

**ФГБНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
ФГБНУ Якутский НИИСХ**

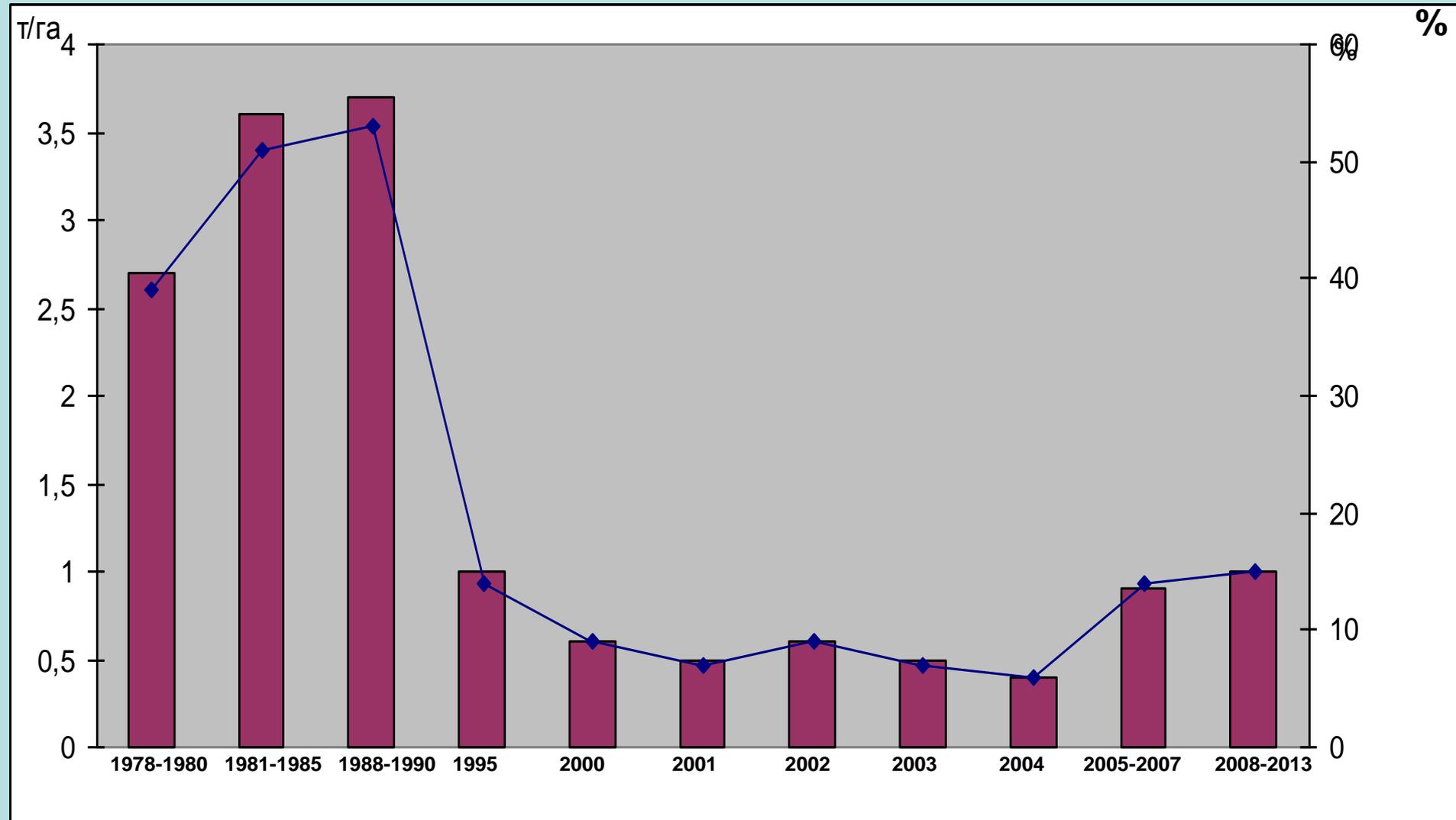
**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ**

Г.Е. Мерзлая, А.И. Степанов

Обеспеченность органическими удобрениями

- При расчетной потребности органических удобрений **6,5 т/га** пашни, в 80-е годы вносили **3,6-3,7 т/га**, т.е. не более 51-53%.
- В последующем обеспеченность пашни органическими удобрениями резко падала, и в настоящее время она не превышает 50 млн. т, или **0,5-0,9 т/га**, что составляет около 10-15% потребности.

Внесение органических удобрений на 1 га пашни (в т) - столбцы и обеспеченность ими пашни (в %) - линия



В этих условиях необходим

Комплекс мер по совершенствованию технологий производства и применения органических удобрений, в т.ч.

по оптимизации

- доз и сочетаний их с минеральными удобрениями,***
- сроков и способов внесения;***

по более полному вовлечению в хозяйственно - биологический круговорот местных источников органических веществ,

на что указывал в свое время академик Д.Н. Прянишников.

Согласно парадигме ФАО (2011 г.) об устойчивой интенсификации растениеводства, наряду с использованием в агротехнологиях естественных источников питания растений (*навоз, а также бобовые культуры, способные фиксировать атмосферный азот и др.*), целесообразно разумно применять минеральные удобрения.

Такая направленность в разработке систем удобрения агроценозов необходима для различных природных условий, включая северные районы страны.

В Нечерноземной зоне целесообразность совместного применения органических и минеральных удобрений доказано многими исследованиями, в частности в полевом опыте ВНИИА длительностью свыше 30 лет, который выполняется по факториальной схеме 1/27 (6 x 6 x 6 x 6).

Изучается 4 фактора:

- навоз КРС**
- азотные удобрения**
- фосфорные удобрения**
- калийные удобрения**

Каждый из 4 факторов представлен в 6 градациях (0, 1, 2, 3, 4 и 5 единичных доз)

- С единичной дозой навоза, которая составляет в среднем за год

3,2 т/га, внесено:

580 кг органического вещества

14,5 кг N общего

6,6 кг P_2O_5

20,7 кг K_2O

- Единичная доза N, P и K - 25,5 кг/га

Чередование культур в 4-й ротации:

Однолетние травы

Озимая рожь

Ячмень

Многолетние травы 1 г.п.

Многолетние травы 2 г.п.

Яровая пшеница

Овес

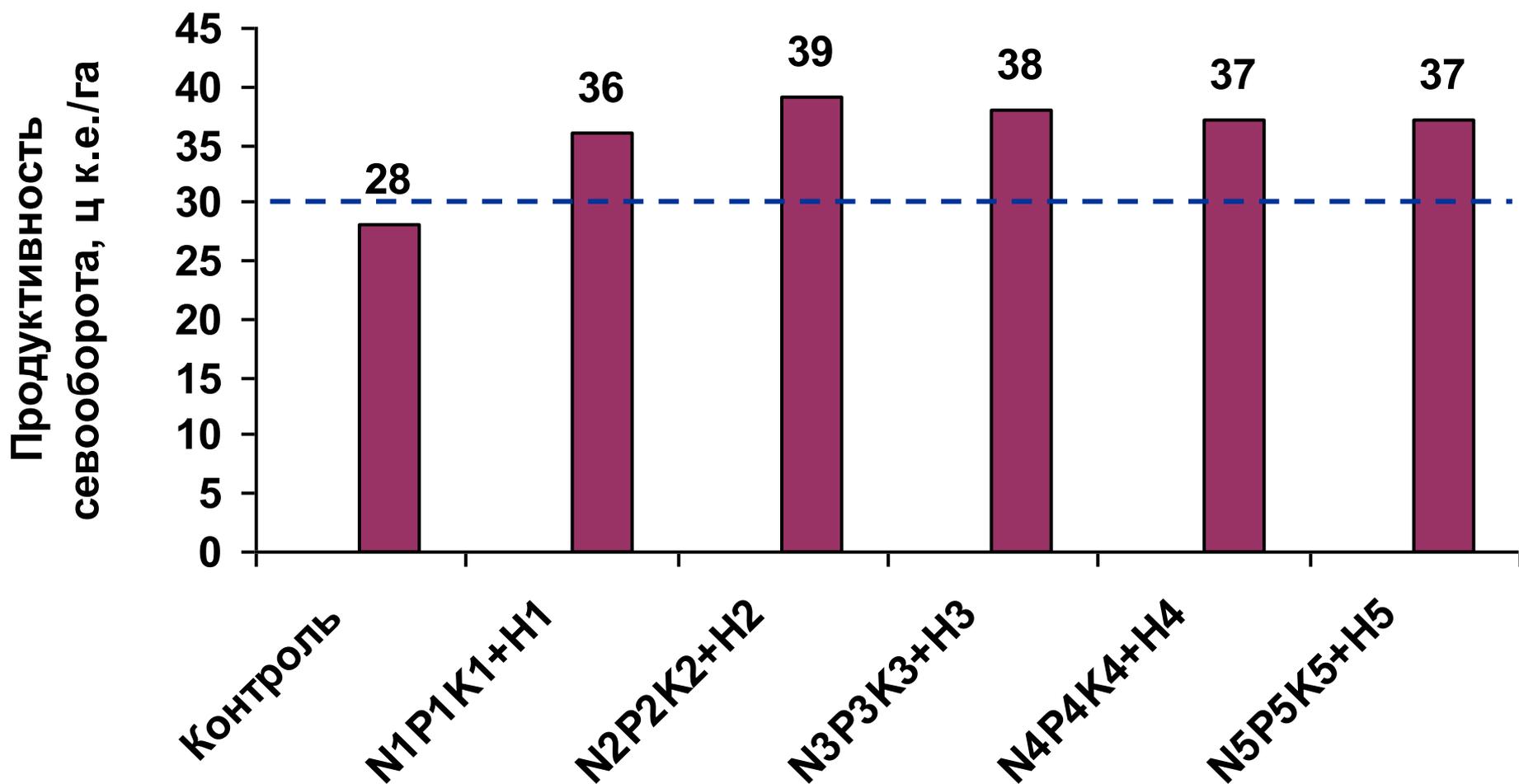
Насыщение зерновыми культурами

- 57%, многолетними травами - 29%

Влияние систем удобрения в действии на продуктивность севооборота

Система удобрения	Показатель	Ротации севооборота				
		1	2	3	4	среднее
Без удобрений	Урожайность, ц к.е./га	34	27	29	21	28
Минеральная	Урожайность, ц к.е./га	40	46	41	33	40
	Прибавка, ц к.е./га	6	19	12	12	12
	Прибавка, %	18	70	41	57	43
Органическая	Урожайность, ц к.е./га	37	34	36	29	34
	Прибавка, ц к.е./га	3	7	7	8	6
	Прибавка, %	9	26	33	38	21
Органоминеральная	Урожайность, ц к.е./га	40	47	33	32	38
	Прибавка, ц к.е./га	6	20	4	11	10
	Прибавка, %	18	74	14	52	36
НСР ₀₅		3,2	12,0	8,9	6,2	5,2

Влияние возрастающих доз удобрений в органоминеральных системах на продуктивность севооборота, в среднем за 30 лет ($HC P_{05}=5,2$ ц к.е.)



Прибавки урожая культур, 5-я ротация севооборота (2009-2014 гг.), %.

(Последствие удобрений)

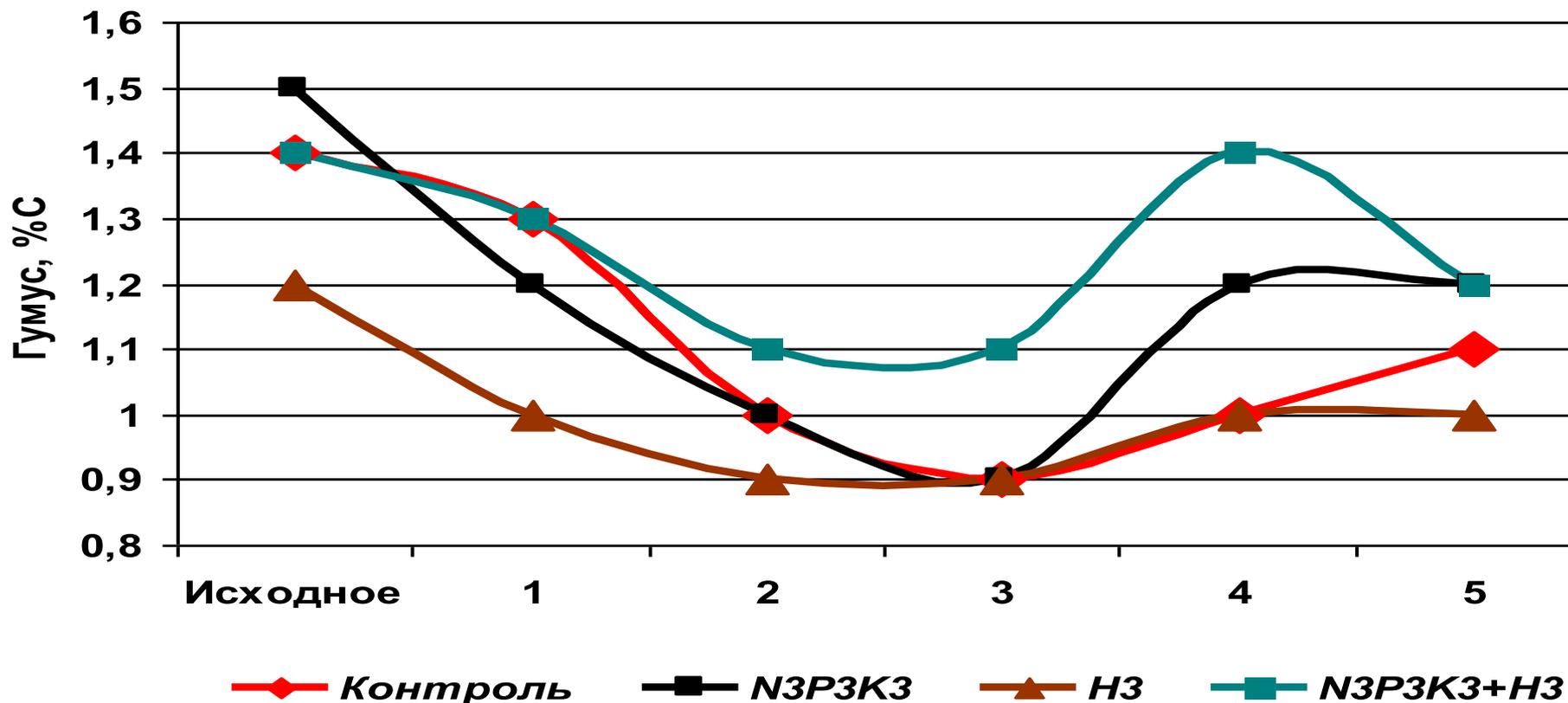
Вариант опыта	Овес на 3/м	Оз. рожь	Ячме нь	Мн. травы 1 г.п.	Мн. травы 2 г.п.	Яр. пшени ца	В ср. за год
Контроль	-	-	-	-	-	-	-
N	39	22	-	-	-	-	9
P	39	13	-	18	60	9	14
K	-	22	8	-	12	9	27
NPK	-	34	8	-	50	9	14
Навоз	-	28	38	29	20	36	23
N1P1K1+навоз 1	39	25	69	61	13	-	32
N2P2K2+навоз 2	48	31	23	19	13	9	32
N3P3K3+навоз 3	52	31	31	-	93	64	18
N4P4K4+навоз 4	57	31	23	33	57	91	41
N5P5K5+навоз 5	61	31	38	80	60	100	54

Продуктивность севооборота в зависимости от доз и сочетаний органических и минеральных удобрений, ц к.е./га

Вариант опыта	Ротации				В среднем за 4 ротации*	5-я ротация (последей ствие)*
	1-я	2-я	3-я	4-я		
Контроль	34	27	29	21	28	22
N	38	31	33	30	33 (18)	24 (9)
P	34	31	29	24	30 (7)	25 (14)
K	33	31	41	28	33 (18)	28 (28)
NPK	40	46	41	33	40 (43)	25 (14)
Навоз	37	34	36	29	34 (21)	27 (23)
N1P1K1+навоз 1	40	38	40	26	36 (29)	29 (31)
N2P2K2+навоз 2	40	43	40	31	39 (39)	29 (33)
N3P3K3+навоз 3	40	47	33	32	38 (36)	27 (22)
N4P4K4+навоз 4	40	45	30	34	37 (32)	31 (42)
N5P5K5+навоз 5	39	45	29	35	37 (32)	34 (57)
НСР ₀₅	3	12	9	6	5	6

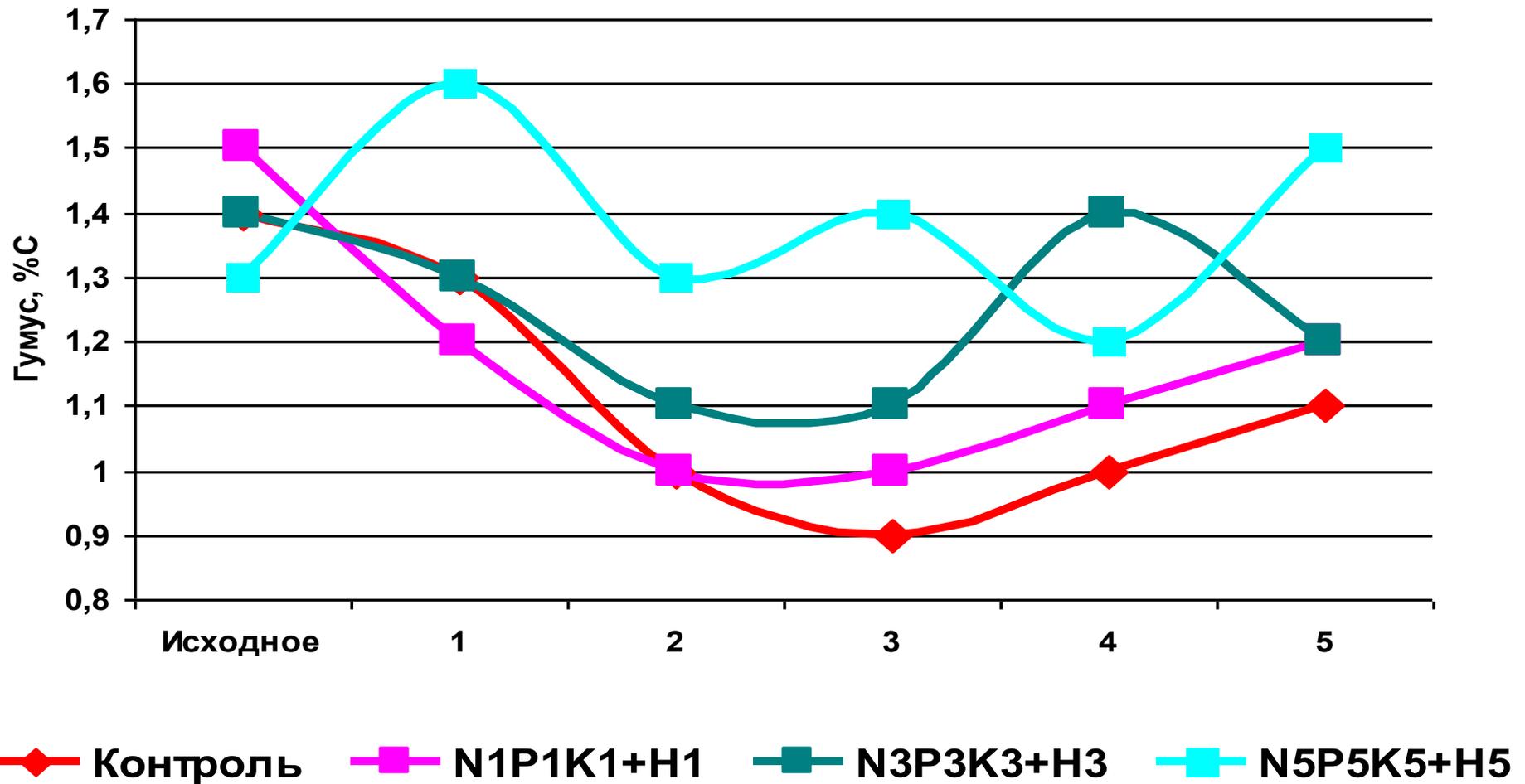
* В скобках приведены прибавки урожая культур к контролю, в %

Динамика гумуса в почве по ротациям севооборота в зависимости от систем удобрения

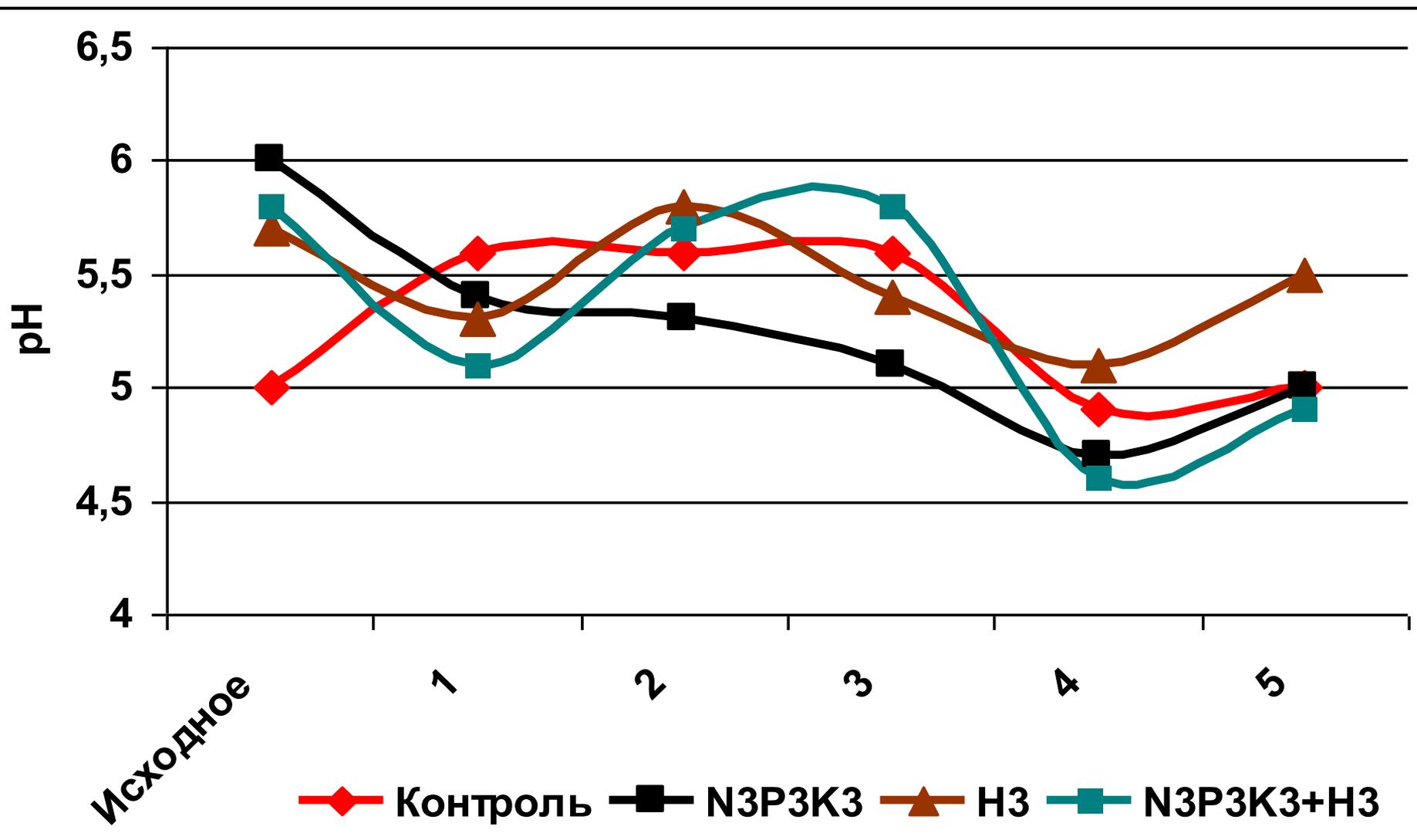


Органоминеральная система удобрения обеспечивала более высокое по сравнению с контролем и другими системами содержание гумуса в почве.

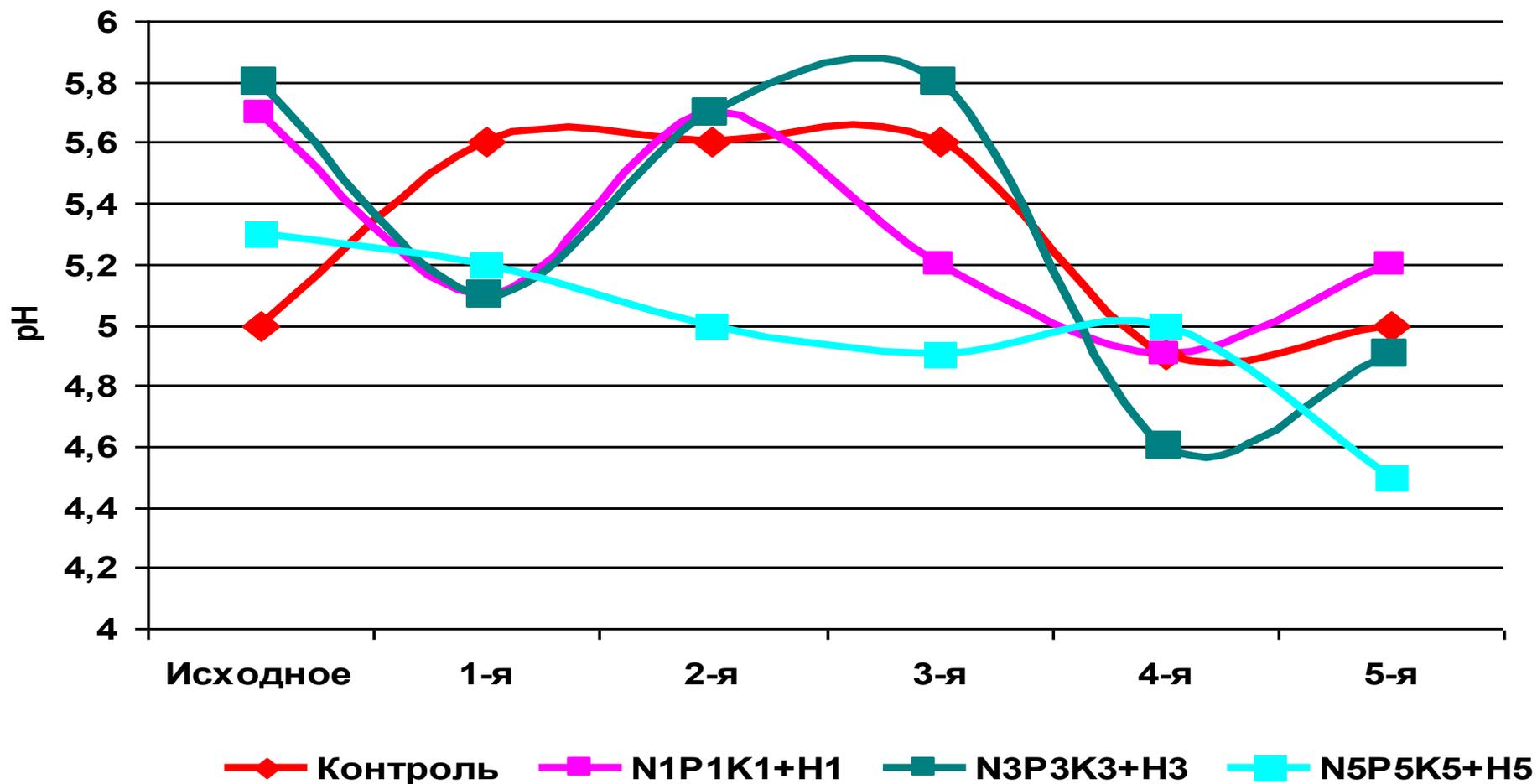
Динамика гумуса в почве по ротациям севооборота при внесении органоминеральных систем удобрения с возрастающими дозами



Динамика pH в почве по ротациям севооборота



Динамика рН в почве по ротациям севооборота при внесении органоминеральных систем удобрения с возрастающими дозами



Эффективность систем удобрения

(по данным полевых опытов)

Регион, удобрение	Длительность опыта, лет	Продуктивность севооборота на контроле, ц з.е.	Прибавка, % к контролю	
			Органическая система	Органо минеральная система
Москов. обл., подстил.навоз	28	22,4	43	108
Смолен.обл., подстил. навоз	30	20,8	24	37
Саратов. обл., подстил. навоз	24	21,1	18	34
Москов. обл., бесподст. навоз	15	33,4	69	96
Белгор. обл., бесподст. навоз	12	43,7	38	48

Работы по эффективности систем удобрения на мерзлотных почвах носят ограниченный характер, в связи с чем были проведены соответствующие исследования.

**Полевой опыт заложен в ОПХ
«Покровское» ФГБНУ Якутский НИИ
сельского хозяйства.**

Картофель Вармас возделывали в звене севооборота:

1. картофель, 2. картофель, 3. кормовые.

Схема полевого опыта факториальная, представляет собой выборку $1/8$ ($4 \times 4 \times 4 \times 4$), содержит 32 варианта.

Изучается 4 фактора - азотное, фосфорное, калийное минеральное удобрение и навоз.

Единичная доза минеральных удобрений - N_{30} , P_{30} и K_{30} , навоза – 20 т/га.

**Площадь опытной деланки 100 м²,
учетная - 50 м².**

Схема посадки клубней 70 x 35 см².

**В качестве органического удобрения
использовали навоз КРС влажностью 65%
с содержанием на сырое вещество
0,56% общего азота,
0,3% фосфора и 0,42% калия,
или с 1 т навоза вносилось 12,8 кг NPK.**

**Почва опытного участка мерзлотно-таежная
палевая переходная, среднесуглинистая,
хорошо окультуренная.**

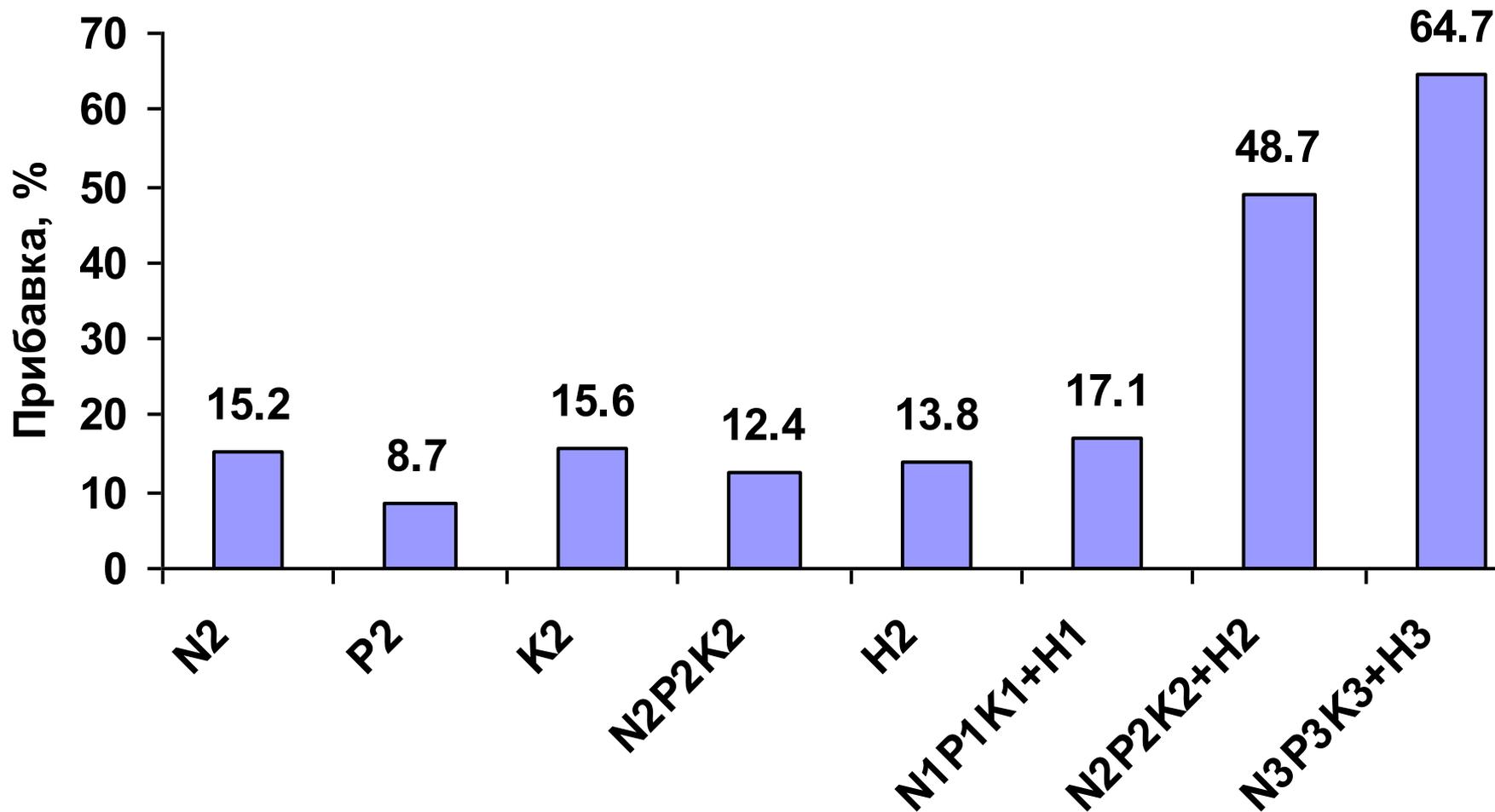
**Картофель возделывали при орошении.
Поливная норма в зависимости от
метеоусловий составляла 300-350 м³/га.**

Результаты исследований за 1997-2000 гг. показали, что внесение навоза и минеральных удобрений при оптимизации их сочетаний и доз явилось важным фактором повышения урожайности картофеля.

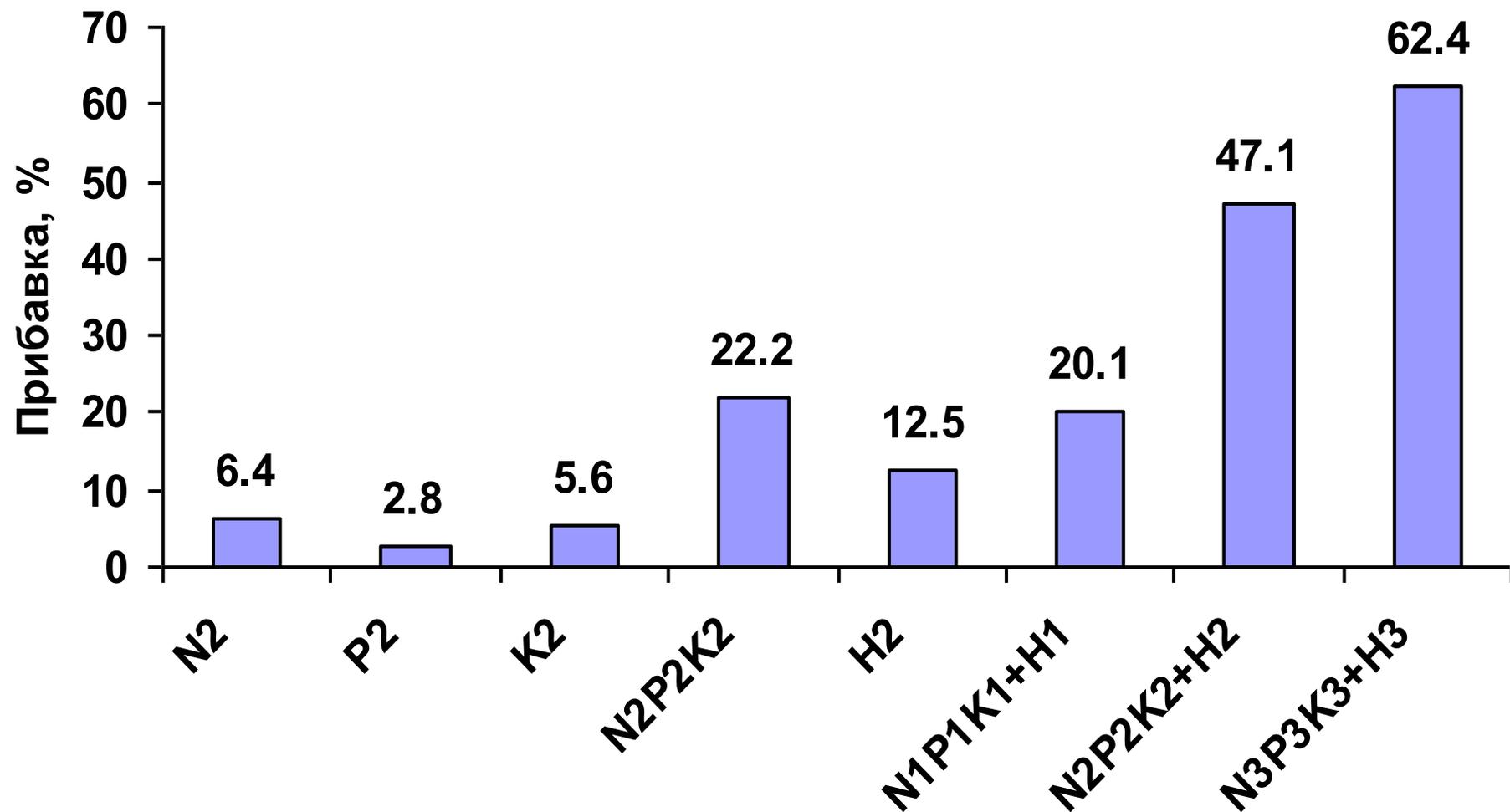
В среднем за 5 лет урожайность клубней выражалась уравнением регрессии

$$Y=122,26+9,56N+2,45P+6,2K^{0,5}+12,48H;$$
$$R=0,97.$$

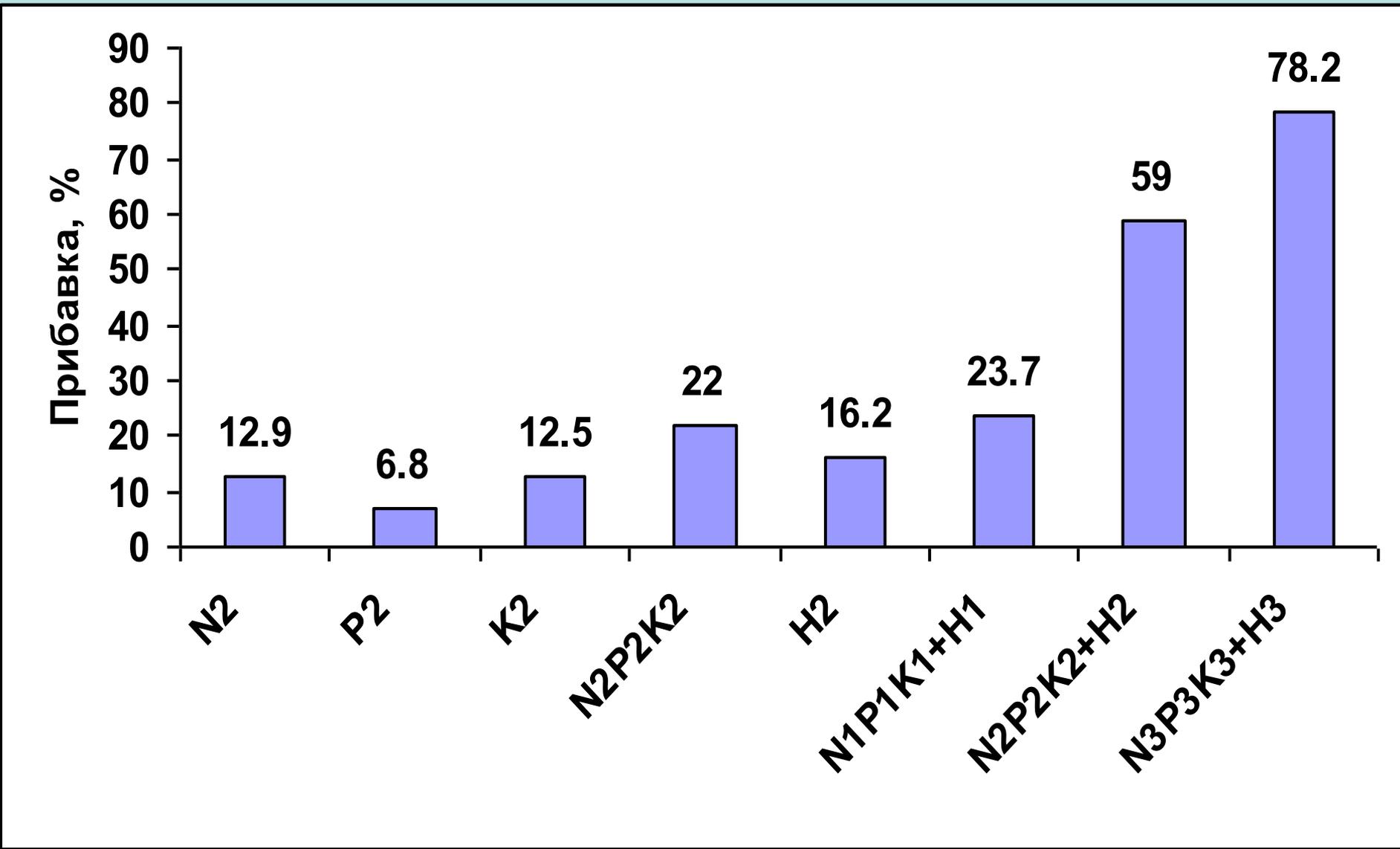
Прибавки урожая картофеля от действия удобрений



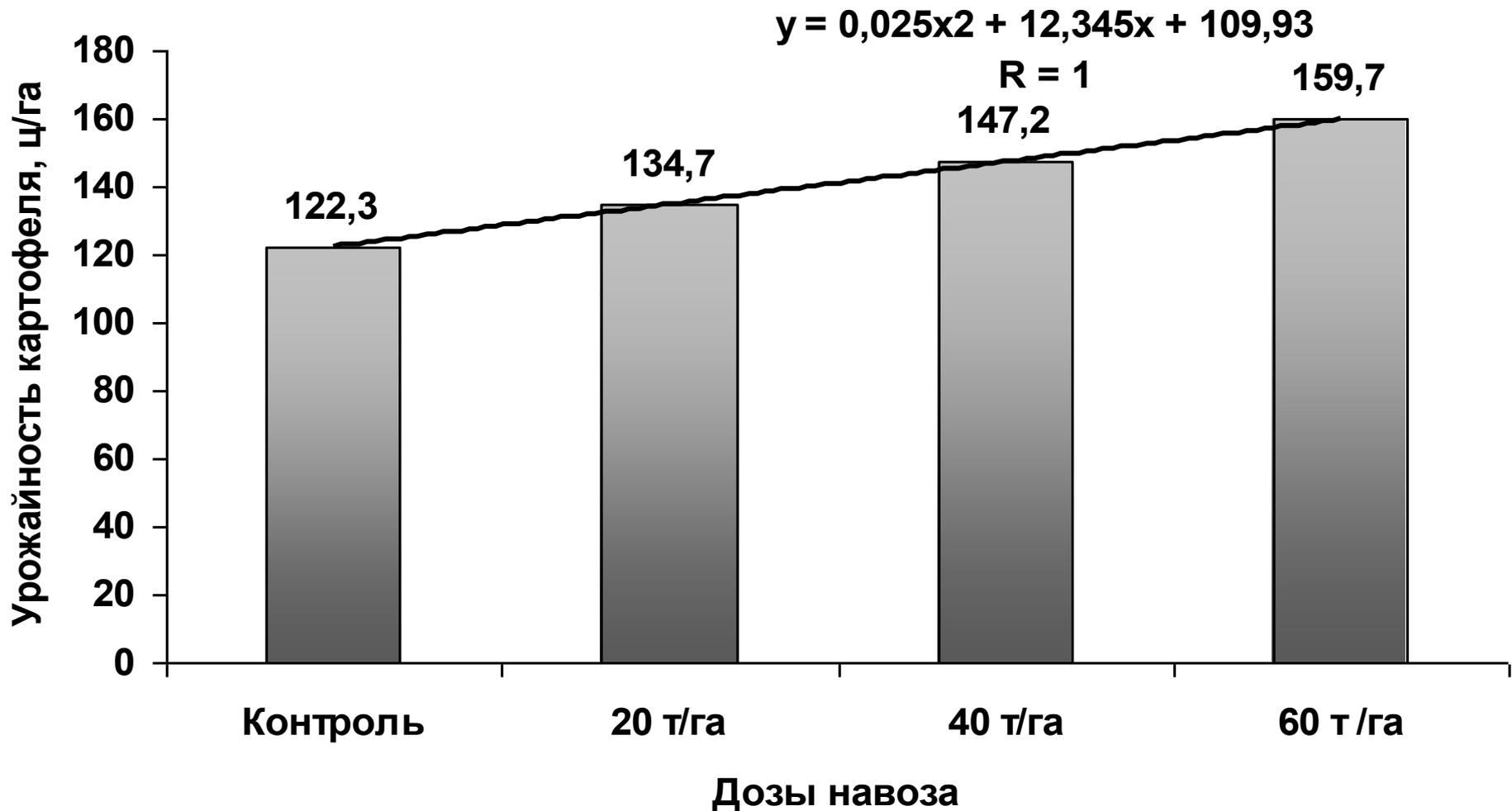
Прибавки урожая картофеля от последствий удобрений



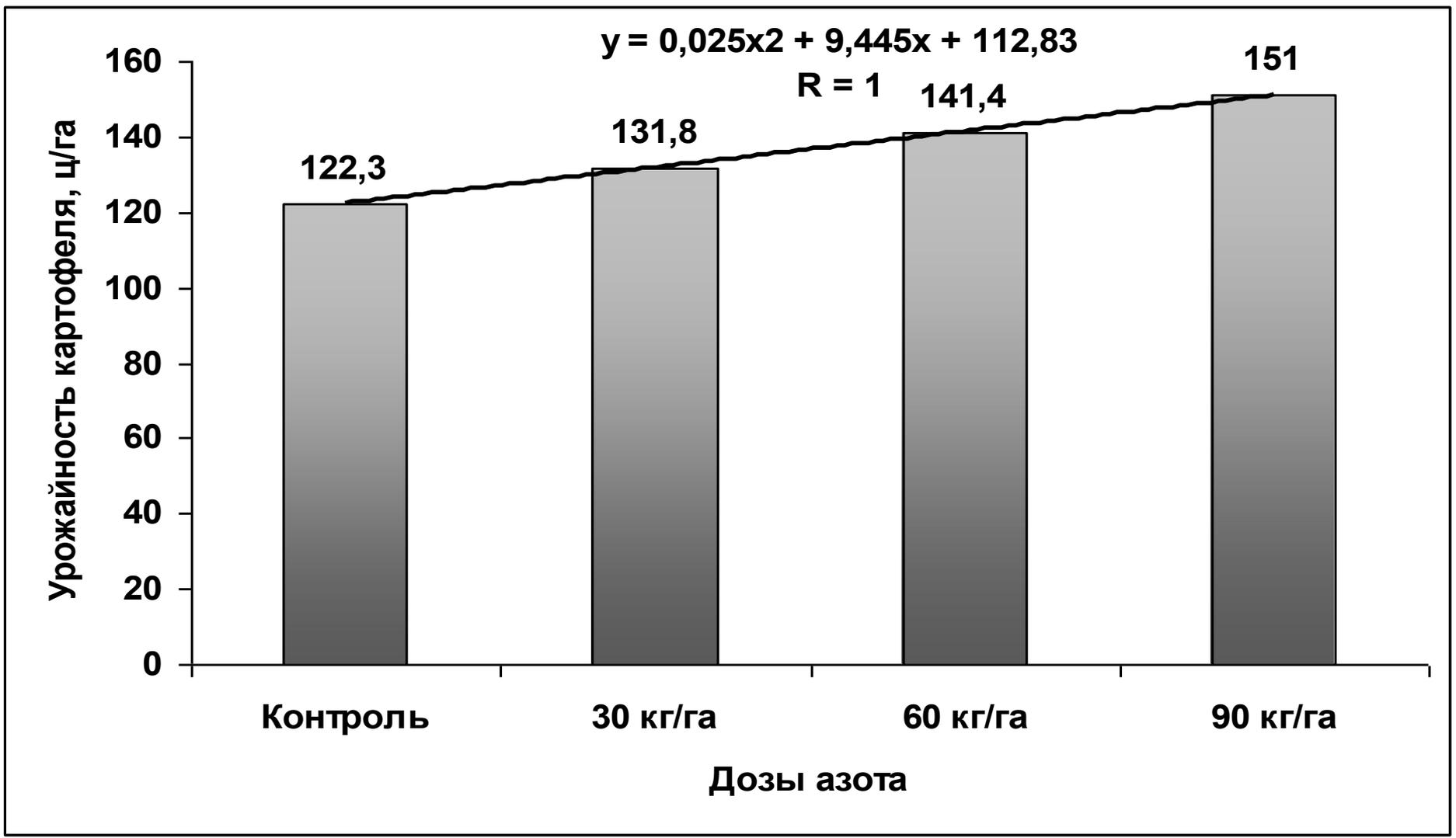
Прибавки урожая картофеля от удобрений, в среднем за 5 лет



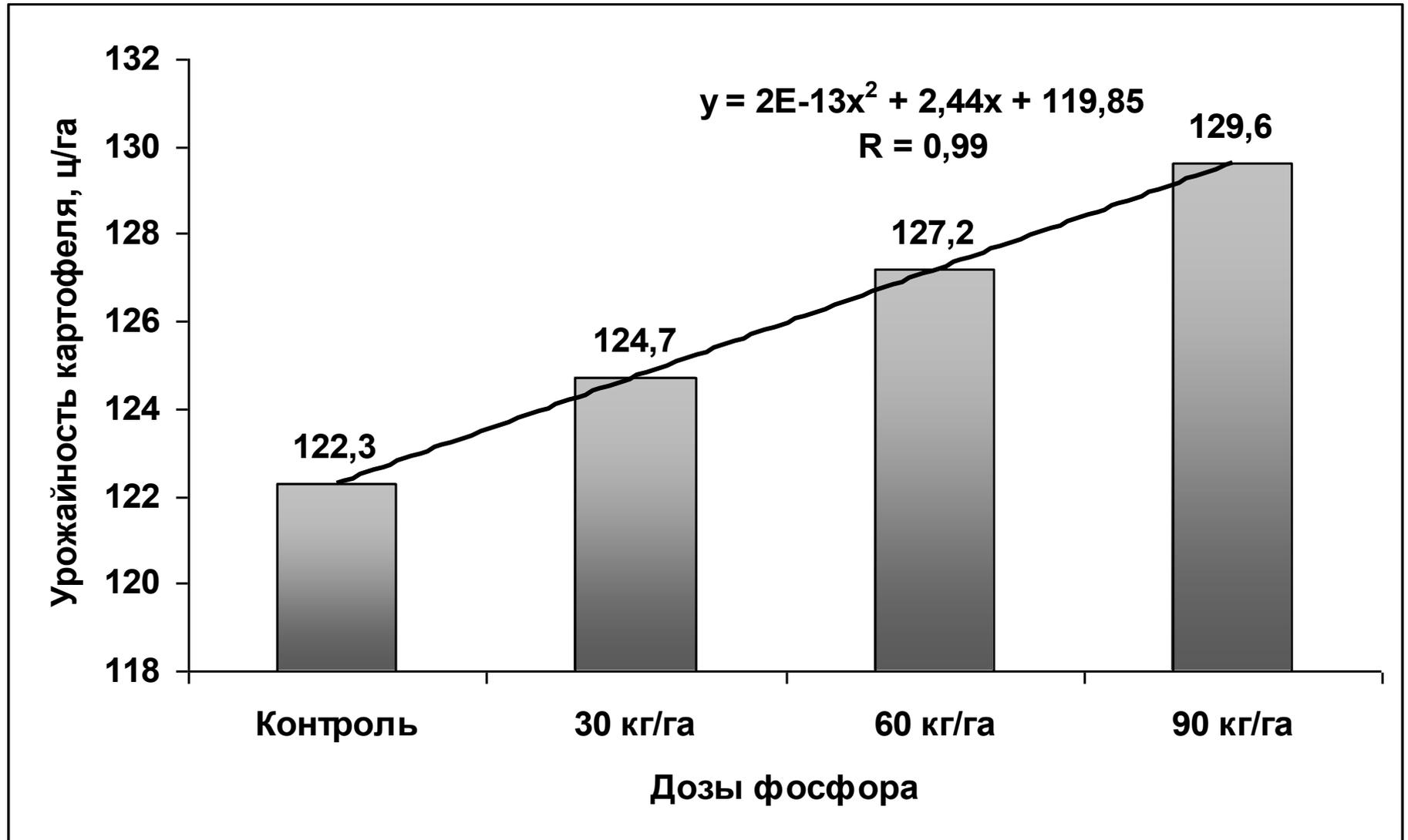
Влияние возрастающих доз навоза на урожайность картофеля



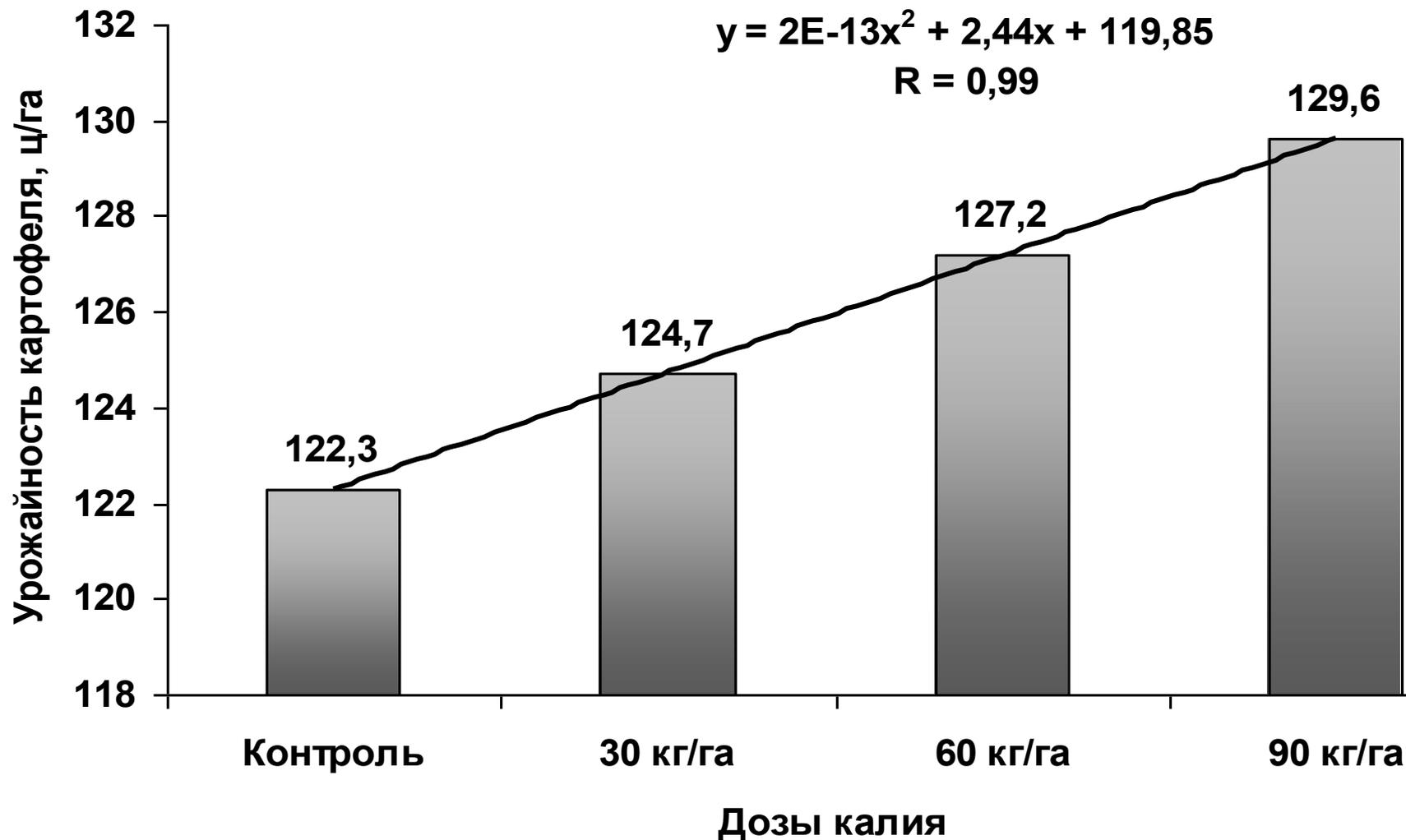
Влияние возрастающих доз азота на урожайность картофеля



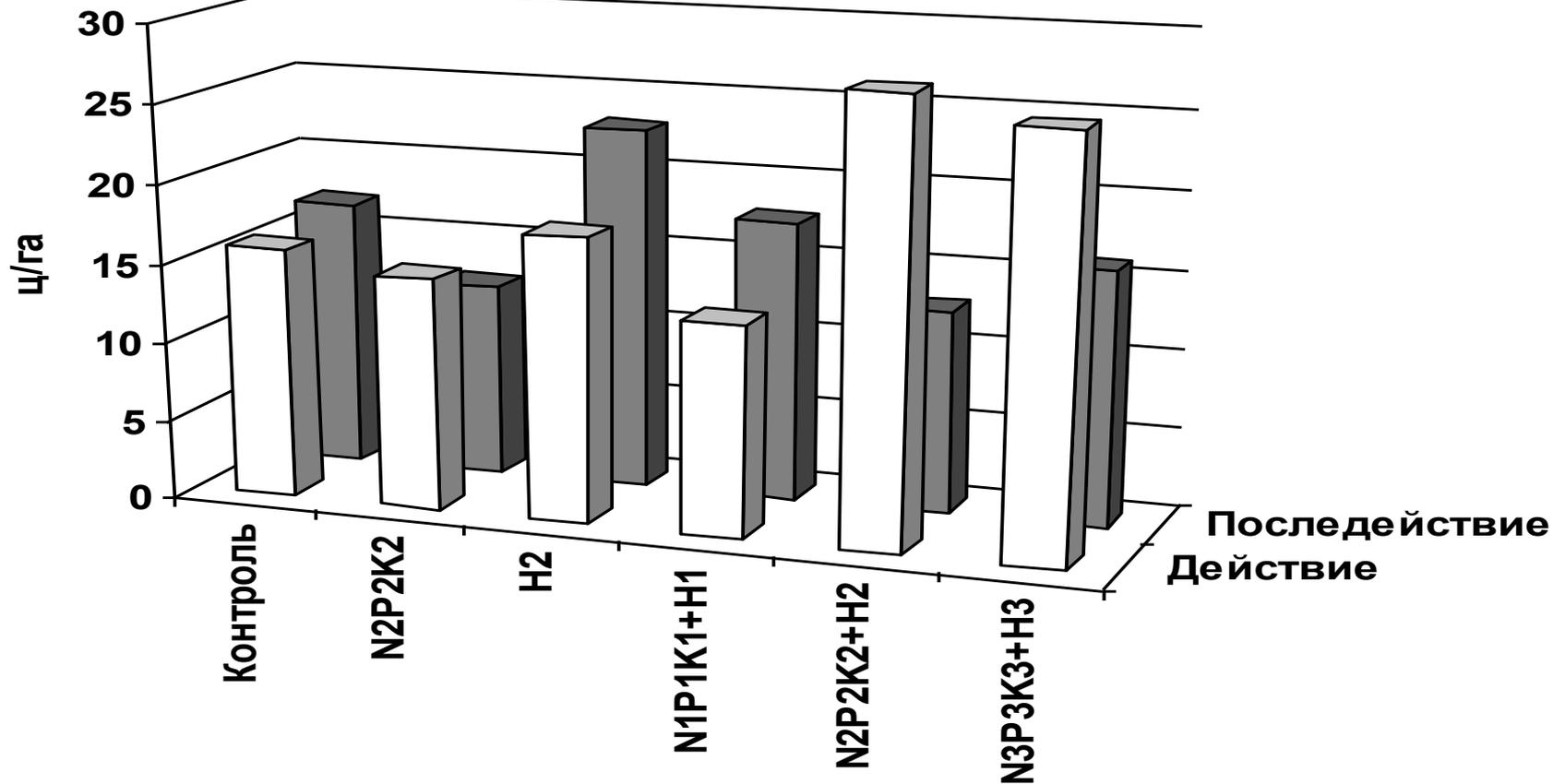
Влияние возрастающих доз фосфора на урожайность картофеля



Влияние возрастающих доз калия на урожайность картофеля



Выход крахмала в зависимости от удобрений



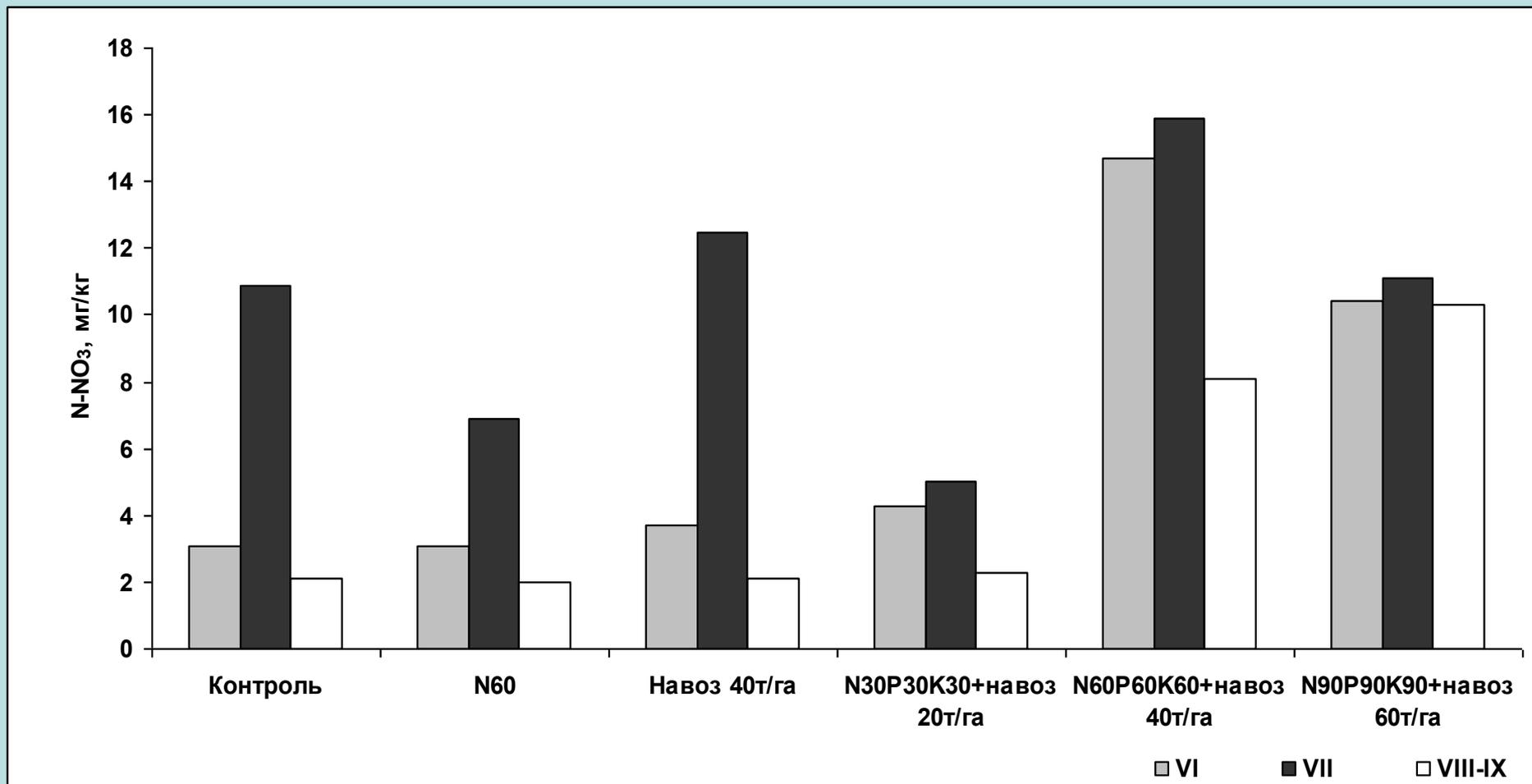
Выход крахмала в год действия удобрений был наибольшим в органоминеральных вариантах с двойными и тройными дозами (2222, 3333), достигая 26-27,7 ц/га.

Исследования показали, что положительное влияние на гумусовое состояние почвы, ее фосфатный и калийный режимы оказывали органоминеральные системы удобрения в умеренных и высоких дозах.

Агрохимические свойства почвы в зависимости от удобрений

Показатель	Код варианта	Вариант	1998 г., действие	1999 г.	2000 г.
Гумус, %	0000	Контроль	2,0	2,2	2,4
	2000	N60	2,0	2,3	2,3
	1111	N30P30K30+20 т/га навоза	1,8	2,0	2,2
	0002	40 т/га навоза	2,0	1,9	2,5
	2222	N60P60K60+40 т/га навоза	2,8	2,4	3,0
	3333	N90P90K90+60 т/га навоза	2,9	2,8	2,8
P ₂ O ₅ , мг/кг	0000	Контроль	113	112	123
	2000	N60	95	94	115
	1111	N30P30K30+20 т/га навоза	106	118	121
	0002	40 т/га навоза	112	127	114
	2222	N60P60K60+40 т/га навоза	125	140	135
	3333	N90P90K90+60 т/га навоза	143	122	142
K ₂ O, мг/кг	0000	Контроль	230	226	247
	2000	N60	226	248	235
	1111	N30P30K30+20 т/га навоза	243	248	235
	0002	40 т/га навоза	233	245	215
	2222	N60P60K60+40 т/га навоза	262	252	260
	3333	N90P90K90+60 т/га навоза	266		261

Влияние навоза и минеральных удобрений на содержание нитратного азота в почве, в среднем за 1998-2000 гг.



Содержание нитратного азота в почве во все сроки определения было более высоким в вариантах органоминеральных систем удобрений. Пик образования нитратов в почве, как правило, приходился, на июль.

Таким образом, в Центральной Якутии в условиях достаточной обеспеченности хозяйств органическими удобрениями на мерзлотной почве под картофель эффективно применять органоминеральную систему удобрения – **N90P30K30 + 60 т/га** навоза, причем N-удобрения в повышенной дозе. При этом с удобрениями в почву вносится 270 кг/га NPK, в том числе 78% в органической форме. Ежегодный сбор качественного картофеля находится на уровне 20 т/га, что на 58% выше контроля.

При низкой обеспеченности хозяйств навозом для получения урожайности 19 т/га клубней и прибавки около 55% рекомендуется вносить под картофель органоминеральную систему - **N90P30K90 + 20 т/га** навоза (при этом азотные и калийные минеральные удобрения следует применять в повышенных дозах, фосфорные и органические - в низкой дозе). Общее количество вносимых питательных веществ в данном случае составляет 210 кг/га NPK, из них 49% - в органической форме.

Новые виды органических удобрений

- В последние годы уделяется внимание новым видам удобрений, в частности гранулированным органическим или органоминеральным удобрениям.
- Компания ООО Биогран выпускает гранулированные удобрения на основе птичьего помета.
- Во ВНИИА была проведена экспериментальная проверка эффективности такого удобрения в условиях фитотрона.
- При этом следует отметить преимущества сухих гранулированных удобрений.
 - В результате резкого снижения влажности становится возможной транспортировка их на дальние расстояния.
 - Кроме того, в процессе переработки в удобрениях уничтожается патогенная микрофлора и другие болезнетворные организмы, а при формировании массы в виде гранул улучшаются ее физические свойства, что позволяет на полях применять машины, предназначенные для внесения минеральных удобрений.

**Машина
для
внесения
гранулированных
удобрений SB5**



Погрузка сухого гранулированного удобрения Биогран для внесения в почву на ЦОС ВНИИА



**Посев яровой пшеницы, ЦОС ВНИИА,
июнь 2015 г.**



**Посев яровой пшеницы, ЦОС ВНИИА,
июнь 2015 г.**



Влияние удобрения Биогран на накопление надземной биомассы огурца Зозуля F1

Варианты опыта	Биомасса, г/сосуд	Прибавка		Отношение надземная биомасса : корни
		г/сосуд	%	
1. Контроль	2,9	-	-	2,4:1
2. Биогран - 1 доза (N100)	9,7	6,8	230	4,7:1
3. Биогран - 2 дозы N200)	10,0	7,1	340	8,5:1
4. Биогран - 3 дозы N300)	12,2	9,3	420	5,6:1
5. Биогран - 4 дозы N400)	14,0	11,1	480	11,4:1
6. Минеральные удобрения 200P200K200	13,2	10,3	350	10,1:1
7. Биогран N100 + минеральные удобрения N100P100K100	13,7	10,8	370	12,2:1
НСР ₀₅ , г/сосуд	3,9			

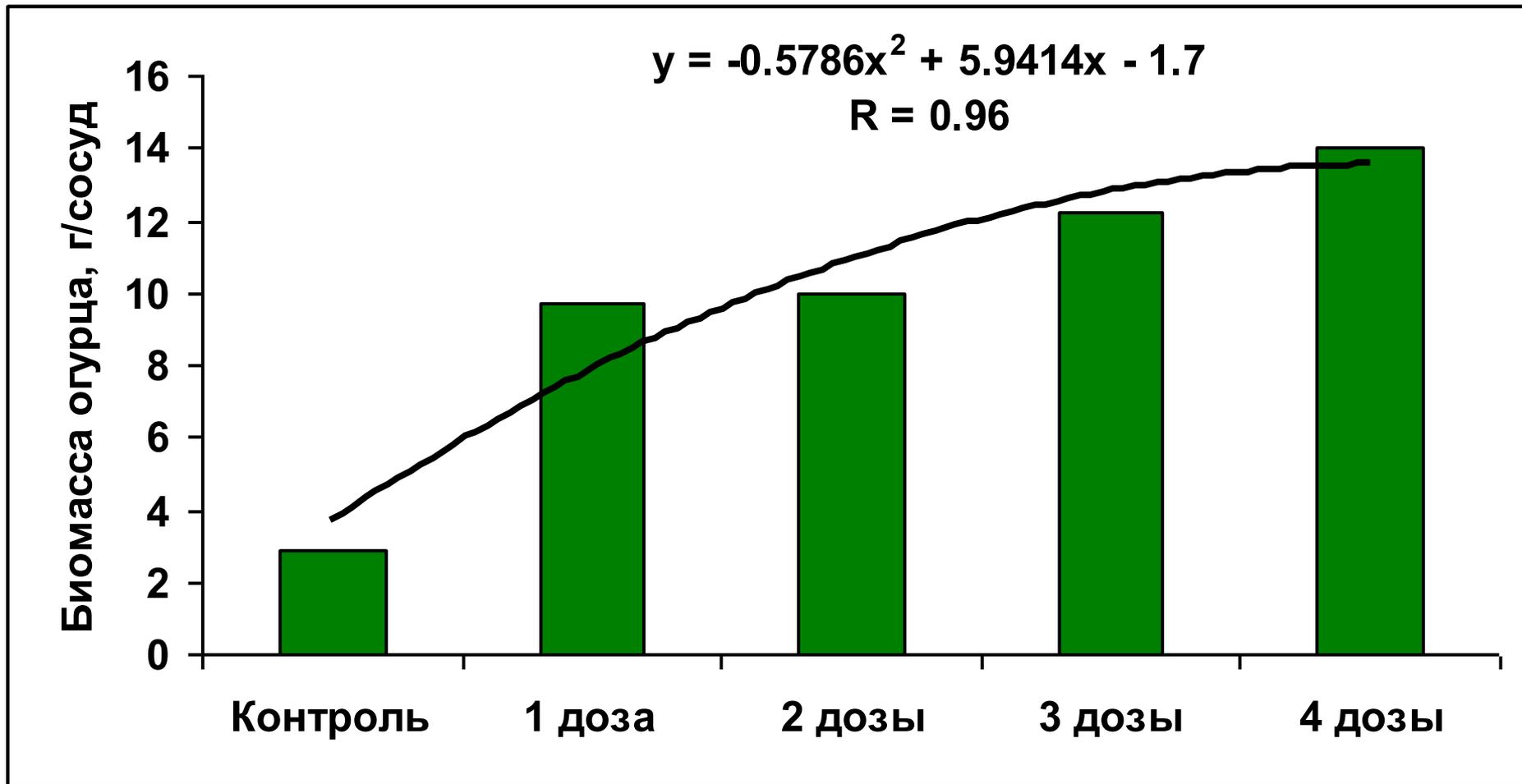
**Вегетационные
опыты
в фитотроне
ВНИИА**



Влияние возрастающих доз Биограна (0, 100, 200, 300, 400 кг/га N) на биомассу растений огурца



Накопление биомассы растений огурца в зависимости от возрастающих доз удобрения Биогран

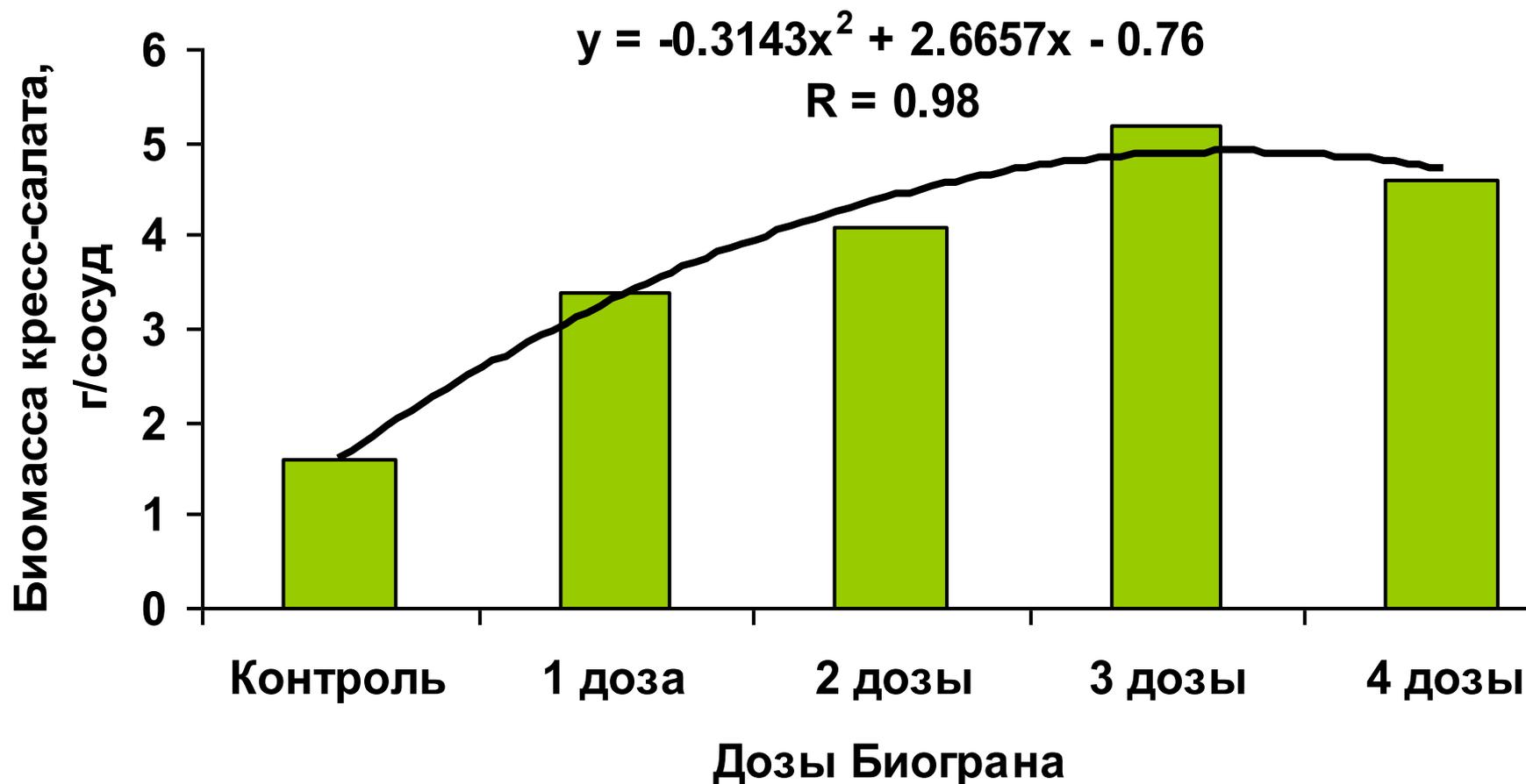


1 доза Биогранна соответствует N100

Влияние удобрения Биогран на накопление надземной биомассы кресс-салата Минутка

Варианты опыта	Биомасса, г/сосуд	Прибавка	
		г/сосуд	%
1. Контроль	1,6	-	-
2. Биогран - 1 доза (N100)	3,4	1,8	112
3. Биогран - 2 дозы N200)	4,1	2,5	156
4. Биогран - 3 дозы N300)	5,2	3,6	225
5. Биогран - 4 дозы N400)	4,6	3,0	187
6. Минеральные удобрения 200P200K200	7,3	5,7	356
7. Биогран N100 + минеральные удобрения N100P100K100	5,7	3,8	237
НСР ₀₅ , г/сосуд	1,7		

Накопление биомассы кресс-салата в зависимости от возрастающих доз удобрения Биогран



Удобрение Биогран, созданное на основе биоферментации и дальнейшей термической обработки птичьего помета, по своему химическому составу отвечает нормативным требованиям ГОСТ Р 53117-3-2008.

**Состав Биогран: 79% органического вещества
3,3% общего азота
3,1% фосфора
2,7% калия.**

В 1 т сухой массы удобрения содержится свыше 90 кг NPK, что позволяет его считать высокоценным в агрономическом отношении.

Установлено, что высокая эффективность удобрения Биогран на дерново-подзолистой суглинистой почве достигается при его применении в дозах по содержанию азота от 100 до 400 кг/га, что соответствует внесению удобрения в дозе от 0,3 до 1,2 кг/м², или от 3 до 12 т/га.

Исходя из данных по накоплению биомассы и содержанию в ней нитратов, рекомендуемая доза удобрения Биогран под кресс-салат составляет в условиях защищенного грунта – 100-200 кг/га азота, или 0,3-0,6 кг/м²(3-6 т/га).

Ежегодно в России

образуется свыше 3,5 млн. т осадков сточных вод (в сухом веществе), утилизация которых представляет серьезную экологическую проблему.

В то же время эти отходы являются значительным резервом питательных веществ, особенно фосфора.

В 1 т сухого осадка содержится до 40-60 кг P_2O_5 и 20 кг N.

При использовании таких отходов на удобрение можно получить дополнительно 210 тыс. т п.в. и

1,7 млн. т органического вещества.

Одним из способов переработки осадков сточных вод является их гранулирование с получением органоминеральных удобрений – ОМУГ.

Значительные работы в этом направлении были выполнены в условиях Северо-Запада РФ. ОМУГ производства ЗАО «Твинг Трейдинг Компани» испытывали в звене севооборота: 1. лен-долгунец, 2. картофель, 3. ячмень.

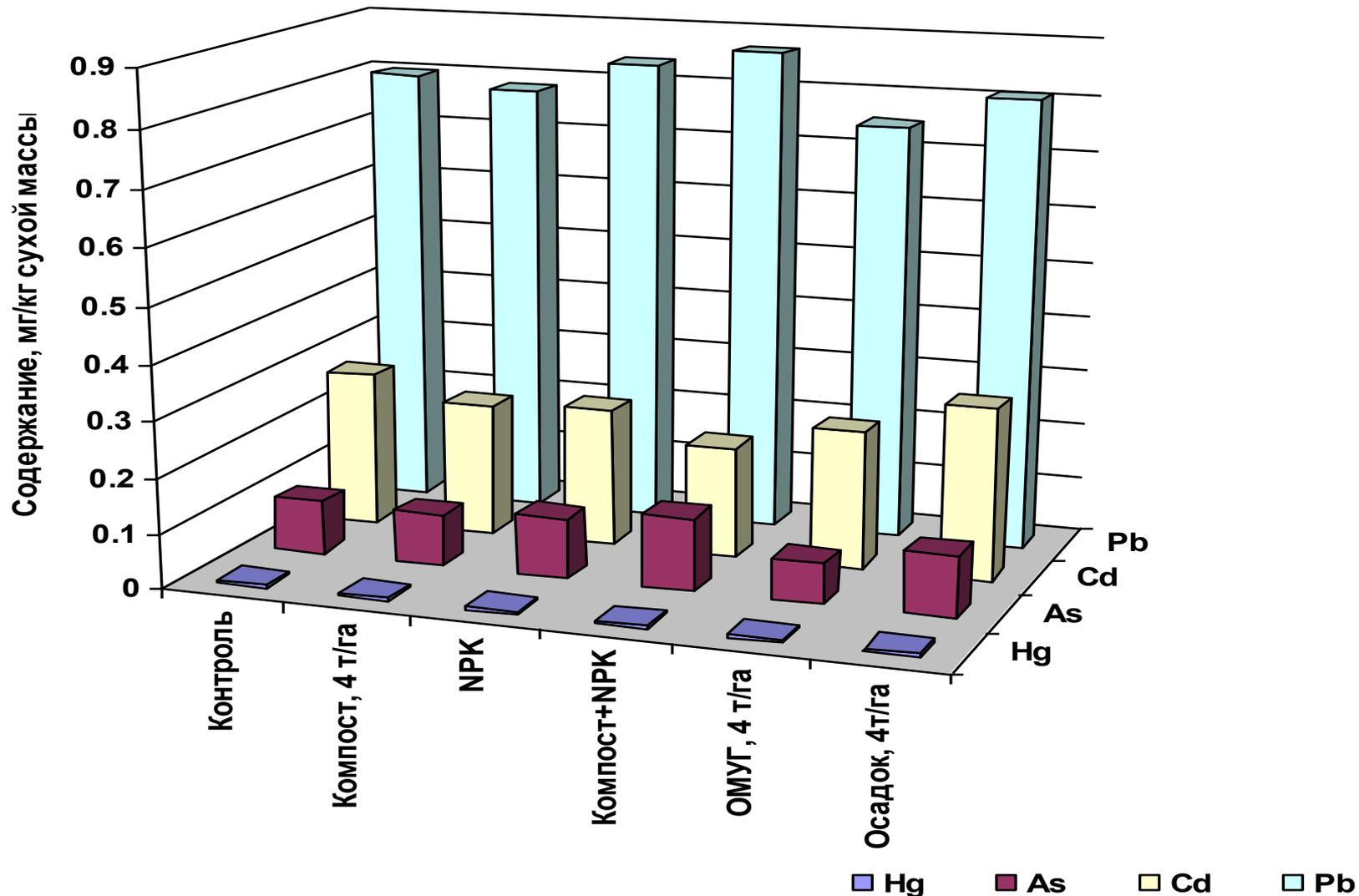
Химический состав удобрений

Показатель	Осадок сточных вод г. Вологды	ОМУГ	Допустимое содержание по ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 для осадков группы	
			I	II
Влажность, %	72,6	20		
pH	6,5-6,6	6,8-6,9	5,5-8,8	
Содержание в сухом веществе:				
Органическое вещество, %	30,1-63,0	28,0-42,6	не менее 20	
Нобщ, %	1,3-2,8	1,8	не менее 0,6	
P ₂ O ₅ , %	0,6-1,6	0,9-3,5	не менее 1,5	
K ₂ O, %	0,4-1,7	2,1-2,3	нн	
Pb, мг/кг	18,6-28,0	6,0-37,5	250	500
Cd, мг/кг	1,4	1,3-2,4	15	30
Ni, мг/кг	14,6-20,4	13,2-31,8	200	400
Cr, мг/кг	36,0-38,0	29,8-46,2	500	1000
Zn, мг/кг	368-406	338-1580	1750	1500
Cu, мг/кг	76-107	27-208	750	1500
Hg, мг/кг	0,32- 0,8	0,26-0,6	7,5	15
As, мг/кг	0,03-0,06	1,06	10	20

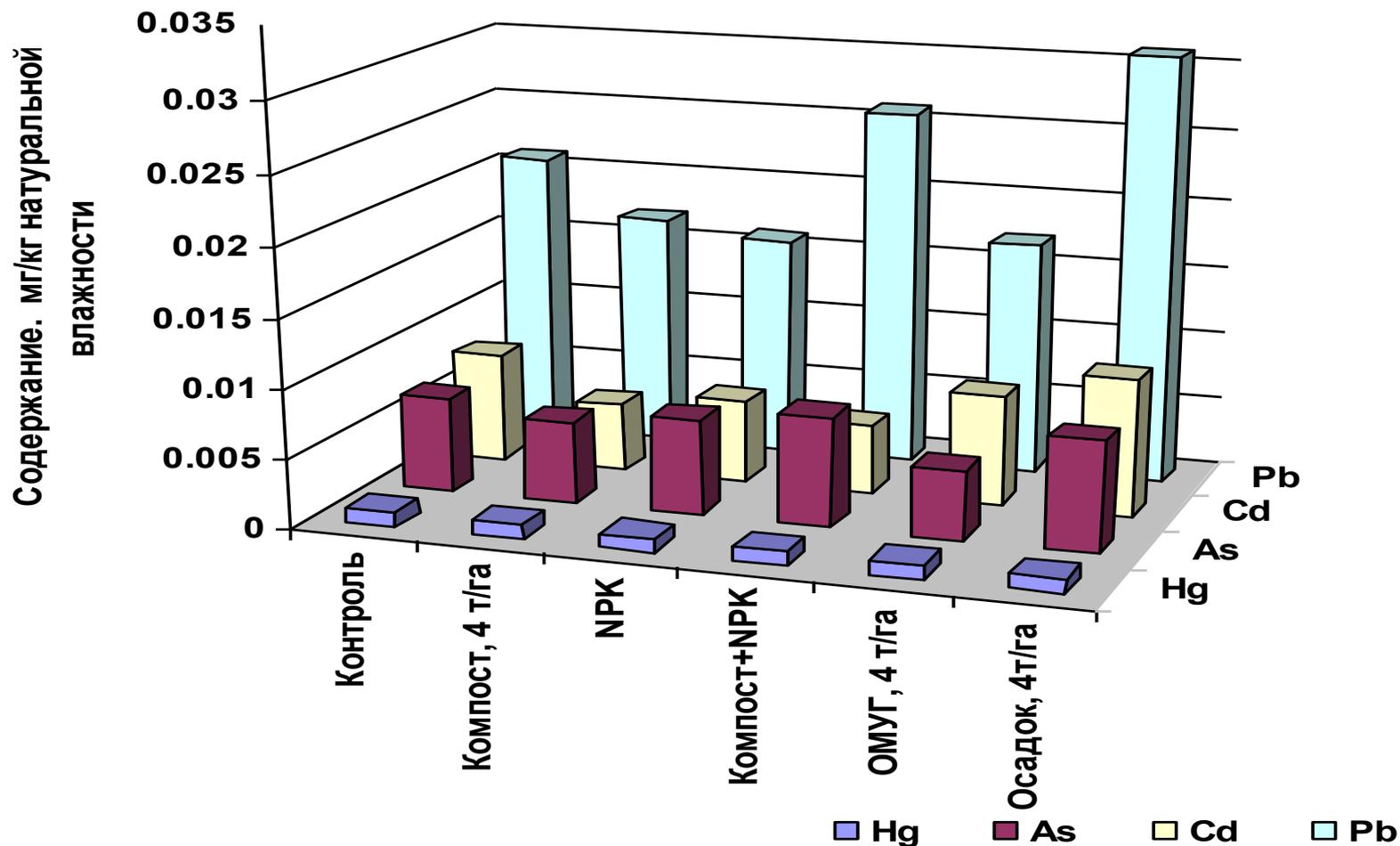
Продуктивность звена севооборота в зависимости от действия и последствия удобрений

Вариант опыта	Урожайность, ц з.ед.			В сумме за звено, ц з.ед.	
	лен-долгунец (семена + солома) (2012 г.)	клубни картофеля (2013 г.)	зерно ячменя (2014г)	урожайность	прибавка
1. Контроль	17,2	50,3	26,9	94,4	-
2. Компост 2 т /га	18,7	54,0	28,6	101,3	6,9 (7%)
3. Компост 4 т /га	21,0	56,0	30,1	107,1	12,7 (13%)
4. Компост 6 т /га	22,7	62,8	31,3	116,8	22,4 (24%)
5. NPK, эквив. варианту 3	20,2	54,0	28,7	102,9	8,5 (9%)
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквив. 2 т/га компоста	20,2	55,0	30,0	105,2	10,8 (11%)
7. ОМУГ - 4 т/га	22,6	64,3	35,6	122,5	28,1 (30%)

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в льносолومه



Содержание тяжелых металлов и мышьяка в клубнях картофеля



ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

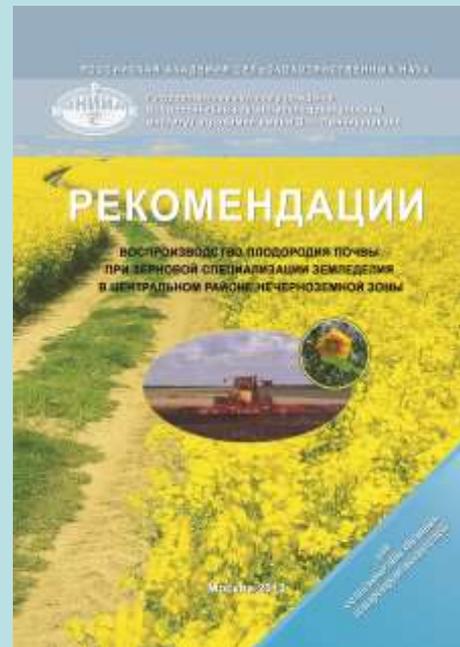
Проведенные исследования показали, что навоз и другие источники органических веществ являются необходимой составляющей систем удобрения в севооборотах.

Органические удобрения обладают длительным последствием (до 10 лет и более), улучшают агрохимические и биологические свойства почвы.

Наибольший эффект достигается при длительном применении органоминеральных систем удобрения, обеспечивающих даже на легких почвах ежегодное получение растительной продукции до 3,5 - 4 т з.е./га и прибавку урожая по отношению к контролю на уровне 40%.

При длительном систематическом применении оптимальные ежегодные дозы органических удобрений в переводе на подстилочный навоз составляют на тяжелосуглинистых почвах 7- 9 т/га, на легкосуглинистых 10 - 15 т/га. При этом дозы минеральных удобрений (NPK) составляют в среднем по 60-90 кг/га в годы действия и по 100-120 кг/га в годы последствия.

Рекомендации



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



Лаборатория агрохимии органических удобрений