

# ДЕЙСТВИЕ УДОБРЕНИЙ НА ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ПОДПАХОТНОГО СЛОЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ

А.С. Башков, д.с.-х.н., Т.Ю. Бортник, к.с.-х.н., М.Н. Загребина, А.Ю. Карпова, Ижевская ГСХА

Приведены данные исследований за две ротации севооборота в многолетнем опыте, который был заложен на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Удмуртской Республики. Длительное применение удобрений способствовало окультуриванию пахотного и подпахотного слоев почвы. Органоминеральная система удобрения обеспечила повышение продуктивности культур севооборота. В условиях засухи от совместного внесения органических и минеральных удобрений получена прибавка продуктивности озимой ржи 125-133 %.

**Ключевые слова:** системы удобрения, севооборот, продуктивность, агрохимические показатели, дерново-подзолистые почвы.

Вопросы рационального и эффективного использования удобрений для увеличения урожайности полевых культур, сохранения и воспроизводства плодородия почвы актуальны и современны. Длительные агрохимические опыты дают ценную информацию о влиянии удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, их устойчивость к болезням и экстремальным погодным условиям [1, 2, 6]. Кроме того, только в многолетних исследованиях можно изучить действие сочетания известкования и разного уровня применения органических и минеральных удобрений на изменение показателей почвы. В настоящее время при низком уровне применения всех видов удобрений и почти полном отказе от известкования и фосфорирования почв постоянно возникает вопрос о состоянии плодородия и возможном активном использовании растениями питательных веществ, имеющихся в подпахотных слоях почвы. Таким образом, возможно продлить использование потенциального плодородия почвы, созданного в 70-90-е годы XX в. в период интенсивной химизации сельского хозяйства.

Цель исследований – изучить действие органоминеральных удобрений на окультуривание подпахотного слоя дерново-подзолистой почвы и его влияние на продуктивность озимой ржи.

**Методика.** На опытном поле Ижевской ГСХА продолжается многолетний опыт, заложенный в 1979 г. на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве, которая в то время имела слабнокислую реакцию, содержание гумуса 1,93 %, степень насыщенности основаниями около 80 %, 67 мг/кг  $P_2O_5$  и 92 мг/кг  $K_2O$  [5]. Опыт проводится в севообороте: занятый пар, озимая рожь, пропашные, ячмень. Изучают 17 вариантов сочетания извести, навоза и минеральных удобрений. В рамках этого опыта сделано обобщение некоторых результатов за 2005-2012

гг. Рассмотрено действие трёх уровней насыщенности органическими удобрениями по сравнению с абсолютным контролем и известкованием. Известь вносили в занятый пар на две ротации севооборота, навоз: 40 т/га (насыщенность 10 т/га) и 20 т/га (насыщенность 5 т/га) под пропашные. Дозы минеральных удобрений вносили дифференцированно под все культуры севооборота, в среднем  $N_1P_1K_1$  – 105 кг д.в./га.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Состояние агрохимических свойств почвы пахотного слоя в настоящее время показано в таблице 1. Можно отметить достоверное повышение  $pH_{KCl}$  от внесения извести и закономерное подкисление при внесении полного минерального удобрения. Сумма обменных оснований существенно не изменялась. Содержание гумуса достоверно выше во всех вариантах по сравнению с контролем. Наибольшее его количество наблюдалось при повышенной насыщенности навозом, увеличение составило 47 отн. % к абсолютному контролю. Особенно заметно увеличилось содержание подвижного фосфора при внесении по фону извести одних минеральных удобрений и в сочетании с навозом – на 115-137 мг/кг почвы.

**1. Влияние систем удобрения на изменение агрохимических показателей почвы (опытное поле ИжГСХА)**

Вариант опыта	VIII ротация (2009-2011 гг.)					
	$pH_{KCl}$	Гумус, %	S	Hг	$P_2O_5$	$K_2O$
			мг-экв/100 г почвы		мг/кг	
1. Без удобрений (контроль)	4,39	1,57	11,2	2,92	60	57
2. Известь по 1 г.к. (к.)	5,83	1,89	12,7	2,16	89	72
3. Известь + навоз, 40 т/га	5,54	2,13	12,5	2,31	98	69
4. Известь + $N_1P_1K_1$	4,96	2,10	12,7	3,07	175	73
5. Известь + навоз, 40 т/га + $N_1P_1K_1$	5,23	2,31	13,6	2,67	162	94
6. Известь + навоз, 20 т/га + $N_1P_1K_1$	5,51	2,10	14,2	2,08	197	87
$HCP_{05}$	0,35	0,20	$F_{\phi} < F_T$	0,74	50	13

Существенно возросло содержание обменного калия во всех вариантах за исключением варианта 3 (известь + навоз).

В соответствии с агрохимическими показателями получена продуктивность культур в VII и VIII ротациях севооборота (табл. 2).

**2. Влияние систем удобрения на продуктивность культур севооборота, т.з.е/га (опытное поле ИжГСХА)**

Вариант опыта	VII ротация (2005-2008 гг.)				VIII ротация (2009-2012 гг.)				Среднее за VII и VIII ротации	Прибавка
	однолетние травы	озимая рожь	пропашные	ячмень	однолетние травы	озимая рожь	пропашные	ячмень		
1. Без удобрений (контроль)	0,51	1,82	0,85	1,36	0,65	1,16	2,63	1,30	1,29	-
2. Известь по 1 г.к.	0,57	2,68	0,96	2,07	0,75	1,17	3,76	1,55	1,69	0,40
3. Известь + навоз, 40 т/га	0,84	2,86	1,45	2,87	1,22	1,63	5,23	1,79	2,24	0,95
4. Известь + $N_1P_1K_1$	1,35	4,34	2,80	3,19	1,46	2,39	5,16	3,12	2,98	1,69
5. Известь + навоз, 40 т/га + $N_1P_1K_1$	1,47	4,62	3,41	4,06	1,63	2,71	5,61	3,45	3,37	2,08
6. Известь + навоз, 20 т/га + $N_1P_1K_1$	1,46	4,56	2,90	3,72	1,54	2,64	5,48	3,47	3,22	1,93
$HCP_{05}$									0,38	

Максимальную продуктивность севооборота получили при сочетании более высокой насыщенности почвы навозом и полного удобрения – на 161 % выше по сравнению с абсолютным контролем. При меньшей насыщенности навозом продуктивность возросла на 150 %. Значительно уступают варианты с раздельным внесением навоза и минеральных удобрений.

Экстремальные погодные условия 2010 г. стали серьезной проверкой устойчивости сельскохозяйственных культур к острому недостатку влаги и высоким температурам в течение вегетации. Гидротермический коэффициент за май-июль 2010 г. составил 0,65, что крайне низко для условий Удмуртии.

В 2010 г. в многолетнем опыте возделывали озимую рожь (табл. 3).

Перезимовка в 2009-2010 гг. прошла удовлетворительно, сохранилось в среднем по опыту 87 % растений, поэтому снижению урожайности способствовали условия вегетации лета 2010 г. При внесении только извести продуктивность к среднему многолетнему уровню составила 57 %, а при внесении навоза и минеральных удобрений – 76 %, на абсолютном контроле тоже 76 %, так как здесь лимитирующим фактором во все годы была обеспеченность элементами питания. Причиной устойчивости озимой культуры к засухе явилось более высокое содержание в почве этих вариантов гумуса, калия и особенно подвижного фосфора. Следовательно, при внесении комплекса удобрений продуктивность культур более стабильна и меньше зависит от погодных условий.

Расчет зависимости урожайности озимой ржи от показателей плодородия почвы перед посевом показал, что коэффициент корреляции с содержанием подвижного фосфора равен 0,82, с содержанием этого элемента в период созревания 0,60, с содержанием обменного калия, соответственно, 0,03 и 0,23. Степень подвижности фосфора в почве контрольного варианта составила 0,43 мг/л, а в вариантах с более высокой продуктивностью значительно выше – 0,78-0,83 мг/л [3], что способствовало более интенсивному поглощению фосфора растениями.

### 3. Влияние засушливых условий 2010 г. на продуктивность севооборота в зависимости от систем удобрения (опытное поле ИЖГСХА, 2009-2012 гг.)

Вариант опыта	Продуктивность, т з.е/га		Уровень продуктивности в 2010 г. к средней, %	Отклонения	
	в среднем за год (2009, 2011, 2012 гг.)	2010 г.		т з.е/га	%
1. Без удобрений (контроль)	1,53	1,16	76	-0,37	24
2. Известь по 1 г.к.	2,02	1,17	58	-0,86	42
3. Известь +навоз, 40 т/га	2,75	1,63	60	-1,12	41
4. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,50	2,39	68	-1,11	32
5. Известь +навоз, 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,56	2,71	76	-0,85	24
6. Известь +навоз, 20 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,49	2,64	76	-0,85	24
HCP <sub>05</sub>	0,68	0,38			

Роль подпахотного слоя почвы в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур в Нечернозёмной зоне неоднократно отмечалась исследователями [7]. По данным В.В. Окоркова [4], подпахотный слой имеет высокую кислотность, и в нём накапливаются опасные количества подвижных форм алюминия, железа и марганца, которые оказывают токсичное действие на развитие корневой системы. Для характеристики плодородия подпахотного слоя были определены агрохимические показатели почвы перед посевом озимой ржи (табл. 4).

### 4. Влияние длительного внесения удобрений на агрохимические свойства подпахотного слоя почвы 21-40 см (опытное поле ИЖГСХА, 2009 г.)

Вариант опыта	Al <sup>3+</sup> , мг/100 г	pH <sub>ксл</sub>	S, мг-экв/100 г	H <sub>+</sub>	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений (к)	5,18	3,37	9,30	3,39	73	80	36
2. Известь по 1 г.к.	1,17	5,25	11,20	1,57	88	91	40
3. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0,59	4,24	9,84	2,57	79	108	56
4. Известь + навоз, 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0,41	4,46	9,84	2,28	81	100	70
HCP <sub>05</sub>	1,15	0,4	0,8	0,3	-	8,6	4,1

На абсолютном контроле почва подпахотного слоя очень сильнокислая; применение минеральных удобрений отдельно и даже с навозом на фоне известкования также способствовало сохранению сильнокислой реакции, и только внесение извести без минеральных удобрений довело уровень кислотности до слабокислого. Выявлена такая же зависимость изменения степени насыщенности почвы основаниями. В контрольном варианте отмечено высокое содержание подвижного алюминия (по Соколову). В зависимости от применения удобрений в почве подпахотного слоя существенно возросло содержание подвижного фосфора в сравнении с контролем – на 20-28 мг/кг. В меньших количествах, но также существенно возросло содержание обменного калия. Следовательно, систематическое внесение удобрений способствует окультуриванию подпахотного слоя. Можно предположить, что растения озимой ржи в условиях 2010 г. активно поглощали воду и элементы питания из подпахотного слоя, и варианты, где систематически совместно вносили известь, навоз и минеральные удобрения, имели преимущество в связи с окультуренностью не только пахотного, но и подпахотного слоя почвы.

Для уточнения этого вывода в 2009-2010 гг. был проведен вегетационно-полевой опыт. В каждом изучаемом варианте всех четырёх повторений многолетнего опыта с делянки площадью 0,25×0,25 м<sup>2</sup> убирали пахотный слой, в траншею набивали почву с защитной полосы, где удобрения не вносили с 1979 г. Делянка была ограничена плёнкой на глубину пахотного слоя. Затем высевали озимую рожь, сроки работ и технология возделывания культуры соответствовали полево-многолетнему опыту. Результаты показали, что уровень окультуренности подпахотного слоя положительно влиял на урожайность зерна ржи, по всем вариантам получено достоверное увеличение на 19-37 % по сравнению с контролем (табл. 5).

### 5. Урожайность озимой ржи в зависимости от окультуренности подпахотного слоя дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы (Опытное поле ИЖГСХА, 2010 г.)

Вариант опыта	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>	Отклонения	
		г/м <sup>2</sup>	%
1. Без удобрений (к)	54	0	0
2. Известь по 1 г.к.	68	14	26
3. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	64	10	19
4. Известь + навоз, 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	74	20	37
HCP <sub>05</sub>		7,2	

В варианте с систематическим внесением извести, навоза и минеральных удобрений выявлена наиболее высокая достоверная прибавка – 20 г/м<sup>2</sup>. Можно предположить, что в менее кислых условиях подпахотного слоя рост и развитие корневой системы проходили более активно, и растения озимой ржи могли использовать доступные формы элементов питания из подпахотного слоя, что и обусловило более высокую урожайность зерна.

**Выводы.** 1. По результатам VII и VIII ротаций севооборота систематическое использование органоминеральной системы удобрения на фоне извести способствовало повышению продуктивности сельскохозяйственных культур на 150-161 %

к абсолютному контролю. Органоминеральная система применения удобрений обеспечивает более стабильную продуктивность озимой ржи в экстремальные по погодным условиям годы.

2. Длительное и системное применение известкования, навоза и минеральных удобрений способствует окультуриванию пахотного и подпахотного слоёв дерново-среднеподзолистей среднесуглинистой почвы. Уровень плодородия подпахотного слоя почвы (21-40 см), сформировавшийся под воздействием длительного использования органоминеральной системы удобрения, обеспечил повышение урожайности озимой ржи на 37 % к абсолютному контролю.

*Литература*

1. *Адаптивно-ландшафтная система земледелия* / Под ред. В.М. Холзакова. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2002. – С. 93-115. 2. *Лыков А.М.*

Воспроизводство плодородия почвы Нечернозёмной зоны. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 143 с. 3. *Обыдёнова Л.А., Бортник Т.Ю., Башков А.С.* Влияние систем удобрения на фосфатное состояние дерново-подзолистей почвы // Высшему агрономическому образованию в Удмуртской республике 55 лет: Мат. Всеросс. науч.-практ. конф., посв. 55-летию агрономического факультета. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2009. – С.86-92. 4. *Окорков В.В.* Некоторые аспекты повышения плодородия почв // Бюллетень ВНИИА, № 119. – М.: Агроконсалт, 2003. – С.153-155. 5. *Реестр* аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. Изд. 2-е – М.: ВНИИА, 2005. – 196 с. 6. *Холзаков В.М.* Повышение продуктивности дерново-подзолистых почв в Нечернозёмной зоне. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 436 с. 7. *Юлушев И.Г.* Система применения удобрений в севооборотах / Учебно-методическое пособие и рекомендации по применению удобрений. – Киров: Изд. ОАО Кирово-Чепецкий химкомбинат, 1999. – 153 с.

**Effect of fertilizers on the amelioration of subsurface horizon of loamy soddy-podzolic soil and the yielding capacity of winter rye**

*A.S. Bashkov, T.Yu. Bortnik, M.N. Zagrebina, A.Yu. Karpova*  
*Izhevsk State Agricultural Academy,*  
*Studencheskaya 11, Izhevsk, 426069 Udmurt Republic, Russia,*  
*E-mail: agroh@izhgsha.ru*

*The article presents research data for two cycles of crop rotation in a long-term experiment (2005–2012). The experiment has been established on medium loamy soddy-podzolic soil of the Udmurt Republic in 1979. The prolonged application of fertilizers has improved the arable and subsurface layers of soil. The organic–mineral fertilizing system has provided a gain in crop yield of 150–161% of the absolute control value.*

*Keywords: fertilizing systems, crop rotation, efficiency, agrochemical parameters, soddy-podzolic soils.*