контроль и N_{30}) низкообеспеченны: 20...27 мг/кг почвы; варианты 2, 4 и 5 (среднегодовая нагрузка удобрениями $N_{24}P_{30}$) среднеобеспеченны: 35...46 мг/кг почвы; повышенное содержание фосфора – 56...72 мг/кг, отмечено в вариантах 6, 7, 8, 9, где ежегодная нагрузка удобрениями составляет $N_{42}P_{48}$.

В сложившихся условиях почвенного плодородия изучение продукционных процессов посевов сои представляет интерес как с точки зрения получения устойчивого урожая, так и выявления влияния длительного систематического применения сравнительно невысоких норм удобрений на формирование и качество продукции.

Многочисленными исследованиями установлено, что наиболее интенсивно сухое вещество у сои образуется от цветения до начала налива семян (4-7). Это время характеризуется и максимальным потреблением питательных элементов. Исходя из вышесказанного, для обсуждения результатов исследований взяты 2 фазы роста и развития сои: цветение и бобообразование (табл. 2). Продукционные процессы накопления сухого вещества, азота и фосфора посевами сои в зависимости от удобренности наиболее четко прослеживаются в фазу бобообразования. Показательными в этом отношении явились варианты 1,3; 4,5; 8,9, отражающие три уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором – низкий, средний и повышенный соответственно. Накопление сухого вещества относительно контроля увеличивается на 10...16%, азота – на 12...19% и фосфора – на 14...27% в зависимости от среднегодовой нагрузки удобрениями.

Анализ данных урожайности, проведенный Р.Н. Степкиной, за первые 5 ротаций опытного севооборота показал, что наиболее высокую прибавку урожая сои обеспечивают фосфорные удобрения [8].

Таблица 2

Влияние длительного внесения удобрений на продукционные процессы в посевах сои, ц/га

№ вариан- та	Сухое вещество		Накопле- ние азота		Накопле- ние фос- фора		Уро- жай- ность	Сбор белка	Сбор масла
	цвете ние	бобо- образ.	цвете ние	бобо- образ.	цвете ние	бобо- образ.			
1	10,9	17,5	8,2	12,9	1,4	2,2	14,9	6,6	3,5
2	10,5	18,8	7,8	14,5	1,3	2,5	15,2	6,8	3,6
3	10,3	17,8	7,8	12,8	1,4	2,2	14,1	6,4	3,4
4	10,6	19,3	8,0	15,1	1,4	2,6	15,0	6,9	3,6
5	10,9	19,2	8,3	14,3	1,4	2,6	14,4	6,5	3,4
6	10,8	19,5	8,4	14,9	1,5	2,5	16,3	7,5	3,8
7	11,7	18,5	8,8	14,1	1,6	2,5	15,9	7,3	3,7
8	10,6	20,4	8,2	15,4	1,3	2,8	16,0	7,4	3,7
9	10,7	19,8	8,7	15,3	1,5	2,8	16,8	7,6	3,9

Вместе с тем в результате проведенного нами обобщения данных опытов с минеральными удобрениями за 30 лет установлено, что на луговой черноземовидной почве в 70% опытов удобрения, внесенные под сою, не оказывали существенного влияния на формирование урожая [9]. Результаты наших исследований показывают, что повышенная урожайность сои в большей степени формируется за счет сложившегося уровня обеспеченности почвы фосфором, нежели внесением удобрений непосредственно под культуру. При повышенном уровне обеспеченности почвы фосфором (варианты 6-9) прибавка урожая составила 9...13% относительно вариантов, где это содержание квалифицируется как низкое и среднее. Рост урожайности обеспечил повышенный сбор белка и масла в вышеуказанных вариантах опыта. Превышение показателя выхода белка составило 14...15%, масла – 6...11%.

Анализ корреляционной зависимости показал, что образование сухого вещества посевами сои на 61 и 55% обусловлено накоплением азота и фосфора в фазу цветения и на 90, 92% - накоплением этих элементов надземной массой в фазу бобообразования (табл. 3).

Таблица 3

Корреляция взаимодействия продукционных процессов в посевах сои при длительном применении удобрений,

$$n=9, r_{\text{критич.}}=0,67$$

Показатель		Сухое вещество		Накопление азота		Накопление фосфора		Содержание белка в семенах	Масса 1000 зерен
		цветение	бобообраз.	цветение	бобообраз.	цветение	бобообраз.		
Урожайность		<u>0,40</u> 16%	<u>0,63</u> 40%	<u>0,74</u> 55%	<u>0,69</u> 48%	<u>0,40</u> 16%	<u>0,67</u> 45%	<u>0,45</u> 20%	<u>0,82</u> 67%
Сухое вещество	цветение			<u>0,78</u> 61%	-	<u>0,74</u> 55%	-	0,10	не опр.
	бобообраз.				<u>0,95</u> 90%	-	<u>0,96</u> 92%	<u>0,77</u> 59%	не опр.
Накопление азота	цветение					<u>0,83</u> 69%	-	<u>0,74</u> 55%	<u>0,86</u> 74%
	бобообраз.						<u>0,92</u> 85%	<u>0,69</u> 48%	<u>0,45</u> 20%
Накопление фосфора	цветение							0,02	<u>0,64</u> 41%
	бобообраз.							<u>0,69</u> 48%	<u>0,53</u> 28%
Содержание белка в семенах									<u>0,61</u> 37%

Примечание. Числитель – коэффициент корреляции; знаменатель – коэффициент детерминации

Тесная корреляционная зависимость выявлена между урожайностью и накоплением азота и фосфора в посевах сои в фазу бобообразования – $r=0,69$ и $0,67$ соответственно. На 40% урожайность сои обусловлена и накоплением сухого вещества в эту фазу. Содержание белка в семенах сои тесно связано с накоплением сухого вещества, азота и фосфора надземной массой сои в фазу бобообразования, а масса 1000 семян в большей степени на 74 и 41% обусловлена накоплением азота и фосфора в фазу цветения.

Следует отметить довольно тесную зависимость между урожайностью и массой 1000 семян – коэффициенты корреляции и детерминации между этими показателями составили $0,82$ и 67% соответственно.

Выводы

1. Продукционная масса накопления сухого вещества, азота и фосфора в фазу бобообразования увеличивается относительно контроля на $10...16\%$, $12...19\%$ и $14...27\%$ соответственно в зависимости от среднегодовой нагрузки применения удобрений.

2. Повышенная урожайность сои в большей степени обусловлена сложившимся уровнем обеспеченности почвы подвижным кислоторастворимым фосфором, чем нормой удобрений, вносимых непосредственно под культуру. При уровне обеспеченности P_2O_5 $56...72$ мг/кг почвы урожайность увеличивается на $9...13\%$, сбор белка – на $14...15\%$, а масла - на $6...11\%$ относительно вариантов низко- и среднеобеспеченных.

3. При длительном внесении удобрений между накоплением сухого вещества, азота и фосфора посевами сои в фазу бобообразования и урожайностью, а также содержанием белка в семенах существует тесная корреляционная зависимость, что указывает на взаимосвязь продукционных процессов с уровнем минерального питания.

Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Колос, 1973. - 336 с.
2. Прокопчук В.Ф. Почвы Зейско-Буреинской равнины и их трансформация в процессе сельскохозяйственного использования // Зейско-Буреинская равнина: проблемы устойчивого развития: Материалы научно-практической конференции 17-18 декабря 2001 г. - Благовещенск, 2001. - С. 64-71.
3. Ковшик И.Г., Наумченко Е.Т. Фосфор в почвах Амурской области и эффективность удобрений // Фосфор в почвах Сибири: Сб. науч. тр. - Новосибирск, 1983. - С. 139-147.
4. Куркаев В.Т. Применение удобрений в Приамурье. - Хабаровск, 1965. - 71 с.
5. Грицун А.Т. Основы возделывания сои в Приморье. - Владивосток, 1981. - 160 с.
6. Салтанов М.Д. Минеральное питание сои и диагностика потребности ее в удобрениях в Амурской области/ Дис. на соиск уч. степ. канд.с.-х. наук. - Благовещенск, 1977. - 246 с.
7. Ковшик И.Г. Фосфор в почвах Амурской области и эффективность фосфорных удобрений под сою / Дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. - Благовещенск, 1977. - 152 с.
8. Степкина Р.Н. Результаты исследований длительного применения удобрений под сою в Приамурье// Резервы повышения продуктивности сои: Сб. науч. тр. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. ВНИИ сои. - Новосибирск, 1990. - С. 127-132.
9. Прокопчук В.Ф., Ковшик И.Г., Наумченко Е.Т. Повышение эффективности минеральных удобрений под сою в Амурской области // Резервы повышения продуктивности сои: Сб. науч. тр. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. ВНИИ сои. - Новосибирск, 1990. - С. 140-144.