

20. Орлов, Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ. – 1992. – 400 с.  
21. Господаренко, Г.М. Основы интегрированного застосування добрив / Г.М. Господаренко. – К.: НІЧЛАВА, 2002. – 344 с.

## **EFFICIENCY OF APPLICATION AMMONIUM SULFATE FOR TOP-DRESSING WINTER WHEAT ON THE TYPICAL CHERNOZEMS OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

**M.M. Miroshnychenko, Y.A. Savchenko, A.V. Dotsenko, E.V. Panasenko**

### **Summary**

Chernozems typical of Left-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine contain very few mobile sulfur, especially in early spring. In three field experiments compared the effect of ammonium sulfate and ammonium nitrate for top-dressing winter wheat. Ammonium nitrate is more effective in the first top-dressing. In the second top-dressing of winter wheat ammonium nitrate is equivalent to the use of ammonium sulfate. In order to adequately assess the conditions of the sulfur nutrition of plants proposed to determine the reserves of mobile sulfur in the meter soil layer.

*Поступила 12.11.13*

УДК 631.582:633.367

## **БАЛАНС НРК В ЗВЕНЕ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЮПИНА НА УДОБРЕНИЕ**

**Т.Ю. Анисимова**

*ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа Россельхозакадемии»,  
Владимирская обл., Судогодский р-н, д. Вяткино, Российская Федерация*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Баланс элементов питания в земледелии позволяет судить о соотношении между выносом питательных веществ из почвы урожаем сельскохозяйственных культур и возмещением их в виде минеральных и органических удобрений и культурой бобовых растений [1]. Проведение балансовых исследований связано с необходимостью систематически повышать эффективное плодородие почв и урожайность культур, улучшать качество хозяйственно полезной части урожая, осуществлять меры по охране и оздоровлению окружающей среды [2].

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Изучение динамики баланса гумуса и питательных веществ растений в сельском хозяйстве ведется различными методами и имеет различные направления. Как отмечал В.М. Ключковский [3], главный генеральный уровень агрохимии – это уровень урожая. Если физиолог и биохимик могут ограничиться исследованием баланса в отдельных органах растения или даже клетках, агрохимик и агроном изучают баланс в связи с урожаем и его качеством.

Методика расчетов определяется целью составления баланса. Цель эта заключается в установлении меры обеспеченности питательными веществами выращиваемых урожаев, в определении части их, расходуемых из почвы и восполняемой за счет удобрений [2, 4].

Узколистый люпин обеспечивает высокий выход зеленой массы в пару и за счет корне-познивных остатков и экссудатов повышает урожайность озимой пшеницы и двух последующих зерновых культур до 9–11 ц/га. При скормливании его скоту, кроме молока и мяса, можно получить в год урожая дополнительно еще и навоз.

Сидерация в пару связана с потерей года и снижением коэффициента экономической эффективности в сравнении с занятым паром. Увеличение урожая от запашки зеленой массы не компенсирует потери органического вещества и протеина суммарной прибавкой зерна пшеницы, ячменя и овса. Однако при наличии резерва дешевых семян узколистый люпин возможно использовать на удаленных полях, не получающих навоз, также и на сидерат. Рекомендуемая технология предусматривает при этом глубокую запашку предварительно измельченной и прикатанной массы люпина.

Целью наших исследований является научное обоснование и разработка ресурсосберегающих приемов повышения продуктивности полевых севооборотов с узколистым люпином на дерново-подзолистых супесчаных почвах Центрального Нечерноземья при использовании люпина в качестве сидерата и парозанимающей культуры при отсутствии минеральных удобрений.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве опытного поля ГНУ ВНИИОУ, расположенного в Судогодском районе Владимирской области.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: гумус – 1,5%, валовых форм азота – 0,2%, фосфора – 0,07, калия – около 1%,  $pH_{KCl}$  – 5,1,  $H_r$  – 1,64; содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 128 и 116 мг/кг почвы.

В опыте выращивали культуры районированных сортов: пшеница озимая Заря, ячмень Зазерский 85, овес Астор. Площадь одной опытной делянки составляла 50 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Учет урожая – сплошной, урожай зерна приводили к стандартной 14%-ной влажности. Математическую обработку результатов опыта проводили с использованием программы STAT EXE.

Изучение эффективности различных способов и сроков использования узколистого люпина на удобрение проводили в звене севооборота: озимая пшеница – ячмень – овес. Под ячмень и овес удобрения не вносили. Под озимую

пшеницу заделывали биомассу узколистного люпина в фазе блестящего боба по следующей схеме:

1. Чистый пар – контроль;
2. Занятый пар (стерня и корни люпина) : запашка;
3. Занятый пар (стерня и корни люпина) : дискование, запашка;
4. Сидеральный пар (вся биомасса люпина) : прикатывание, запашка;
5. Сидеральный пар : прикатывание, дискование, запашка;
6. Сидеральный пар : измельчение, запашка;
7. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка;
8. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 7 дней;
9. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 14 дней.

Прикатывание зеленой массы люпина проводили с помощью кольчатошпоровых катков, ее измельчение – сидеральной машиной на базе КИР–1,5 до размера частиц не более 5 см. Сидеральную массу люпина равномерно распределяли по площади в вариантах 6–9. Дискование стерни и зеленой массы осуществляли тяжелой дисковой бороной БДТ–3 в 2 следа на глубину 10–15 см. Запашку проводили плугом ПЛН–3–35 на глубину 20–22 см.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Люпин является источником поступления (возвращения) в почву значительного количества питательных веществ за счет надземной массы и корне-поживных остатков. По данным наших исследований, урожай зеленой массы узколистного люпина составил в среднем 25,1 т/га, стерни и корней – 2,8 т/га (все естественной влажности). Сидеральная масса (27,9 т/га), которую запахивали под озимую пшеницу, содержала в среднем 176 кг азота (в т.ч. 116 кг биологического), 47 кг фосфора и 111 кг калия. В занятом пару с корне-поживными остатками люпина в почву запахивали 39,3 кг азота, 6,3 кг фосфора и 20,8 кг калия. Агрохимическая характеристика люпинового удобрения представлена в таблице 1.

*Таблица 1*

#### **Содержание питательных веществ в биомассе узколистного люпина (в среднем за 3 года)**

Форма люпинового удобрения	Масса воздушно-сухого органического вещества, т/га	Содержание элементов питания в сухом веществе, %				
		С	Н	С:Н	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Сидеральная масса	7,2	46,1	2,41	19,1	0,71	1,59
Корне-поживные остатки	1,8	45,8	1,52	30,1	0,34	1,13

Продуктивность возделываемых культур в звене севооборота зависела от приемов использования узколистного люпина на удобрение. Как видно

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

из таблицы 2, средняя урожайность культур после занятых паров (вар. 2 и 3) была ниже, чем после сидеральных, но за счет отчуждаемой зеленой массы люпина, идущей на корм, продуктивность звена севооборота в этих вариантах увеличилась в 2,1–2,2 раза по сравнению с контролем. В вариантах с сидеральным паром эффективность люпинового удобрения зависела от способа и срока его заделки в почву. Максимальная прибавка была получена в вариантах 4–7 при глубокой заделке сидерата, где продуктивность звена севооборота увеличилась в 1,7–2,1 раза по сравнению с контролем. Мелкая заделка сидерата (вар. 8 и 9) вследствие сильной минерализации снизила эффективность удобрения, продуктивность звена севооборота увеличилась лишь в 1,1–1,2 раза.

Суммарный сбор зерновых единиц (з.е.) основной продукции за три года по зерновым культурам, выращиваемым по сидеральным парам, составил 61,8–79,0 ц/га, а по занятому пару в звене севооборота получено на 11,0–26,3 ц з.е./га больше, чем при запашке сидерата. Зеленая масса узколистного люпина (279 ц/га) содержала 33,5 ц з.е. и 46,3 ц переваримого протеина. С урожаем же трех зерновых культур получено 4,5–5,0 ц/га протеина, т.е. в 9–10 раз меньше, чем запахивали с люпином.

Таблица 2

### Влияние различных приемов использования люпина на удобрение на суммарную продуктивность звена зернового севооборота

№ варианта	Сбор з.е. по трем культурам, ц/га	Прибавка		Сбор з.е. с учетом соломы, ц/га	Прибавка	
		ц з.е./га	%		ц з.е./га	%
1	32,5	–	–	42,6	–	–
2	75,2	4,27	131,4	88,1	4,55	106,8
3	76,6	4,41	135,7	90,0	4,74	111,3
4	58,2	2,57	79,1	75,4	3,28	77,0
5	56,5	2,40	73,8	72,9	3,03	71,1
6	54,5	2,22	68,3	71,0	2,84	66,7
7	52,3	1,98	60,6	66,8	2,42	56,8
8	47,0	1,45	44,6	60,5	1,79	42,0
9	45,2	1,27	39,1	58,2	1,56	36,6
НСР <sub>05</sub>	1,54			2,0		

В наших опытах вынос NPK из почвы с учетом побочной продукции показал, что потребление азота озимой пшеницей в вариантах с занятым паром было на 5,6–6,3% выше, а с сидеральным паром – на 16,7–30,2% выше по сравнению с чистым паром (табл. 3).

## Вынос NPK в звене севооборота, кг на 1 т продукции

№ варианта	Озимая пшеница (1996–1998 гг.)			Ячмень (1997–1999 гг.)			Овес (1998–2000 гг.)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	12,6	10,6	14,7	15,1	4,2	13,6	14,0	5,9	22,6
2	13,3	10,9	16,4	19,7	4,6	14,5	15,6	6,2	22,8
3	13,4	11,1	16,5	18,8	4,7	13,3	16,1	6,6	23,1
4	16,4	12,0	16,9	22,7	6,9	13,4	19,3	8,5	24,3
5	16,3	12,0	16,6	22,5	6,5	14,2	18,5	8,5	24,8
6	16,3	11,1	16,6	21,3	6,7	14,3	18,5	8,4	25,5
7	15,1	10,4	14,9	21,3	5,9	15,8	18,0	7,7	24,3
8	14,7	10,7	15,3	19,3	4,8	13,1	17,5	7,1	23,3
9	14,8	8,5	13,2	19,5	4,6	13,5	17,8	6,7	23,0
Средневзвешенный вынос по вариантам	14,8	10,9	15,7	20,0	5,4	14,0	17,2	7,3	23,7

Использование люпина на удобрение в последствии также повлияло на вынос NPK с единицей продукции. В среднем по девяти вариантам опыта озимая пшеница отличалась от остальных двух культур в 1,2–1,4 раза меньшим выносом азота, но в 1,5–1,9 раза большим выносом фосфора.

В таблице 4 показано соотношение азота, фосфора и калия, потребленных озимой пшеницей, ячменем и овсом из почвы и удобрения в звене севооборота. Если по всем культурам принять содержание азота за единицу, то по фосфору для озимой пшеницы оно составит 0,7, для ячменя – 0,3, для овса – 0,4. По калию соответственно – 1,1; 0,7 и 1,4.

Фактический вынос NPK каждой культурой в среднем за 3 года в звене севооборота представлен в таблице 5. Озимая пшеница потребляла питательных веществ в среднем в 2,2 раза больше, чем ячмень, и в 2 раза больше, чем овес, что подтверждают полученные данные. Суммарный вынос NPK в звене севооборота после занятого пара (вар. 2 и 3) возрастает в 1,4 раза по сравнению с контролем. Глубокая заделка сидерата (вар. 4–7) увеличивает вынос NPK в среднем в 2 раза, а мелкая (вар. 8 и 9) – только в 1,5 раза по сравнению с контролем.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 4

Соотношение элементов, потребленных культурами в звене севооборота

№ варианта	Озимая пшеница N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Ячмень N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	Овес N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O
1. Чистый пар – контроль	1:0,8:1,2	1:0,3:0,9	1:0,4:1,4
2. Занятый пар (стерня и корни люпина) : запашка	1:0,8:1,2	1:0,2:0,7	1:0,4:1,5
3. Занятый пар (стерня и корни люпина) : дискование, запашка	1:0,8:1,2	1:0,3:0,7	1:0,4:1,4
4. Сидеральный пар (вся биомасса люпина) : прикатывание, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,7	1:0,4:1,3
5. Сидеральный пар : прикатывание, дискование, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,6	1:0,5:1,3
6. Сидеральный пар : измельчение, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,6	1:0,5:1,4
7. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка	1:0,7:1,0	1:0,3:0,7	1:0,4:1,4
8. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 7 дней	1:0,7:1,0	1:0,2:0,7	1:0,4:1,3
9. Сидеральный пар : измельчение, дискование, запашка через 14 дней	1:0,6:0,9	1:0,2:0,7	1:0,4:1,3
В среднем по вариантам	1:0,7:1,1	1:0,3:0,7	1:0,4:1,4

Баланс основных элементов питания в звене севооборота при использовании люпина на удобрение представлен в таблице 6. В результате анализа данных таблицы 6 установлено, что:

– после чистого и занятого паров баланс NPK был отрицательным. Суммарные потери с урожаем достигали соответственно – 130,1; 113,4 и 110 кг/га;

– баланс азота и калия при использовании люпина на сидерат положительный, а фосфора – только в вариантах при применении дискования измельченной сидеральной массы и ее длительном компостировании в поверхностном слое почвы;

– запашивание всей биомассы люпина увеличивает вынос NPK тремя культурами звена севооборота и сберегает их ресурсы в почве;

– при применении люпина на сидерат возрастает интенсивность баланса по сравнению с занятыми парами по азоту на 99,5–165,5%, по фосфору – на 62,5–113,5% и калию – на 84,5–124,5%;

– по занятым парам увеличиваются коэффициенты использования NPK;

– мелкая заделка сидерата значительно снижает коэффициенты использования NPK для формирования урожая культур звена севооборота, вследствие чего возрастает интенсивность баланса. Коэффициенты использования азота в этих вариантах ниже на 65,6–168% по сравнению с глубокой заделкой сидерата, фосфора – на 16,6–42,7%, калия – на 15,6–20,4%.

Таблица 5

## Потребление питательных веществ из почвы, кг/га

№ варианта	Озимая пшеница (1996–1998 гг.)				Ячмень (1997–1999 гг.)				Овес (1998–2000 гг.)				Всего за звено севооборота			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NPK
1	22,0	18,5	25,6	66,1	12,6	3,5	11,4	27,5	12,0	5,1	19,4	36,5	46,6	27,1	56,4	130,1
2	32,0	26,3	39,5	97,8	19,3	4,5	14,2	38,0	15,4	6,1	22,6	44,1	66,7	36,9	76,3	179,9
3	32,8	27,3	40,4	100,5	18,8	4,7	13,3	36,8	17,2	7,1	24,8	49,1	68,8	39,1	78,5	186,4
4	55,5	38,6	50,3	144,4	33,1	10,1	19,6	62,8	23,8	10,5	29,9	64,2	112,4	59,2	99,8	271,4
5	54,3	40,0	55,2	149,5	31,1	9,0	19,6	59,7	21,7	10,0	29,0	60,7	107,1	59,0	103,6	269,7
6	49,0	33,5	50,1	132,6	31,4	9,9	21,2	62,5	22,6	10,2	31,1	63,9	103,0	53,6	102,4	259,0
7	41,4	28,5	40,7	110,6	31,4	8,6	23,2	63,2	22,8	9,8	30,9	63,5	95,6	45,9	94,8	237,3
8	38,1	27,9	39,5	105,5	23,4	5,8	15,8	45,0	19,6	8,0	26,1	53,7	81,1	41,7	81,4	204,2
9	37,2	23,9	33,1	94,2	22,4	5,3	15,5	43,2	19,2	7,2	24,8	51,2	78,8	36,4	73,4	188,6

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 6

**Баланс NPK в звене севооборота при использовании люпина на удобрение**

№ варианта	Поступление с биомассой люпина, кг/га			Вынос урожаями трех культур, кг/га			Баланс, кг/га (+, -)			Интенсивность баланса, %			Кoeffициенты использования		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	-	-	-	46,6	27,1	56,4	-46,6	-27,1	-56,4	-	-	-	-	-	-
2	39,3	6,3	20,8	66,7	36,9	76,3	-27,4	-30,6	-55,4	58	17	27	51,1	155	95,7
3	39,3	6,3	20,8	68,8	39,1	78,5	-29,5	-22,8	-57,7	57	16	26	56,4	190	106
4	176	47,2	111	112,4	59,2	99,8	+63,6	-12,0	+11,2	157	79,4	111	37,3	68,0	39,0
5	176	47,2	111	107,1	59,0	103,6	+68,6	-11,8	+7,4	164	80	107	34,3	67,6	42,5
6	176	47,2	111	103,0	53,6	102,4	+73,0	-6,4	+8,6	171	88	108	32,0	56,1	41,4
7	176	47,2	111	95,6	46,9	94,8	+80,4	+0,3	+16,2	184	101	117	27,8	41,9	34,5
8	176	47,2	111	81,1	41,7	81,4	+94,9	+5,5	+29,6	217	113	136	19,6	30,9	22,5
9	176	47,2	111	78,8	36,4	73,4	+97,9	+10,8	+37,6	223	130	151	18,2	19,7	15,3

## ВЫВОДЫ

Таким образом, баланс NPK в звене севооборота при выращивании зерновых культур после чистых и занятых паров был отрицательным, после сидеральных – положительным. Применение люпина на сидерат способствовало сбережению почвенных ресурсов NPK, смягчению дефицита питательных веществ, но не устранению. Введение люпина положительно трансформирует баланс NPK в звене севооборота и меняет порядок минимумов в дерново-подзолистой почве легкого гранулометрического состава. Наиболее дефицитным становится фосфор, а не азот. При сидерации баланс азота и калия в конце звена севооборота положительный (азота – от 63,6 до 97,9 кг/га, калия – от 7,4 до 37,6 кг/га), фосфора – только в вариантах с измельчением, дискованием и поверхностной заделкой сидерата при низкой усвояемости этого элемента (0,3–10,8 кг/га).

Ведение земледелия на основе мобилизации биоресурсов без применения удобрений ведет к потере запаса биогенных элементов почвы, их отрицательному балансу, стабильно низким урожаям яровых зерновых культур и не должно рекомендоваться производству. Биологизация за счет люпина позволяет реализовать генетический сортовой потенциал озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья только на 50–60%, ячменя и овса – лишь на 20–25%. Поэтому биологизация должна сочетаться с использованием не имеющих альтернативы навоза и минеральных удобрений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прянишников, Д.Н. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. – М., 1940. – 641 с.
2. Юркин, С.Н. Баланс NPK в условиях интенсификации земледелия / С.Н. Юркин. – М., 1975. – 95 с.
3. Клечковский, В.М. Онастоящем и будущем агрохимии / В.М. Клечковский // Агрохимия. – 1972. – № 9. – С. 3–11.
4. Прокошев, В.В. Об использовании данных выноса при оценке эффективности удобрений / В.В. Прокошев // Агрохимия. – 1970. – № 1. – С. 95–98.

## NPK BALANCE IN LINK OF THE GRAIN CROP ROTATION WITH LUPIN FOR FERTILIZER

T.Yu. Anisimova

### Summary

Lupinus angustifolius is highly effective fallow-grown crop in the Non-Chernozem zone. Receptions ploughing in green manure into soil without mineral fertilizers positively influence on productivity cultures of a grain crop rotation. Total carrying out NPK after occupied steam increases in a link of a crop rotation in 1,4 times in comparison with the control. At the same time deep ploughing in green manure increases carrying out NPK on the average in 2 times, small – only in 1,5 times. Introduction lupine positively transforms balance NPK of a link of a crop rotation and changes an order of minima in sod-podzolic sandy soil.

*Поступила 08.10.13*