

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ ПРИ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

*В.В. Бородычев, чл.-корр. РАН, М.Н. Лытов, к.с.-х.н.,  
Волгоградский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова*

Рассмотрены особенности применения методики определения доз минеральных удобрений под сою, изучены закономерности её азотного питания в зоне распространения светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. Уточнена методика расчета экологически обоснованных доз минерального азота с учетом деятельности азотфиксирующего симбиоза. Установлено, что при планировании на орошаемых светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья урожайности зерна 3 т/га и выше за счет фиксации атмосферного азота возмещается до 50 % потребляемого соей азота. Если ресурсы или природные условия хозяйства не позволяют планировать урожайность зерна сои выше 2 т/га, то при расчете дозы азотных удобрений необходимо принять уровень возмещения потребляемого растениями азота за счет деятельности клубенькового симбиоза, равный 75 %.

*Ключевые слова:* орошаемая соя, минеральные удобрения, дозы, методика определения, соевый симбиоз.

Светло-каштановые почвы, получившие наибольшее распространение в зоне сухих степей Нижнего Поволжья, имеют невысокое эффективное плодородие. Почвообразующие породы здесь характеризуются значительным разнообразием, что отражается на признаках и свойствах почв. По содержанию доступных растениям форм элементов минерального питания почвы бедны фосфором и особенно азотом. Содержание гумуса в почве, как правило, не превышает 1,2-2,1 %, а средняя мощность гумусового горизонта составляет 0,25 м. Ресурсы почвенного плодородия в естественном состоянии позволяют получать не более 1,2-1,4 т/га зерна сои при условии оптимального водообеспечения растений.

Своевременное водоснабжение растений сои в засушливых условиях Нижнего Поволжья возможно только при орошении, что требует существенного увеличения затрат на производство зерна этой культуры [1]. Если для условий богарного земледелия уровень продуктивности зерна сои до 1,4 т/га можно считать приемлемым, то затраты на орошение делают производство сои с такой урожайностью нерентабельным. Поэтому при орошении сои в регионе особенно актуально восполнять ресурсы почвенного плодородия за счет применения удобрений, в том числе в минеральной форме.

**Методика.** В настоящее время уже накоплено достаточно знаний о том, какие удобрения и когда лучше применять в посевах сои, установлены методы определения доз удобрений [2-4]. Балансовый метод определения доз удобрений под сою остается одним из наиболее точных и позволяет в перспективе максимально эффективно использовать принципы координатного земледелия. Поэтому применение этого метода остается приоритетным. Рассмотрим его более подробно, что необходимо для понимания особенностей расчета доз

азотных удобрений под сою в зоне распространения светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. Дозы удобрений (кг д.в./га) по балансовому методу определяют по формуле [2]

$$D = \frac{100 \cdot K(N, P, K) \cdot Y - (N_{\text{п}} \cdot P_{\text{п}} \cdot K_{\text{п}}) \cdot K_{\text{п}}}{K_{\text{м}}}$$

где  $D$  – доза удобрений,  $K(N, P, K)$  – норматив выноса питательных веществ с урожаем, кг/га;  $Y$  – урожайность, которую планируют получить, т/га,  $(N_{\text{п}}, P_{\text{п}}, K_{\text{п}})$  – содержание доступных растениям элементов минерального питания в почве, кг /га,  $K_{\text{п}}$  – коэффициент использования питательных веществ почвы, %;  $K_{\text{м}}$  – коэффициент использования питательных веществ удобрений, %.

Каждое из растений обладает индивидуальной способностью к усвоению питательных веществ почвы и удобрений, однако на практике используют средние массовые коэффициенты. В почвенных условиях региона при орошении соя потребляет до 70 % легкогидролизуемых форм почвенного азота, 40-50 обменного калия и до 20 % доступных форм фосфора. Из минеральных удобрений используется до 90 % азота, до 30 фосфора и до 80 % калия [3]. Содержание доступных элементов минерального питания в почве определяют лабораторным методом.

Уровень планируемой урожайности ( $Y$ ) определяют с учетом природных особенностей региона, потенциала продуктивности возделываемых сортов, в зависимости от уровня агротехники и применения мелиоративных приемов. Исследования показали, что при орошении современных районированных сортов сои способом дождевания в Нижнем Поволжье можно получать более 3,5 т/га высококачественного зерна [4].

Параметр  $K(N, P, K)$  – норматив выноса питательных веществ с урожаем, определяется биохимическим составом растения и отдельных его частей. Исследования, проведенные в лабораторных условиях, показали, что биохимический состав растений непостоянен и зависит, в том числе, от уровня минерального питания [5]. Например, на фоне естественного плодородия почвы вынос азота в пересчете на 1 т сформированного урожая зерна, составил 57,0 кг, а при внесении азотных удобрений в дозе  $N_{145}$  – 72,3 кг. Получается, что при определении для хозяйства уровня планируемой урожайности сои необходимо скорректировать и норматив выноса элементов минерального питания. В практических расчетах для региона Нижней Волги при использовании современных районированных сортов и планировании урожайности на уровне 3,5 т/га норматив выноса элементов питания по азоту составляет 61,3 кг/т, по фосфору – 20,0, по калию – 33,4 кг/т. Таким образом, все региональные параметры для расчета доз внесения минеральных удобрений определены и методику можно было бы использовать, если бы это не была соя!

**Результаты и их обсуждение.** Соя – бобовая культура, вступает в активный симбиоз с клубеньковыми бактериями. За счет деятельности этого симбиоза фиксируется до 90 кг/га и более атмосферного азота, который используется растением для построения тканей и органов. Поэтому, биохимический состав растения сои не отражает реальное потребление азота из почвы.

Деятельность клубенькового симбиоза сои при расчете доз минерального питания учитывают с помощью введения коэффициента возмещения потребляемого растениями азота за счет фиксации его клубеньками из атмосферы. Этот коэффициент, по данным из различных источников, варьирует от 0,2 до 0,7 [3, 6, 7], что создает определенные трудности при практических расчетах. К сожалению, нет четкого ответа, в каких случаях коэффициент следует принимать равным 0,2, в каких – 0,7, а когда надо использовать иные значения.

Эффективность функционирования клубенькового симбиоза – очень тонкая материя и зависит от множества факторов, таких как тепло, аэрация почвы, влажность (одинаково неблагоприятны как недостаток, так и избыток влаги), структура, содержание элементов минерального питания. Минеральные формы азота в малых дозах (10-30 кг д.в/га) способствуют росту и развитию клубеньковых бактерий, что в дальнейшем сопровождается усилением их азотфиксирующей способности. Но при повышении дозы внесения азота с минеральными удобрениями клубеньковые бактерии все больше переходят на паразитический образ жизни, возмещая свою потребность в этом элементе за счет минеральных его форм, привнесенных в почву, снижая азотфиксирующую активность. В опытах [6] при внесении азотных удобрений в дозе 240 кг д.в/га наблюдалось прекращение фиксации азота воздуха, а клубеньковые бактерии полностью переходили на паразитическое питание, составляя конкуренцию растениям сои. Получается, что активность фиксации атмосферного азота за счет деятельности клубенькового симбиоза зависит от дозы минерального азота, которую мы и рассчитываем. Наблюдается сильная обратная связь, которая количественно до сих пор не была оценена, что на практике приводит к существенным ошибкам при определении доз минеральных удобрений.

Для решения этой проблемы был поставлен полевой эксперимент, который повторяли в течение трех лет при разных погодных условиях. Исследования проводили на орошаемых землях Волгоградского Заволжья. Почвы опытного участка – светло-каштановые среднесуглинистые, с низкой обеспеченностью доступными формами азота (25,3-29,8 мг/кг почвы) и фосфора (22,7-26,6 мг/кг почвы) и средней – обменным калием (198-234 мг/кг почвы). Содержание гумуса 1,3-1,6 %, что типично для региона исследований. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70-80-80 % НВ, оптимальном с точки зрения биологии культуры. Поливы осуществляли дождевальным агрегатом ДДА-100МА. Расчет доз удобрений проводили балансовым методом, но при определении азотного питания учитывали способность симбиоза растений сои и клубеньковых бактерий фиксировать азот атмосферы. Для установления наиболее эффективных соотношений минерального и биологического азота, для получения различных уровней планируемой урожайности зерна сои, в расчетах использовали три варианта возмещения потребности культуры в азотном питании за счет деятельности азотфиксирующих бактерий: 75%, 50

и 25% от потребности. В соответствии со схемой опыта были заложены следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений), 2. Внесение минеральных удобрений в дозе P<sub>40</sub>K<sub>30</sub> (планируемая урожайность 2 т/га, планируемый уровень возмещения потребляемого растениями азота за счет деятельности клубенькового симбиоза – 75%), 3. N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>30</sub> (п.у. 2 т/га, у.в. – 50%), 4. N<sub>60</sub> P<sub>40</sub>K<sub>30</sub> (п.у. 2 т/га, у.в. – 25%), 5. N<sub>30</sub>P<sub>100</sub>K<sub>90</sub> (п.у. 3 т/га, у.в. – 75%), 6. N<sub>70</sub>P<sub>100</sub>K<sub>90</sub> (п.у. 3 т/га, у.в. – 50%), 7. N<sub>110</sub>P<sub>100</sub>K<sub>90</sub> (п.у. 3 т/га, у.в. – 25%), 8. N<sub>45</sub>P<sub>160</sub>K<sub>150</sub> (п.у. 4 т/га, у.в. – 75%), 9. N<sub>95</sub>P<sub>160</sub>K<sub>150</sub> (п.у. 4 т/га, у.в. – 50%), 10. N<sub>145</sub>P<sub>160</sub>K<sub>150</sub> (п.у. 4 т/га, у.в. – 25%).

Исследованиями установлено существенное влияние питательного режима почвы на продуктивность посевов сои, возделываемой на орошении (табл.). Повышение уровня минерального питания способствовало увеличению урожайности зерна сои. Увеличение дозы минерального азота с 30 до 70 кг д.в/га на фоне P<sub>100</sub>K<sub>90</sub> повышало урожайность в среднем на 0,4-0,5 т/га (НСР<sub>05</sub>, т/га – 0,10-0,17). Однако, при повышении дозы минерального азота до 110 кг д.в/га на фоне P<sub>100</sub>K<sub>90</sub> урожайность снижалась.

На фоне P<sub>160</sub>K<sub>150</sub> наибольшая урожайность зерна сои (3,9-4,2 т/га) получена при внесении азотных удобрений в дозе 95 кг д.в/га.

При планировании урожайности на уровне 2 т/га минимальные затраты азотных удобрений на формирование урожая зерна сои были в вариантах, где при расчете доз минерального питания доля биологического азота принималась равной 75 % от общего выноса его посевами. При планировании урожайности 3-4 т/га наименьший расход азотных удобрений на формирование урожая зерна сои отмечен на участках, где при расчете доз минерального питания долю биологического азота принимали равной 50 % от общего выноса его посевами.

**Продуктивность посевов сои в зависимости от режима азотного питания и уровня планируемой урожайности**

Планируемая урожайность, т/га	Доля биологического азота, %	Вариант опыта	Урожайность зерна сои, т/га				Затраты удобрений на формирование урожая, кг д.в/т
			Год исследований			Средняя	
			2009	2010	2011		
Контроль			1,40	1,20	1,30	1,30	-
2	75	P <sub>40</sub> K <sub>30</sub>	2,30	2,00	2,20	2,17	32,2
	50	N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>30</sub>	2,30	2,00	2,20	2,17	46,0
	25	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>30</sub>	2,40	2,10	2,30	2,27	57,2
3	75	N <sub>30</sub> P <sub>100</sub> K <sub>90</sub>	2,70	2,40	2,60	2,57	85,6
	50	N <sub>70</sub> P <sub>100</sub> K <sub>90</sub>	3,10	2,90	3,00	3,00	84,6
	25	N <sub>110</sub> P <sub>100</sub> K <sub>90</sub>	3,00	2,70	2,90	2,87	104,5
4	75	N <sub>45</sub> P <sub>160</sub> K <sub>150</sub>	3,60	3,30	3,40	3,43	103,4
	50	N <sub>95</sub> P <sub>160</sub> K <sub>150</sub>	4,20	3,90	4,00	4,03	100,4
	25	N <sub>145</sub> P <sub>160</sub> K <sub>150</sub>	3,80	3,50	3,60	3,63	125,3
НСР <sub>05</sub> , т/га			0,17	0,10	0,15		

**Выводы.** Проведенные исследования позволяют рекомендовать к использованию в практике возделывания сои применение балансового метода для расчета доз минеральных удобрений, в том числе азотных, с учетом возмещения части потребляемого азота за счет функционирования клубеньково-соевого симбиоза. При пла-

нировании на орошаемых светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья урожайности зерна 3-4 т/га коэффициент возмещения потребляемого соей азота за счет деятельности азотфиксирующего симбиоза следует принимать равным 50 %, что целесообразно с точки зрения окупаемости минеральных удобрений урожаем. Если ресурсы или природные условия хозяйства не позволяют планировать урожайность зерна сои выше 2 т/га, то при расчете дозы азотных удобрений необходимо принять уровень возмещения потребляемого растением азота за счет деятельности клубенькового симбиоза равный 75 %. При этом затраты минеральных удобрений на формирование урожая сои на орошаемых светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья не превышают 32,2 кг д.в./т. Учет азотфиксирующей деятельности соевого симбиоза при расчете доз минерального азота позволяет снизить затраты на производство и исключить излишнюю агрохимическую нагрузку при возделывании сои в условиях орошения.

#### APPLICATION FEATURES OF MINERAL FERTILIZERS AT THE CULTIVATION OF SOYBEAN UNDER IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION

*V.V. Borodychev, M.N. Lytov*

*Volgograd Branch, Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, ul. Timiryazeva 9, Volgograd, Russia, e-mail: vkovniigim@yandex.ru*

*Features of the procedure for determining the application rates of mineral fertilizers to soybean have been considered; regularities of the nitrogen nutrition of soybean in the zone of light chestnut soils of the Lower Volga region have been studied; the calculation procedure of ecologically reasonable rates of mineral nitrogen has been specified with consideration for the activity of nitrogen-fixing symbiosis. It has been established that the fixation of atmospheric nitrogen compensates about 50% of the nitrogen consumed by soybean grown on the irrigated light chestnut soils in the Lower Volga region at the planned soybean yield of 3 t/ha and higher. If the resources or environmental conditions of the farm don't allow the soybean yield higher than 2 t/ha to be planned, the calculation of nitrogen fertilizer rates should be based on 75% compensation of the nitrogen consumed by plants due to tuber symbiosis.*

*Keywords: irrigated soybean, mineral fertilizers, application rates, determination procedure, soybean symbiosis*

#### *Литература*

1. *Бородычев, В.В.* Эффективность орошения сои в условиях Нижнего Поволжья / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, М.Ю. Моисеев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 36.
2. *Калимулин, А.Н.* Возделывание скороспелых сортов сои в Поволжье: рекомендации / А.Н. Калимулин, В.В. Зубков, М.П. Мордвинцев, С.М. Соколов, Г.И. Шахов. – Безенчук: Самарский НИИСХ, 1999. – 22 с.
3. *Нагорный, В.Д.* Соя: особенности минерального питания и удобрения / В.Д. Нагорный. – М.: Изд-во РУДН, 1993. – 149 с.
4. *Бородычев, В.В.* Формирование урожая сои в зависимости от применения удобрений при орошении / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Плодородие. – 2003. – № 6. – С. 30-33
5. *Лытов, М.Н.* Условия эффективного применения удобрений на посевах сои при орошении / М.Н. Лытов // Применение средств химизации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения плодородия почв. Материалы международной научной конференции. – М.: ВНИИА, 2004. – С. 147-149.
6. *Балакай, Г.Т.* Соя: экология, агротехника, переработка/Г.Т. Балакай, О.С. Безуглова//Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 157 с.
7. *Баранов, В.Ф.* Соя: биология и технология возделывания / В.Ф. Баранов, В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК, 2005. – 434 с.