

УДК 631.82:631.86

**Влияние систем удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях Костромской области***Иванова М.В.**Костромская государственная сельскохозяйственная академия***Аннотация**

*В результате многолетних исследований проведена оценка влияния длительного применения систем удобрений на урожайность культур полевого севооборота в условиях Костромской области. В среднем за ротацию полевого севооборота без применения удобрений обеспечивался сбор 19,1-20,8 ц/га кормовых единиц. Минеральная система удобрений, как и органо-минеральная, являлась высокоэффективной и обеспечивала сбор кормовых единиц 26,3-28,4 ц/га, что на 37-38% выше контроля. Более целесообразным было применение органо-минеральной системы удобрений. Использование навоза одновременно с минеральными туками позволяет не только повысить урожайность, но и стабилизировать плодородие, сохранять почвенную биоту.*

**Ключевые слова:** МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ, УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, СБОР КОРМОВЫХ ЕДИНИЦ

---

Получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур связывают, прежде всего, со степенью насыщенности пашни органическими и минеральными удобрениями [1,2,3]. Основу пашни Костромской области составляют дерново-подзолистые почвы. Для них характерно низкое содержание гумуса (1,9 % к 2011 году), высокая кислотность (5,2 рН<sub>KCl</sub>), среднее содержание обменного калия (96 мг/кг) и подвижного фосфора (103 мг/кг). С середины 90 – х годов и по настоящее время наблюдаются негативные тенденции к снижению почвенного плодородия. С 1991 года применение в области органических удобрений снизилось в 3 раза (с 3,6 до 1,2 т/га к 2011 году).

Снижение внесения азотных удобрений за этот период составило около 78 % (с 18,7 до 4,2 кг/га). К 2016-2017 году среднегодовое внесение азота в области составило 3,2 кг/га,

органических удобрений – 1,1 т/га.

Оптимизировать рост и развитие растений в таких условиях невозможно, как и рассчитывать на высокую урожайность сельскохозяйственных культур.

Важной задачей в современных условиях является не только получение урожая сельскохозяйственных культур, но и сохранение плодородия почв [4,5]. Рациональное применение органических и минеральных удобрений будет способствовать решению этой проблемы.

**Цель исследований** - изучение влияния длительного применения различных систем удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте.

Наши исследования проводились в условиях длительного, стационарного, полевого опыта кафедры агрохимии, почвоведения и защиты растений, как один из разделов темы: «Влияние систем удобрений на продуктивность культур, плодородия дерново-подзолистой почвы и ее экологическое состояние». Опыт был заложен в 1969 году на опытном поле Костромской ГСХА. Настоящий опыт был включен в реестр Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации (Аттестат длительного опыта №076 от 010-02-2006 г). Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений);
2. Минеральная схема (NPK в форме минеральных удобрений);
3. Органическая система (NPK в форме органических удобрений);
4. Органоминеральная система (NPK в форме органических и минеральных удобрений).

Стационарный полевой опыт имеет общую площадь 1,5 га, размер опытной делянки 100 м<sup>2</sup>, площадь учетной делянки 28-30 м<sup>2</sup>, повторность в опыте 4-х кратная. Делянки в опыте размещены методом рандомизированных повторений. В опыте были искусственно созданы фоны, отличающиеся содержанием органического вещества в пахотном слое почвы. Варианты изучались в полевом севообороте, имеющих следующее чередование опытных культур во времени: 1. Пар занятый (викоовсяная смесь на зеленую массу) – 2. лен – 3. ячмень+многолетние травы – 4. многолетние травы 1 г. п. – 5. яровая пшеница – 6. овес. Схема расположения делянок представлена на рис. 1.

IV повторность		III повторность	
№ варианта	№ делянки	№ варианта	№ делянки
3	32	2	24
4	31	4	23
1	30	1	22
2	29	3	21
3	28	2	20
2	27	3	19
4	26	4	18
1	25	1	17

№ варианта	№ делянки	№ варианта	№ делянки
4	16	2	8
3	15	3	7
1	14	4	6
2	13	1	5
3	12	1	4
4	11	2	3
2	10	3	2
1	9	4	1
II повторность		I повторность	



**Фон 2 (содержание гумуса 3,0%)**

**Фон 1 (содержание гумуса 1,5%)**

Рис 1. Схема расположения делянок

Дозы внесения удобрений рассчитаны с учетом выноса питательных веществ урожаем полевых культур и предполагают создание бездефицитного баланса гумуса (табл. 1). Органические удобрения вносили, согласно схеме опыта под вико-овес и яровую пшеницу, минеральные удобрения под все культуры. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, суперфосфат двойной и калий хлористый. Насыщенность органическими удобрениями составляла 12,8 и 6,4 т/га в год при органической и органо-минеральной системах удобрений, соответственно.

Урожайность сельскохозяйственных культур проводили взвешиванием полученного урожая со всей учетной площади делянки. Расчет сбора кормовых единиц проведен по общепринятой методике [6] с учетом содержания кормовых единиц в урожае

сельскохозяйственных растений.

Таблица 1. Дозы NPK (кг д.в.) и навоза (т/га) в полевом севообороте

Культура	Система удобрений							
	минеральная			органическая	органо - минеральная			
	N	P	K	навоз	навоз	N	P	K
Вико-овёс	60	20	60	40	20	30	10	30
Лен	30	60	60	-	-	15	30	30
Ячмень + мн. травы	60	60	135	-	-	30	30	68
Многолетние травы 1г.п.	40	-	-	-	-	20	-	-
Яровая пшеница	80	20	80	37	18,5	40	17	40
Овёс	80	20	80	-	-	40	10	40
ВСЕГО	350	180	415	77	38,5	175	97	208

Органические удобрения вносили, согласно схеме опыта под вико-овес и яровую пшеницу, минеральные удобрения под все культуры. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, суперфосфат двойной и калий хлористый. Насыщенность органическими удобрениями составляла 12,8 и 6,4 т/га в год при органической и органо-минеральной системах удобрений соответственно.

Урожайность сельскохозяйственных культур проводили взвешиванием полученного урожая со всей учетной площади делянки. Расчет сбора кормовых единиц проведен по общепринятой методике [6] с учетом содержания кормовых единиц в урожае сельскохозяйственных растений.

Статистическая обработка данных на ПЭВМ произведена с помощью метода дисперсионного анализа данных с использованием стандартного пакета анализа данных в Microsoft Excel. Исследования проводились на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимические данные почвы опытного участка следующие: содержание гумуса 1,1-2,9 % на фоне 1, 2,0-3,9 % на фоне 2; содержание подвижного фосфора - 156–280 мг/кг; обменного калия – 113,5-164,7 мг/кг; кислотность сильно варьирует рН<sub>KCl</sub> 5,3-6,2.

Агротехника культур в опыте была общепринятая для условий Костромской

области. В нашей работе представлена динамика урожайности в течение 11 лет, с 1996 по 2007 г.

Метеорологические условия в годы исследований были различны. Повышенной температурой воздуха по сравнению со среднемноголетней отличался апрель и май 1996, 1998 и 2003-2007 годов. Это способствовало быстрому и качественному проведению обработки почвы. Температура воздуха в течение остальных месяцев вегетационного периода была близка или незначительно превышала среднемноголетние данные во все года исследований. Количество выпавших осадков в годы исследований было резко контрастным.

Самым низким количеством осадков отличался май 2002 года (12 мм) и май 2007 года (25 мм) при среднемноголетней норме 51 мм. Засушливыми были июнь и июль 1999 года (7-13 мм осадков), июль (9-18 мм осадков) и август (21-37 мм осадков) 2001 и 2002. Июнь и июль 2006 года также отличались пониженным количеством осадков (17-45 мм). Экстремально влажным был вегетационный период 1996 года, в июне и июле выпало 109 и 101 мм, при норме 67 и 81 мм соответственно. Повышенным количеством осадков отличался также июнь 1997 года (176 мм - в 2,6 раза превысило среднемноголетнее значение), июнь и июль 1998 и 2000 годов, июнь 2004. В конце вегетационного периода (август) 1998, 2003, 2004, 2006 годов выпало количество осадков, превышающее среднемноголетнюю норму в 1,6-2,8 раза. Таким образом, погодные условия указанных лет были неблагоприятными для роста и развития сельскохозяйственных культур, выращиваемых в опыте.

Анализ урожайности сельскохозяйственных культур в первую ротацию севооборота показал, что самая низкая урожайность всех сельскохозяйственных культур была на контроле, без применения удобрений (табл. 2). Исследования на фоне №1 показали, что применение минеральных удобрений позволило повысить урожай на 4-104%. Достоверные прибавки урожая, превышающие  $HC_{P05}$ , в этом варианте были получены на культурах: вико-овес, лен, ячмень+многолетние травы и яровая пшеница. Самая большая прибавка наблюдалась при выращивании льна с применением минеральных удобрений, урожай семян льна составил 4,5 ц/га – что в 2 раза выше, чем на контроле.

Таблица 2. Продуктивность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте, 1996-2001, ц/га

Вариант	1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	Вико-овес (зеленая масса)		Лен долгунец (семена)		Ячмень + многолетние травы		Многолетние травы 1г.п. (зеленая масса)		Яровая пшеница		Овес	
	У <sup>1</sup>	У <sub>КЕ</sub> <sup>2</sup>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>
<b>Фон 1</b>												
Контроль	196,0	39,20	2,2	3,6	9,3	10,5	119,0	24,8	17,4	20,5	20,0	20,0
Минеральная система	239,0	47,80	4,5	7,4	16,9	19,1	124,0	23,8	22,0	26,0	23,1	23,1
Органическая система	217,5	43,50	4,3	7,1	14,8	16,7	128,0	25,6	22,9	27,0	25,1	25,1
Органо-минеральная система	241,3	48,26	4,9	8,1	16,4	18,5	132,0	26,4	25,4	30,0	21,0	20,0
<b>Фон 2</b>												
Контроль	173,5	34,70	2,7	4,5	12,0	13,6	123,0	26,4	21,8	25,7	19,0	19,0
Минеральная система	247,3	49,46	5,1	8,4	21,1	23,8	125,0	25,0	24,5	28,9	22,9	22,9
Органическая система	213,0	42,60	4,7	7,8	18,5	20,9	135,0	27,0	25,7	30,3	25,0	25,0
Органо-минеральная система	268,3	53,66	5,4	8,9	19,7	22,3	132,0	24,6	31,1	36,7	23,5	19,5
НСР <sub>05</sub> общее	39,1		0,75		1,9		19,1		3,3		4,8	1,9
НСР <sub>05</sub> фактор А (фон)	19,5		0,38		1,0		9,6		1,6		2,4	1,0
НСР <sub>05</sub> фактор В (варианты)	27,7		0,53		1,34		13,5		2,3		3,4	1,34

У<sup>1</sup>- урожайность сельскохозяйственной культуры, У<sub>КЕ</sub><sup>2</sup>- сбор кормовых единиц

Применение только органических удобрений в течение 1996-2001 года позволило увеличить урожайность культур на 7-95%. Статистически доказанные прибавки наблюдались на льне, ячмене с многолетними травами, яровой пшенице и овсе.

Самыми отзывчивыми при этом были лен и ячмень, их урожайность была выше на этом варианте, чем на контроле на 95 % и 59% соответственно. Самые высокие прибавки урожая на фоне №1 обеспечило применение органо-минеральной системы удобрений. Разница урожайности с контролем составила 11-122%, достоверные прибавки наблюдались на всех культурах кроме многолетних трав 1 г. п. и овса.

Исследования на фоне №2 (табл.2) показали статистически подтвержденные различия между контролем и вариантами с применением удобрений. Высокий уровень урожайности отмечался при применении минеральных удобрений и совместном использовании органических и минеральных удобрений. Применение этих систем удобрений позволило повысить урожайность сельскохозяйственных культур в опыте на 12-88% и 43-100% соответственно. Самыми отзывчивыми были, как и на фоне №1, лен и ячмень с подсевом трав.

Анализ урожайности культур полевого севооборота в 2002-2007 гг показал высокую эффективность применяемых в опыте удобрений (табл.3). Применение минеральных удобрений на фоне №1 повысило урожайность на 12-89%. Самыми отзывчивыми при этом были вико-овес и ячмень с подсевом трав. Достоверную прибавку урожая обеспечивало внедрение органо-минеральной системы удобрений. Урожайность семян льна-долгунца на этом варианте в 2,2 раза, а зерна яровой пшеницы – в 2,3 раза превысила контроль. Исследования на фоне №2 показали аналогичные результаты. Статистически доказанная разница была получена на всех системах удобрений при выращивании вико-овса, льна-долгунца, ячменя с подсевом трав.

Анализ продуктивности сельскохозяйственных культур (табл.4) показал существенную эффективность применяемых в опыте систем удобрений. В среднем за ротацию полевого севооборота без применения удобрений обеспечивался сбор 19,1-20,8 ц/га кормовых единиц. Минеральная система удобрений, как и органо-минеральная, являлась высокоэффективной и обеспечивала сбор кормовых единиц 26,3-28,4 ц/га, что на 37-38% выше контроля.

**Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»**

Таблица 3. Продуктивность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте, 2002-2007, ц/га

вариант	2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	Вико-овес		Лен долгунец (семена)		Ячмень + многолетние травы		Многолетние травы 1г.п. (зеленая масса)		Яровая пшеница		Овес	
	У <sup>1</sup>	У <sub>КЕ</sub> <sup>2</sup>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>	У	У <sub>КЕ</sub>
<b>Фон 1</b>												
Контроль	115,3	23,06	2,4	4,0	11,8	13,3	197	39,4	12,5	14,8	15,5	15,5
Минеральная система	217,8	43,56	3,8	6,3	21,9	24,7	222	44,4	23,5	27,7	21,2	21,2
Органическая система	160,0	32,00	5,0	8,3	19,6	22,1	207	41,4	18,5	21,8	18,9	18,9
Органо-минеральная система	169,3	33,86	5,3	8,7	20,9	23,6	229	45,8	28,2	33,3	18,5	18,5
<b>Фон 2</b>												
Контроль	130,5	26,10	2,8	4,6	15,6	17,6	199	39,8	18,9	22,3	14,8	14,8
Минеральная система	199,0	39,80	5,1	8,4	26,5	29,9	231	46,2	29,9	35,3	23,0	23,0
Органическая система	179,3	35,86	5,3	8,7	23,4	26,4	200	40,0	22,7	26,8	21,5	21,5
Органо-минеральная система	191,5	38,30	5,8	9,6	25,6	28,9	232	46,4	28,2	33,3	18,4	18,4
НСР <sub>05</sub> общее	24,7		0,92		3,4		32,4		16,3		8,9	
НСР <sub>05</sub> фактор А (фон)	12,3		0,48		1,7		16,2		8,2		4,4	
НСР <sub>05</sub> фактор В (варианты)	17,5		0,67		2,3		23,0		11,5		6,3	

У<sup>1</sup>- урожайность сельскохозяйственной культуры, У<sub>КЕ</sub><sup>2</sup>- сбор кормовых единиц



Таблица 4. Продуктивность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте, 1996-2007, ц/га

Вариант	Сбор кормовых единиц		В среднем за ротацию	В среднем за год	
	1 ротация	2 ротация		ц/га	+ в % к контролю
Фон 1					
Контроль	118,7	110,0	114,3	19,1	-
Минеральная система	147,2	167,9	157,5	26,3	38
Органическая система	145,0	144,5	144,8	24,1	26
Органо-минеральная система	151,3	163,8	157,5	26,3	38
Фон 2					
Контроль	123,8	125,3	124,5	20,8	-
Минеральная система	158,5	182,6	170,6	28,4	37
Органическая система	153,6	159,3	156,5	26,1	25
Органо-минеральная система	165,6	174,9	170,3	28,4	37

Таким образом, комплексное использование органических и минеральных удобрений повышало урожайность сельскохозяйственных культур полевого севооборота.

Несмотря на положительное влияние минеральных удобрений, более целесообразным считаем применение органо-минеральной системы удобрений. Использование навоза одновременно с минеральными туками позволяет не только повысить урожайность, но и стабилизировать плодородие, сохранять почвенную биоту.

#### Список использованных источников

1. Ненайденко Г.Н., Мазиров М.А. Плодородие и эффективное применение удобрений в агроценозах Верхневолжья. – Владимир. – 2002. – 290 с.
2. Ненайденко Г.Н., Митин И.А. Удобрение, плодородие, урожайность. – Иваново. – 2003. – С. 63–73.
3. Ненайденко Г.Н. Продовольственная независимость региона и потребность в удобрениях. – Иваново: ИГСХА. – 2011. – 424 с.
4. Шрамко Н.В. Воспроизводство плодородия почвы в земледелии Верхневолжья. // Сборник докладов «Научное обеспечение агропромышленного комплекса юга России», 11 часть. – Майкоп, – 2013. – С. 100-107.
5. Козлова Л.М. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации земледелия в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока

Иванова М.В. Влияние систем удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур в  
условиях Костромской области

.....  
*Электронный научно-производственный журнал*  
**«АгроЭкоИнфо»**  
=====

– 2014, № 2 (39). – С. 30-34.

6. Растениеводство: учебник / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков [и др.]; под ред. Г.С. Посыпанова. — М.: ИНФРА-М. – 2018. – 612 с. – (Высшее образование: Бакалавриат).

=====

**Цитирование:**

Иванова М.В. Влияние систем удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях Костромской области // АгроЭкоИнфо. – 2020 №2. -[http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/2/st\\_201.pdf](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/2/st_201.pdf)