

## **2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

УДК 633.1:631.559:631.82:631.446.24(476.6)

### **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**Ф.Н. Леонов, Т.Г. Синевич**

*Гродненский государственный аграрный университет,  
г. Гродно, Беларусь*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Ведущая роль в комплексе мер по увеличению урожайности и регулированию качества получаемой продукции принадлежит научно обоснованному применению минеральных удобрений, в том числе фосфорных. Проблема фосфорного питания растений является одной из ключевых в земледелии Республики Беларусь ввиду низкой природной обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным фосфором и значительного снижения применения фосфорных удобрений из-за экономической ситуации. Содержание подвижного фосфора в почвах является весьма динамичным и зависит, в большей степени, от характера интенсификации земледелия [1, 3, 6]. Излишнее насыщение почвы фосфором ведет к дополнительным затратам дорогостоящих и остродефицитных фосфорных удобрений, в то время как недостаточная обеспеченность данным элементом питания влечет за собой недобор урожая культур и нерациональное использование других видов удобрений, прежде всего азотных [2].

Наряду с показателем продуктивности большое значение при возделывании сельскохозяйственных растений имеет химический состав полученной продукции, характеризующий пищевые и кормовые достоинства культур. Встречающиеся в научной литературе данные показывают, что химический состав зерна (в том числе белка) полевых культур в значительной степени изменяется в зависимости от агротехнических факторов возделывания, почвенно-климатических условий и сорта [5].

Нарушение оптимального питания растений вследствие несбалансированного применения удобрений может существенно ухудшить пищевые и технологические качества сельскохозяйственной продукции [4].

Цель исследований – установление влияния минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя, ярового рапса и овса, а также определение выноса основных элементов минерального питания урожаем данных культур при различных уровнях обеспеченности подвижными фосфатами легкосуглинистой почвы.

## МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Установление влияния минеральных удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота ячмень–яровой рапс–овес проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различной степенью обеспеченности подвижным фосфором в два этапа: полевые опыты были заложены в СПК «Прогресс-Вертелишки» Гродненского района (2001–2003 гг.), а производственные испытания были проведены в 2015–2016 гг. в СПК «Озеры» Гродненского района (2015 г.) и в ОАО «Черлена» Мостовского района (2016 г.).

Почва опытного участка 1 в СПК «Прогресс-Вертелишки» со средней обеспеченностью подвижными фосфатами характеризовалась следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  – 6,4, содержание гумуса – 2,3 %,  $P_2O_5$  – 184 мг,  $K_2O$  – 386 мг на кг почвы. Почва участка 2 с высоким содержанием подвижного фосфора имела следующие характеристики:  $pH_{KCl}$  – 5,7, содержание гумуса – 3,0 %,  $P_2O_5$  – 425 мг,  $K_2O$  – 391 мг на кг почвы.

Схема опыта включала 10 вариантов в четырехкратной повторности (табл. 1–3). Общая площадь делянки 60 – м<sup>2</sup>, учетная – 40 м<sup>2</sup>. Агротехника возделывания культур соответствовала рекомендациям для Гродненской области.

Производственные опыты проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, которая характеризовалась следующими агрохимическими показателями: почва со средней обеспеченностью подвижным фосфором – содержание гумуса – 2,2–2,6 %,  $P_2O_5$  – 163–220,  $K_2O$  – 210–340 мг/кг почвы,  $pH$  – 6,1–6,4; почва с высоким содержанием подвижного фосфора – содержание гумуса – 2,1–2,8 %,  $P_2O_5$  – 400–424,  $K_2O$  – 220–350 мг/кг почвы,  $pH$  6,1–6,5.

В производственных опытах включали четыре варианта удобрений:

1.  $N_{120}K_{110}$  (зерновые культуры) и  $N_{150}K_{110}$  (яровой рапс) – фон;
2. Фон +  $P_{40}$ ;
3. Фон +  $P_{60}$ ;
4. Фон +  $P_{100}$ .

Общая площадь делянки – 0,5 га, повторность в опыте – трехкратная, расположение делянок – рандомизированное.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что на урожайность культур звена севооборота заметное влияние оказывали как вносимые минеральные удобрения, так и уровень обеспеченности почв подвижными фосфатами (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние минеральных удобрений на урожайность культур звена севооборота в зависимости от обеспеченности почв подвижным фосфором, ц/га**

Вариант	Яровой ячмень				Яровой рапс				Овес			
	уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2	
	уро-жай-ность	при-бав-ка										
1. Контроль (без удобрений)	29,0	–	32,4	–	16,9	–	20,1	–	30,3	–	34,5	–

Вариант	Яровой ячмень				Яровой рапс				Овес			
	уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2	
	уро- жай- ность	при- бав- ка										
2.* $\frac{N_{60}}{N_{80}}$	36,8	7,8	41,1	8,7	21,1	4,2	25,6	5,5	38,6	8,3	44,3	9,8
3.* $\frac{N_{60}K_{50}}{N_{80}K_{60}}$	38,6	9,6	43,3	10,9	22,1	5,2	27,0	6,9	41,4	11,1	46,8	12,3
4.* $\frac{N_{120}}{N_{150}}$	42,9	13,9	47,6	15,2	24,3	7,4	29,6	9,5	44,0	13,7	51,4	16,9
5.* Фон $\frac{N_{120}K_{110}}{N_{150}K_{110}}$	44,3	15,3	49,4	17,0	26,4	9,5	31,3	11,2	46,1	15,8	52,6	18,1
6. Фон + P <sub>20</sub>	45,7	16,7	51,3	18,9	27,7	10,8	32,8	12,7	48,1	17,8	54,7	20,2
7. Фон + P <sub>40</sub>	47,4	18,4	52,9	20,5	29,9	13,0	33,7	13,6	49,6	19,3	56,6	22,1
8. Фон + P <sub>60</sub>	50,0	21,0	53,0	20,6	30,9	14,0	34,8	14,7	53,3	23,0	55,9	21,4
9. Фон + P <sub>80</sub>	51,4	22,4	52,1	19,7	31,4	14,5	34,6	14,5	54,6	24,3	55,7	21,2
10. Фон + P <sub>100</sub>	51,5	22,5	50,7	18,3	31,7	14,8	34,8	14,7	54,8	24,5	55,2	20,7
HCP <sub>05</sub>	1,6		1,6		1,0		1,1		1,5		1,4	

\* В числителе – доза удобрений под зерновые культуры, в знаменателе – под яровой рапс.

Так, увеличение обеспеченности почв подвижным фосфором со среднего (184 мг/кг) до высокого (425 мг/кг) способствовало повышению урожайности изучаемых культур: прибавка урожайности за счет почвенных фосфатов (в вариантах без применения минеральных удобрений) на ячмене составила 3,4 ц/га, яровом рапсе – 3,2 ц/га и на овсе – 4,2 ц/га. Эффективность азотно-калийного удобрения также повышалась по мере увеличения обеспеченности почвы подвижным фосфором. В среднем прибавка урожайности возросла на 0,9–1,7, 1,2–3,2 и 1,3–2,1 ц/га на ячмене, овсе и яровом рапсе соответственно.

На почве с содержанием подвижного фосфора 184 мг/кг максимальная прибавка урожая на всех культурах звена севооборота была достигнута в варианте с внесением 60 кг/га фосфора в составе полного минерального удобрения. При этом продуктивность ячменя составила 50,0 ц/га, ярового рапса – 30,9 ц/га, овса – 53,3 ц/га.

На почве с высоким содержанием подвижного фосфора оптимальным вариантом применения удобрений под зерновые культуры, обеспечивающим наибольшую прибавку урожайности, являлось внесение N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>110</sub>. При этом урожайность ячменя составила 52,9 ц/га, овса – 56,6 ц/га. На посевах ярового рапса наиболее эффективным был вариант с применением фосфорных удобрений в дозе 60 кг/га на фоне N<sub>150</sub>K<sub>110</sub>, который обеспечил получение урожайности маслосемян на уровне 34,8 ц/га.

Полученные нами результаты нашли подтверждение при проведении производственных опытов. На почве с повышенной степенью обеспеченности подвижными фосфатами (163–220 мг/кг) применение фосфорных удобрений в дозе P<sub>60</sub> обеспечило максимальную урожайность ячменя (53,8 ц/га), ярового рапса

(24,2 ц/га) и овса (51,4 ц/га). На высокообеспеченной фосфором почве (400–424 мг/кг) получение урожайности зерна ячменя и овса на уровне 54,8 ц/га и 54,4 ц/га соответственно обеспечило внесение 40 кг/га фосфорных удобрений на фоне  $N_{120}K_{110}$ . На посевах ярового рапса максимальная урожайность (25,5 ц/га) была получена в варианте с внесением  $N_{150}P_{60}K_{110}$ .

При оценке качества зерна и семян культур звена севооборота особое внимание уделялось содержанию в них сырого протеина (табл. 2). В контрольных вариантах опыта содержание сырого протеина на почвах с различным содержанием подвижного фосфора практически не изменялось, что свидетельствует о том, что фосфатный уровень почв не оказывал заметного влияния на аккумуляцию белка в зерне и семенах изучаемых культур. Исследования показали, что наиболее существенное влияние на содержание сырого протеина в растениеводческой продукции оказало внесение азотных удобрений, которое повысило белковость (в среднем по двум фосфатным уровням) зерна ячменя на 0,5–1,6 %, овса – на 0,3–0,7 %, маслосемян ярового рапса – на 0,3–1,9 % в сравнении с контрольным вариантом.

Таблица 2

**Влияние доз минеральных удобрений на содержание (%) и сбор (ц/га) сырого протеина (среднее за 2001–2003 гг.)**

Вариант	Ячмень				Яровой рапс				Овес			
	содержание сырого протеина, %		сбор сырого протеина, ц/га		содержание сырого протеина, %		сбор сырого протеина, ц/га		содержание сырого протеина, %		сбор сырого протеина, ц/га	
	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2
1. Контроль (без удобрений)	9,4	9,3	2,7	3,0	19,2	20,5	3,2	4,1	8,9	9,2	2,7	3,2
2. $N_{60}$ – зерновые $N_{80}$ – яровой рапс	9,9	9,8	3,7	4,0	19,5	21,1	4,1	5,4	9,2	9,6	3,5	4,2
3. $N_{60}K_{50}$ – зерновые $N_{80}K_{60}$ – яровой рапс	9,8	9,8	3,8	4,3	20,3	21,2	4,5	5,7	9,0	9,4	3,7	4,4
4. $N_{120}$ – зерновые $N_{150}$ – яровой рапс	10,9	10,9	4,7	5,2	21,1	22,4	5,1	6,6	9,4	9,9	4,1	5,1
5. $N_{120}K_{110}$ – фон (зерновые) $N_{150}K_{110}$ – фон (яровой рапс)	11,0	10,6	4,9	5,2	21,2	22,7	5,6	7,1	9,3	9,6	4,3	5,0
6. Фон + $P_{20}$	10,9	10,6	5,0	5,4	21,3	22,7	5,9	7,4	9,4	9,5	4,5	5,2
7. Фон + $P_{40}$	11,2	10,4	5,3	5,5	21,1	22,4	6,3	7,5	9,4	9,5	4,7	5,4
8. Фон + $P_{60}$	11,3	10,2	5,7	5,4	21,1	22,2	6,5	7,7	9,4	9,7	5,0	5,4
9. Фон + $P_{80}$	10,9	10,3	5,6	5,4	20,6	21,5	6,5	7,4	9,5	9,5	5,2	5,3
10. Фон + $P_{100}$	10,2	10,1	5,3	5,1	20,4	21,2	6,5	7,4	9,5	9,6	5,2	5,3

*Примечание.* Уч. 1 – почва со средней обеспеченностью подвижным фосфором (184 мг/кг); уч. 2 – почва с высокой обеспеченностью подвижным фосфором (425 мг/кг).

Увеличение сбора сырого протеина на высокообеспеченной фосфором дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на 0,2–0,5 ц/га у ячменя, на 0,1–1,0 ц/га у овса и 0,8–1,6 ц/га у ярового рапса в сравнении с почвой со средним содержанием подвижных фосфатов происходит, в основном, за счет прибавки урожайности.

Таблица 3

Влияние обеспеченности почв подвижным фосфором и минеральных удобрений на затраты элементов питания на формирование 1 т основной с соответствующим количеством побочной продукции культуры звена севооборота (среднее за 2001–2003 гг.)

Вариант	Ячмень						Яровой рапс						Овес					
	участок 1 (184 мг/кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			участок 2 (425 мг/кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			участок 1 (184 мг/кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			участок 2 (425 мг/кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			участок 1 (184 мг/кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			участок 2 (425 мг/кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		
	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	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль (без удобрений)	22,7	7,8	26,0	21,5	8,5	24,3	45,1	29,0	37,5	45,2	31,3	35,1	20,2	9,3	28,0	20,0	10,5	28,4
2. N <sub>60</sub> – зерновые (N <sub>80</sub> – яровой рапс)	23,7	8,3	27,1	22,0	9,8	23,5	44,3	28,1	35,5	44,2	28,4	31,4	20,6	9,4	31,3	20,1	10,6	28,4
3. N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> – зерновые (N <sub>80</sub> K <sub>60</sub> – яровой рапс)	22,8	8,1	26,4	22,7	9,8	26,2	46,1	27,6	38,5	47,0	28,3	36,8	20,4	9,1	28,1	20,4	10,7	27,5
4. N <sub>120</sub> – зерновые (N <sub>150</sub> – яровой рапс)	24,6	8,4	27,0	24,1	10,1	27,4	48,5	28,9	36,3	47,4	27,8	31,5	21,8	9,3	27,5	21,8	11,5	25,2
5. N <sub>120</sub> K <sub>110</sub> – фон (зерновые) N <sub>150</sub> K <sub>110</sub> – фон (яровой рапс)	24,7	8,2	25,2	23,8	9,8	25,1	48,2	29,4	36,8	47,3	28,3	33,9	21,7	9,7	28,0	20,9	10,9	27,2
6. Фон + P <sub>20</sub>	23,5	8,7	25,0	23,6	9,8	25,4	47,8	30,1	36,0	47,4	29,5	29,1	21,2	10,0	27,5	20,8	10,8	28,1
7. Фон + P <sub>40</sub>	24,1	9,3	27,0	22,0	9,8	26,1	46,5	30,1	36,5	48,4	31,6	31,8	21,6	10,4	28,6	20,8	11,0	26,6
8. Фон + P <sub>60</sub>	24,1	10,0	26,5	22,9	9,8	26,0	46,9	30,1	32,8	47,7	31,4	34,2	21,1	10,7	28,5	19,8	10,7	24,8
9. Фон + P <sub>80</sub>	23,9	9,5	25,5	22,8	10,4	26,1	45,1	29,6	30,5	47,1	33,4	34,0	21,4	10,7	28,1	20,0	10,8	23,3
10. Фон + P <sub>100</sub>	22,6	9,4	26,3	22,8	10,5	25,1	45,0	30,2	33,9	45,7	32,0	32,4	21,4	10,4	28,0	19,9	10,7	29,1
Среднее	N 23,2; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 9,3; K <sub>2</sub> O 25,9 кг						N 46,6; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 29,8; K <sub>2</sub> O 34,2 кг						N 20,8; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 10,4; K <sub>2</sub> O 27,6 кг					

При проведении производственных опытов содержание сырого протеина в зависимости от варианта опыта варьировало в зерне ячменя в пределах 10,1–11,1 %, зерне овса – 9,7–10,0 %, семенах ярового рапса – 20,8–21,8 % и не коррелировало с фосфатным уровнем почвы.

Показатели выноса основных элементов питания с основной и побочной продукцией сельскохозяйственных культур находят широкое применение в агрохимической практике для расчета доз удобрений балансовым методом.

Рассчитанные нами параметры затрат элементов питания на формирование 1 т продукции изучаемых культур несколько отличаются от приведенных в справочных изданиях значений (табл. 3).

Усредненный нормативный вынос питательных элементов растениями ячменя (за три года) составил: азота 23,2 кг/т, фосфора – 9,3 кг/т, калия – 25,9 кг/т. Рассчитанные нами показатели (29,1; 11,9; 27,4 кг/т соответственно) значительно меньше справочных параметров. Аналогичные данные получены и по овсу: усредненный нормативный вынос по азоту составил 20,8 кг, фосфору – 10,4 кг, калию – 27,6 кг. В литературе же приведены следующие показатели: 25,9; 12,4 и 28,6 кг/т соответственно. Для ярового рапса рассчитанный удельный вынос фосфора был на уровне справочных значений (29,8 кг/т), азота – ниже (46,6 кг против 55 кг согласно справочным данным). Затраты калия на формирование 1 т маслосемян ярового рапса в наших опытах были выше в сравнении с литературными (34,2 кг против 30 кг соответственно).

При этом следует отметить, что ни повышение уровня обеспеченности почвы подвижными фосфатами, ни возрастающие дозы фосфорных удобрений не оказали существенного влияния на относительный вынос основных элементов питания на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции исследуемых культур.

## ВЫВОДЫ

1. Максимальную продуктивность изучаемых культур на почве со средним содержанием подвижного фосфора обеспечило внесение 60 кг/га д.в. фосфорных удобрений на фоне  $N_{120}K_{110}$  – на зерновых культурах и  $N_{150}K_{110}$  – на яровом рапсе. Урожайность ячменя при этом составила 50,0 ц/га, овса – 53,3 ц/га, ярового рапса – 30,9 ц/га (2001–2003 гг.). В производственных опытах данный вариант удобрений обеспечил получение 53,8 ц/га зерна ячменя, 24,2 ц/га семян рапса и 51,4 ц/га овса. На почве с высокой степенью обеспеченности подвижным фосфором наиболее эффективным для зерновых культур был вариант с внесением  $P_{40}$  на фоне  $N_{120}K_{110}$ , а на посевах ярового рапса –  $P_{60}$  на фоне  $N_{150}K_{110}$ , обеспечивающие урожайность зерна ячменя и овса на уровне 52,9–56,6 ц/га и ярового рапса – 25,5–34,8 ц/га.

2. Содержание сырого протеина в зерне и семенах изучаемых культур в зависимости от вариантов опыта варьировало в пределах 9,3–11,3 % в зерне ячменя, 8,9–10,0 % в зерне овса и 19,2–22,7 % в семенах ярового рапса и определялось дозами азотных удобрений. Увеличение сбора сырого протеина при повышении степени обеспеченности почвы подвижными фосфатами основное произошло вследствие повышения урожайности исследуемых культур.

3. Относительный вынос элементов питания был практически стабилен во всех вариантах опыта и не изменялся в зависимости от содержания в почве подвижных фосфатов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2009–2012) / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 276 с.
2. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв / В.И. Титова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2011. – № 2. – С. 3–6.
3. *Ионас, В.А.* Система удобрения сельскохозяйственных культур / В.А. Ионас, И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш. – Минск: Ураджай, 1998. – 287 с.
4. *Панников, В.Д.* Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
5. *Путятин, Ю.В.* Сравнительный анализ состава незаменимых аминокислот в продукции кормовых культур / Ю.В. Путятин, Д.В. Маркевич, О.М. Таврыкина // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 229–236.
6. Система применения удобрений: учебник / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 440 с.

### **EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON CROP YIELD AND QUALITY OF A CROP ROTATION LINK DEPENDING ON THE CONTENT OF MOBILE PHOSPHORUS IN SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL**

**F.N. Leonov, T.G. Sinevich**

#### **Summary**

The optimal rates of fertilizers for spring rape, barley and oats have been found in course of field experiments on sod-podzolic light loamy soil with two contrast contents of mobile phosphates. The crude protein content in the harvested crop products was determined, as well as the removal of main nutrients per unit of grain yield was calculated.

*Поступила 28.11.2017*