

УДК 631.445.25:631.81:633.11

**Семенова Екатерина Александровна**

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ  
В УСЛОВИЯХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

Специальность: 06.01.04 – агрохимия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» Минобрнауки России

**Научный руководитель:** **Афанасьев Рафаил Александрович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Конончук Вадим Витальевич,**  
доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ  
Федеральный исследовательский центр  
«Немчиновка», лаборатория разработки сортовых  
технологий возделывания зернобобовых культур,  
главный научный сотрудник

**Гладышева Ольга Викторовна,**  
кандидат сельскохозяйственных наук, Институт  
семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ  
«Федеральный научный агроинженерный центр  
ВИМ», директор филиала

**Ведущая организация:** Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ «Уральский  
федеральный научно-исследовательский центр»  
Уральского отделения РАН

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г. в \_\_\_ часов на  
заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при ФГБНУ «Всероссийский  
научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»:  
127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский  
научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и на  
сайте: <https://vniia-pr.ru/diss/diss-semenova-02-03-2020.pdf>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании  
диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные  
гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, Москва, ул.  
Прянишникова, 31а ученому секретарю диссертационного совета. E-mail:  
[dissovet\\_vniia@mail.ru](mailto:dissovet_vniia@mail.ru).

**Ученый секретарь**  
**диссертационного совета**

Никитина Любовь Васильевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Важнейшим фактором увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и на серых лесных почвах Среднего Урала, является увеличение использования удобрений (Романов, 1979; Державин, 1992; Яговенко, 1995; Акулов и др., 2000; Калинин, 2002; Лапа, 2002; Зезин и др., 2008; Якименко, 2012; Сычев, 2013; Окорков, 2016).

Однако в течение последних лет основная часть минеральных удобрений, производимых в России, экспортируется из страны, а для нужд отечественного АПК остается лишь 1,9-2,6 млн. т д.в., что составляет всего 10,3-14,4 %. (Державин, 2000; Сычев, 2013; Ненайденко, 2016). Непростая экономическая ситуация в стране в последние десятилетия спровоцировала значительное обеднение посевов сельскохозяйственных культур основными элементами питания.

Яровая мягкая пшеница на Среднем Урале составляет в пищевом рационе примерно 20 % от произведенного зерна. При этом качество продукции, которое лимитируется содержанием белка и клейковины, имеет существенное значение. Два этих показателя определяют классность зерна. По приведенным в ряде публикаций данным (Воробьев, 2014, 2016) сорта яровой пшеницы Уральской селекции способны формировать зерно, пригодное для хлебопечения первого, второго и третьего классов.

Однако в последние годы в Российской Федерации наметилась тенденция к сокращению производства зерна высокого класса (с 50 до 24,5 %) и увеличению доли четвертого (до 43,6 %) и пятого (до 28,6 %) классов из общего урожая 73,3 млн. т. пшеницы (Воробьев, 2015; Самофалова, 2017). В качестве решения данной проблемы селекционеры предлагают использовать новые сорта высокоинтенсивного типа, одним из которых в Уральском регионе является сорт яровой пшеницы Симбирцит. Для реализации его высоких потенциальных возможностей естественного плодородия почвы недостаточно.

В настоящее время самым распространенным и наиболее окупаемым способом повышения качества зерна является внесение минеральных удобрений.

Однако для конкретных условий Свердловской области влияние удобрений на урожайность и качество зерна нового сорта практически не изучено.

**Цель работы** – исследование влияния возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы, выращиваемой на серых лесных почвах Свердловской области.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- определить действие возрастающих доз азотных, фосфорных, калийных удобрений на урожайность яровой пшеницы на серых лесных почвах;
- выявить оптимальные соотношения основных элементов питания в растениях, обеспечивающих высокое качество получаемой продукции;
- определить химический состав растений и вынос питательных веществ единицей урожая пшеницы;
- установить окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая яровой пшеницы;
- дать оценку экономической и энергетической эффективности применяемых под пшеницу удобрений;
- обосновать с научной точки зрения эффективность действия определенных доз минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы;
- на основании полученных результатов дать научно обоснованные рекомендации по применению минеральных удобрений сельхозтоваропроизводителям Свердловской области.

**Научная новизна работы.** На основании проведенных исследований в условиях Среднего Урала впервые изучены особенности формирования урожая зерна нового сорта яровой пшеницы Симбирцит в зависимости от погодных условий и различных доз минеральных удобрений на серой лесной почве; уточнены оптимальные дозы удобрений для получения зерна высокого качества, рассмотрена экономическая эффективность производства яровой пшеницы при применении удобрений.

**Практическая ценность работы.** Возделывание яровой пшеницы с применением минеральных удобрений в оптимальных дозах обеспечивает

получение высокой урожайности с хорошими показателями качества зерна. Это способствует повышению конкурентоспособности зернового хозяйства России в условиях непростой экономической и политической ситуации на мировом рынке.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- влияние минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы (азотных на фоне РК, фосфорных на фоне НК, калийных на фоне НР);
- влияние минеральных удобрений на качество зерна;
- вынос азота, фосфора, калия с основной и побочной продукцией;
- окупаемость, экономическая и энергетическая эффективность изучаемых доз минеральных удобрений под яровую пшеницу на серых лесных почвах Среднего Урала.

**Апробация работы.** Результаты исследований 2015 года были доложены на 50-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Современные проблемы агрохимии в условиях поиска устойчивого функционирования агропромышленного комплекса при техногенных ситуациях», посвященной 75 годовщине создания Географической сети опытов с удобрениями (Москва. 2016). Основные результаты за три года исследовательской работы (2015 – 2017 гг.) представлены в материалах 52-ой Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в сельскохозяйственном производстве» в 2018 г. (г. Москва) и в материалах 53-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Оптимальное питание растений и восстановление плодородия почв в условиях ведения традиционной и органической систем земледелия» в 2019 г. (г. Москва).

**Публикации результатов исследований.** По теме диссертации опубликовано 5 работ, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, предложения производству, списка литературы и приложений. Она

включает 31 таблицу, 25 рисунков, содержит 21 приложение. Список литературы состоит из 220 источников, в том числе 8 – зарубежных авторов.

**Личный вклад автора.** Автор лично проводил полевые опыты и лабораторные исследования, статистически обрабатывал полученные данные. Полученные результаты автор грамотно изложил в данной работе.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору Рафаилу Александровичу Афанасьеву за руководство диссертационной работой, за ценные советы, критические замечания и предложения. Также автор благодарит сотрудников государственного сортоучастка «Богдановичский» за помощь в проведении полевых опытов 2015-2017 гг., а также всех сотрудников ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, которые оказали помощь при написании работы.

### **ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для выявления влияния минеральных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы был заложен кратковременный (2015 – 2017 гг.) полевой опыт на серых лесных почвах Свердловской области. Схема опыта включала 14 вариантов в четырех повторностях.

**Таблица 1. Схема полевого опыта по изучению влияния минеральных удобрений на урожайность и качество пшеницы**

<i>Удобрения</i>	<i>Дозы</i>
Азотные удобрения	Контроль – без удобрений (вариант № 1)
	Фон – $P_{60}K_{60}$ (вариант № 4)
	Одинарная доза азота – $N_{30}P_{60}K_{60}$ (вариант № 5)
	Двойная доза азота – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (вариант № 6)
	Тройная доза азота – $N_{90}P_{60}K_{60}$ (вариант № 7)
	Четырехкратная доза азота – $N_{120}P_{60}K_{60}$ (вариант № 8)
Фосфорные удобрения	Контроль – без удобрений (вариант № 1)
	Фон – $N_{60}K_{60}$ (вариант № 3)

	Одинарная доза фосфора – N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> (вариант № 9)
	Двойная доза фосфора – N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (вариант № 6)
	Тройная доза фосфора – N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> (вариант № 10)
	Четырехкратная доза фосфора – N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub> (вариант № 11)
Калийные удобрения	Контроль – без удобрений (вариант № 1)
	Фон – N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> (вариант № 2)
	Одинарная доза калия – N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> (вариант № 12)
	Двойная доза калия – N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (вариант № 6)
	Тройная доза калия – N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (вариант № 13)
	Четырехкратная доза калия – N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> (вариант № 14)

Исследования проводились на землях государственного сортоучастка «Богдановичский» Богдановичского района Свердловской области на посевах яровой пшеницы (сорт Симбирцит). Общая площадь делянки составляла 30,8 м<sup>2</sup> (14x2,2); учетная площадь – 25,2 м<sup>2</sup> (14x1,8). Во все годы исследований предшественником пшеницы выступал черный пар. Общие работы на опыте проводились по стандартной для Свердловской области технологии.

Агрохимический анализ почвы в слое 0-20 см проводили по следующим методикам:

- рН солевой вытяжки – по ГОСТ 26483-85;
- фосфор и калий – по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011); фосфор – на фотоэлектроколориметре, калий – на пламенном фотометре;
- азот легкогидролизуемый – по МУ по определению щелочногидролизуемого азота в почве по методу Корнфилда, 1985 г.

Образцы зерна и пшеничной соломы анализировали по методикам:

- азот общий – титриметрическим методом (по Кьельдалю) с возможностью последующего пересчета на сырой протеин по ГОСТ 13496.4-93;
- фосфор – фотометрическим методом по ГОСТ 26657-97;
- калий – на пламенном фотометре по ГОСТ 30504-97.

Массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89.

Натуру зерна – по ГОСТ 10840-64, ГОСТ 10840-2017.

Количество и качество клейковины в пшенице – по ГОСТ Р 54478-2001.

Учет урожайности проводился сплошным методом с помощью комбайна «Сампо»; урожай зерна пересчитывали на 14-процентную влажность и 100-процентную чистоту.

Расчет ГТК – по Селянинову.

Статистическая обработка полученных данных выполнена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1979) с использованием компьютерной программы STRAZ.

Экономическая и энергетическая эффективность была определена в соответствии с рекомендациями «Составление проекта на применение удобрений» (Державин, 2000).

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Агрометеорологические условия в годы проведения исследований

Погодные условия 2015 – 2017 гг. представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Агрометеорологические условия 2015 – 2017 гг.**

<i>Сумма осадков, мм</i>						
Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма
2015	82	68	95	101	20	366
2016	10	40	42	36	-	128
2017	32	102	97	75	48	354
Среднее многолетнее	41	64	84	59	49	297
<i>Температура воздуха, °С</i>						
Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
2015	17,4	20,0	16,6	13,7	11,0	15,7
2016	12,6	17,3	19,6	22,1	-	17,9
2017	11,0	16,3	17,6	17,1	11,9	14,8
Среднее многолетнее	11,5	16,8	19,2	16,0	10,4	14,8
<i>Гидротермический коэффициент</i>						
Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
2015	1,6	1,1	1,9	2,5	0,6	1,5
2016	0,3	0,8	0,7	0,5	-	0,6
2017	1,0	2,1	1,8	1,5	1,3	1,5
Среднее многолетнее	1,2	1,3	1,5	1,2	1,6	1,4



По степени увлажненности 2015 и 2017 годы можно охарактеризовать как достаточно увлажненные. Отмечено очень низкое значение ГТК по всем месяцам 2016 года, что свидетельствует о засушливости этого года.

### Агрохимические свойства почвы опытного участка

Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая, перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями в слое почвы 0-20 см (таблица 3).

**Таблица 3. Агрохимические показатели почвы**

Вариант	N <sub>л/г</sub> , мг/кг			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	36	54	101	200	180	146
Фон P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	39	50	120	203	179	277
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	42	50	123	178	140	170
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>60</sub>	39	48	115	164	260	261
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>90</sub>	36	42	115	218	245	279
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>120</sub>	45	42	104	273	192	229
Вариант	N <sub>л/г</sub> , мг/кг			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	36	54	101	200	180	146
Фон N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	42	45	115	198	198	156
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	34	73	118	99	159	224
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	39	48	115	164	260	261
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	36	48	112	132	181	249
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	31	53	119	104	191	304
Вариант	N <sub>л/г</sub> , мг/кг			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	36	54	101	200	180	146
Фон N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	45	50	104	235	228	305
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>30</sub>	34	78	109	141	206	248
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>60</sub>	39	48	115	164	260	261
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>90</sub>	42	56	118	132	209	247
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>120</sub>	45	56	123	92	193	293
Вариант	K <sub>2</sub> O, мг/кг			pH <sub>KCl</sub>		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	113	128	141	5,2	4,8	5,0
Фон P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	120	148	164	5,3	4,7	5,2
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	118	149	148	5,3	4,7	5,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>60</sub>	155	137	161	5,4	4,8	5,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>90</sub>	118	120	199	5,2	4,8	5,0

$P_{60}K_{60} + N_{120}$	113	115	165	5,2	4,5	5,3
<b>Вариант</b>	<b>K<sub>2</sub>O, мг/кг</b>			<b>pH<sub>KCl</sub></b>		
	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>
Контроль	113	128	141	5,2	4,8	5,0
Фон $N_{60}K_{60}$	132	148	138	5,3	4,8	5,1
$N_{60}K_{60} + P_{30}$	114	127	143	5,3	5,7	5,2
$N_{60}K_{60} + P_{60}$	155	137	161	5,4	4,8	5,0
$N_{60}K_{60} + P_{90}$	121	145	164	5,4	4,5	5,0
$N_{60}K_{60} + P_{120}$	115	151	204	5,2	4,4	5,1
<b>Вариант</b>	<b>K<sub>2</sub>O, мг/кг</b>			<b>pH<sub>KCl</sub></b>		
	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>
Контроль	113	128	141	5,2	4,8	5,0
Фон $N_{60}P_{60}$	117	136	226	5,1	4,7	5,0
$N_{60}P_{60} + K_{30}$	132	148	159	5,2	4,8	5,0
$N_{60}P_{60} + K_{60}$	155	137	161	5,4	4,8	5,0
$N_{60}P_{60} + K_{90}$	113	129	157	5,3	4,9	5,0
$N_{60}P_{60} + K_{120}$	111	136	227	5,1	5,1	5,0

**Влияние различных доз азотных, фосфорных, калийных удобрений  
на урожайность и качество зерна яровой пшеницы**

**Таблица 4. Урожайность яровой пшеницы в 2015 – 2017 гг.**

<b>Вариант</b>	<b>Урожайность, ц/га</b>			<b>Прибавки урожайности (азот), %</b>		
	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>
Контроль	20,6	20,6	36,6	-	-	-
Фон $P_{60}K_{60}$	26,6	22,6	43,5	29,1	9,7	18,9
<b>Действие азотных удобрений на фоне <math>P_{60}K_{60}</math></b>						
$P_{60}K_{60} + N_{30}$	27,8	23,6	42,3	4,5	4,4	-
$P_{60}K_{60} + N_{60}$	41,0	23,7	41,7	54,1	4,9	-
$P_{60}K_{60} + N_{90}$	42,7	25,7	40,5	60,5	13,7	-
$P_{60}K_{60} + N_{120}$	45,2	26,6	38,8	69,9	17,7	-
<b>Вариант</b>	<b>Урожайность, ц/га</b>			<b>Прибавки урожайности (фосфор), %</b>		
	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>
Контроль	20,6	20,6	36,6	-	-	-

Фон N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	29,9	23,9	38,6	45,1	16,0	5,5
Действие фосфорных удобрений на фоне N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>						
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	32,9	26,4	39,8	10,0	10,5	3,1
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	41,0	23,7	41,7	37,1	-	8,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	42,8	26,1	41,5	43,1	9,2	7,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	40,5	25,8	40,8	35,5	8,0	5,7
<b>Вариант</b>	<b>Урожайность, ц/га</b>			<b>Прибавки урожайности (калий), %</b>		
	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017 год</b>	<b>2015 год</b>	<b>2016 год</b>	<b>2017год</b>
Контроль	20,6	20,6	36,6	-	-	-
Фон N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	34,7	23,4	39,6	68,4	13,6	8,2
Действие калийных удобрений на фоне N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>						
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>30</sub>	33,6	25,2	38,3	-	7,7	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>60</sub>	41,0	23,7	41,7	18,2	1,3	5,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>90</sub>	37,5	23,1	38,3	8,1	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>120</sub>	37,1	22,7	41,8	6,9	-	5,6

НСР<sub>05</sub> = 1,2 (2015 год), НСР<sub>05</sub> = 2,1 (2016 год), НСР<sub>05</sub> = 2,0 (2017 год).

Прибавки урожайности фоновых вариантов рассчитаны по сравнению с контролем, прибавки от азота, фосфора и калия – по сравнению с фоновыми вариантами.

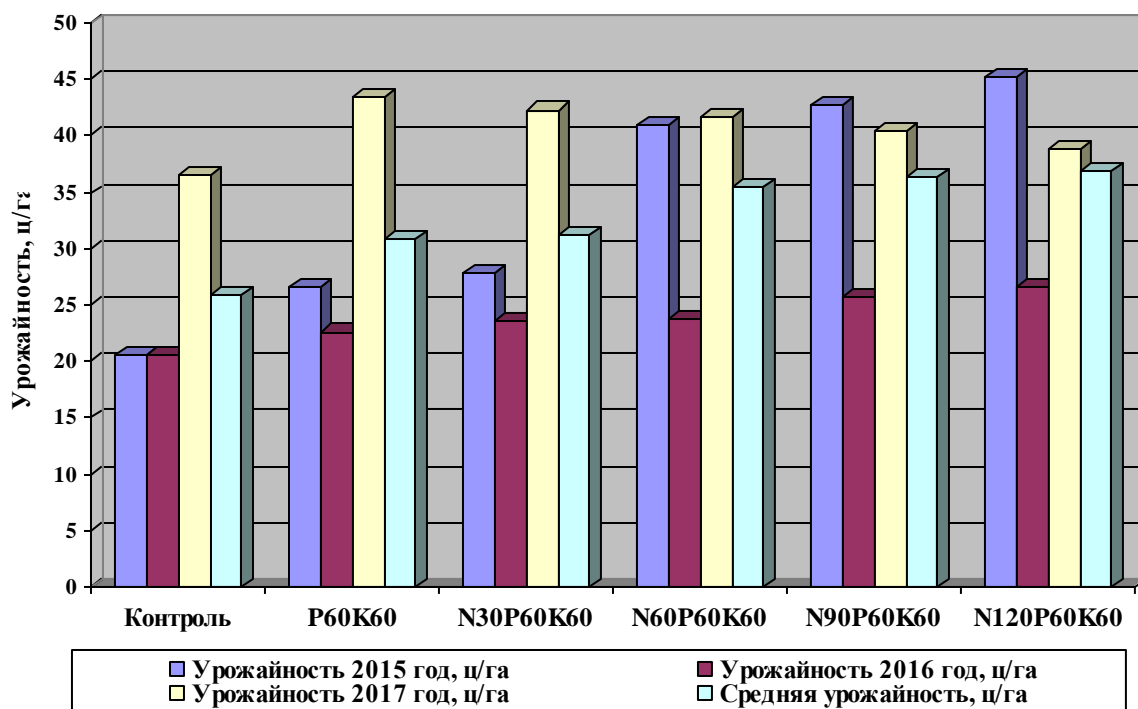


Рисунок 1. Сравнительные данные урожайности яровой пшеницы в зависимости от применения различных доз азотных удобрений на фоне P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>

Применение азотных удобрений при достаточной обеспеченности фосфором и калием (фон P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) за два первых года исследования повысило сбор зерна. Максимальная урожайность всего опыта за оба года исследований наблюдалась для варианта N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

В 2017 году увеличение доз азотных удобрений под яровую пшеницу не привело к ожидаемому повышению урожайности зерна, что объясняется в первую очередь агрохимической характеристикой опытного участка с высоким содержанием азота в почве. В то же время фосфорные и калийные удобрения способствовали прибавкам урожая, но в меньшей степени, чем в предыдущие годы исследований.

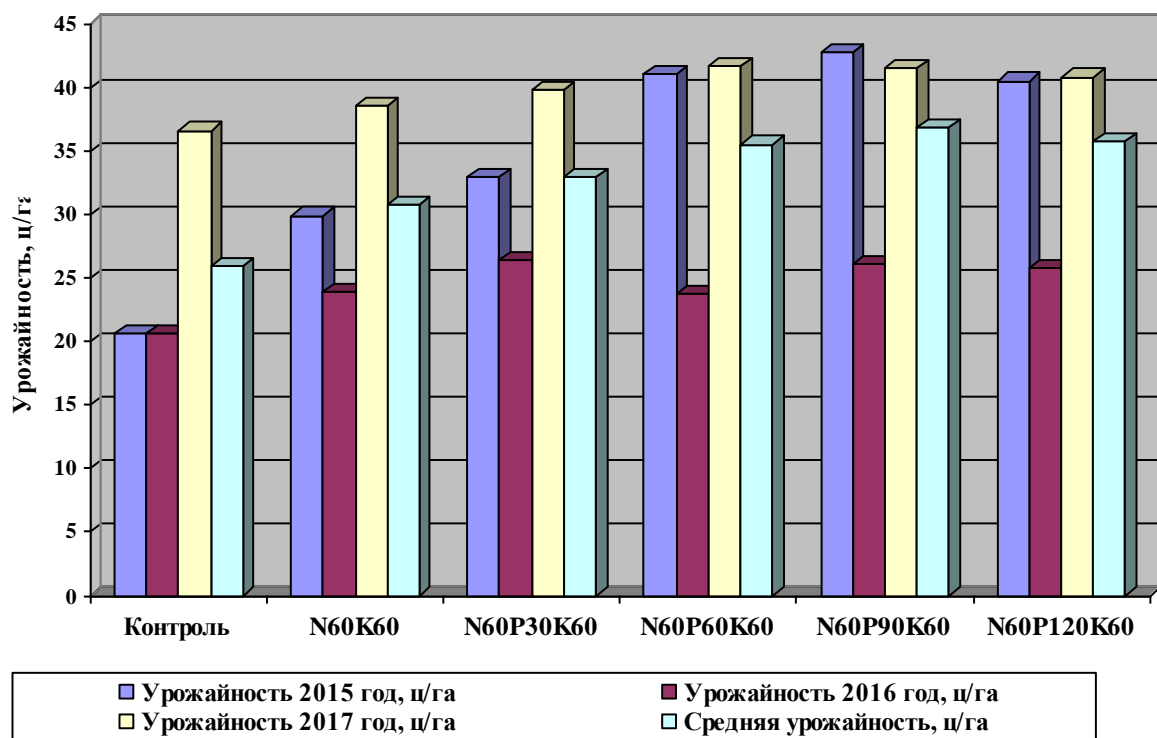


Рисунок 2. Сравнительные данные урожайности яровой пшеницы в зависимости от применения различных доз фосфорных удобрений на фоне N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>

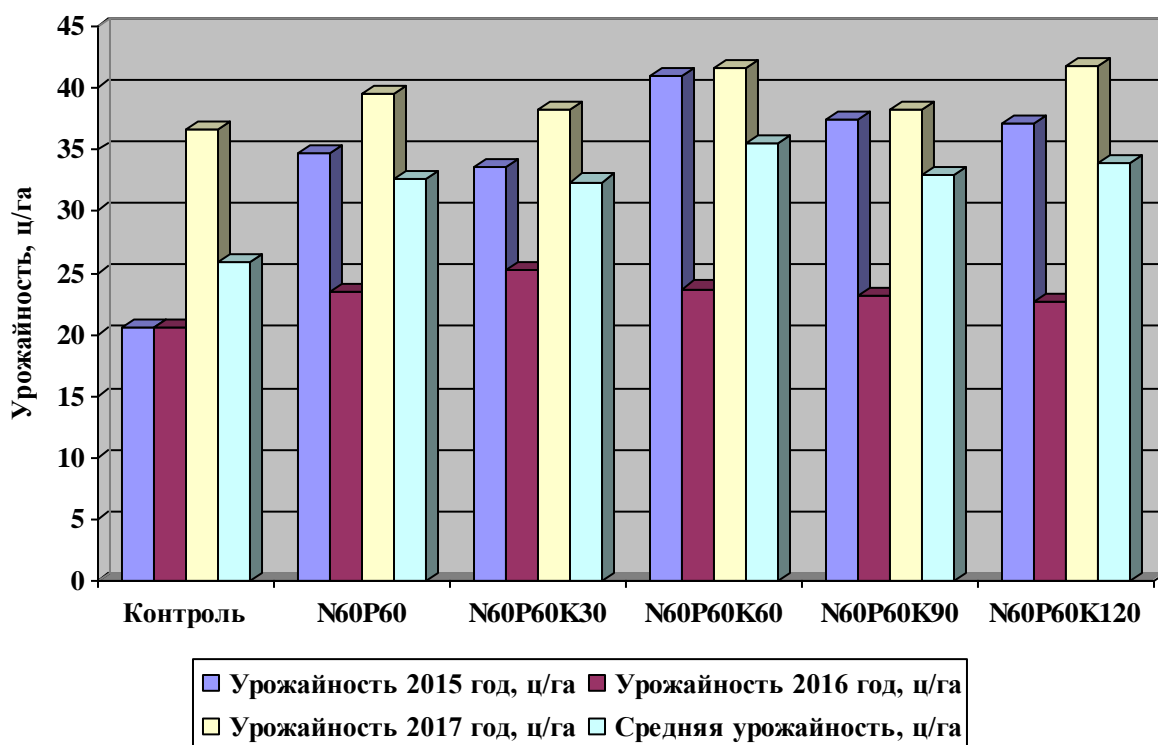


Рисунок 3. Сравнительные данные урожайности яровой пшеницы в зависимости от применения различных доз калийных удобрений на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>

В опыте на серой лесной почве Среднего Урала четко выделяется область 60 – 90 кг/га фосфора, выше которой продуктивность пшеницы не реагирует на внесение фосфорных удобрений. По-видимому, потребность пшеницы в фосфоре ограничивается содержанием данного элемента питания в почве, и на среднем и высоком уровне обеспеченности фосфорные удобрения значительно уступают азотным.

На эффективность калийных удобрений оказывают влияние погодные условия: при оптимальных условиях увлажнения устанавливается тенденция к положительному действию; в засушливый год эффект снижается, а при максимальных дозах калия – не проявляется. Наиболее высокая отдача от применения калийных удобрений наблюдается в составе полного минерального удобрения.

#### **Влияние минеральных удобрений на качество зерна яровой пшеницы**

Содержание белка определяли на основе данных по содержанию общего азота и коэффициента 5,7.

**Таблица 5. Содержание белка в зерне и соломе яровой пшеницы**

Вариант	Белок, % с.в. (зерно)			Белок, % с.в. (солома)		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	10,19	13,18	10,72	2,35	1,94	4,90
Фон P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,81	13,60	10,94	2,18	2,39	4,79
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	11,24	13,45	11,17	2,97	2,35	4,56
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>60</sub>	12,25	13,64	11,86	4,13	2,93	5,13
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>90</sub>	11,52	14,57	12,08	3,43	3,14	5,76
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>120</sub>	12,87	15,75	11,74	4,25	3,80	5,42
НСР <sub>05</sub>	0,102	0,898	0,630	0,285	0,268	0,680

Содержание белка в зерне яровой пшеницы без удобрения (контроль) составило от 10,19 % до 13,18 % в зависимости от внешних условий. Максимальное накопление белка (15,75 %) отмечено в 2016 году на варианте с внесением азота 120 кг/га. Это связано с тем, что период налива и созревания

зерна сопровождался острой и продолжительной засухой (за июль-август выпало в 1,5-2 раза меньше осадков по сравнению с многолетней нормой). Установлено, что повышение белковости под действием неблагоприятных факторов, тормозящих рост и развитие растений, является результатом снижения урожая (в варианте  $N_{120}P_{60}K_{60}$  – 26,6 ц/га). В то же время значительные затраты питательных веществ на развитие большой вегетативной массы и формирование высокого урожая при лучшей водообеспеченности (2015, 2017 годы) привели к снижению содержания белка в зерне до 12,08 – 12,87 % при дозах азота  $N_{90}$  -  $N_{120}$ .

Внесение азотных удобрений способствовало не только росту урожайности зерна, но и увеличению биомассы растений пшеницы и, следовательно, количества питательных веществ, находящихся в соломе. На варианте  $N_{120}P_{60}K_{60}$  в 2015 – 2016 гг. количество азота в соломе яровой пшеницы превысило значения контроля в два раза и составило 0,75 и 0,67 % с.в. В 2017 году на почвах с высоким уровнем плодородия увеличение азота побочной продукции по сравнению с контрольным вариантом происходило не столь отчетливо и колебалось в пределах от 0,80 – 0,90 % с.в. при низких и средних дозах азота до максимальных значений 0,95 – 1,01 % с.в. за все годы исследований при внесении азота 90 – 120 кг/га.

**Таблица 6. Зависимость содержания белка, количества и качества клейковины от доз минеральных удобрений в 2015-2017 гг.**

Вариант	Белок, % с.в.	Количество клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК
Контроль	11,36	24,1	79,3
Фон $P_{60}K_{60}$	11,78	24,6	78,0
$P_{60}K_{60} + N_{30}$	11,95	25,4	73,0
$P_{60}K_{60} + N_{60}$	12,58	26,7	69,6
$P_{60}K_{60} + N_{90}$	12,72	26,9	71,5
$P_{60}K_{60} + N_{120}$	13,45	27,6	70,6
Контроль	11,36	24,1	79,3

Фон N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,05	26,8	75,1
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	12,23	26,7	70,6
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	12,58	26,7	69,6
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	12,42	26,5	68,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	12,76	27,1	69,5
Контроль	11,36	24,1	79,3
Фон N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	11,83	26,6	75,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>30</sub>	12,25	25,5	74,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>60</sub>	12,58	26,7	69,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>90</sub>	12,41	25,3	67,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>120</sub>	12,56	24,8	70,8

Наибольшая масса сырой клейковины получена при использовании минеральных удобрений в дозах N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 27,6 %, N<sub>60</sub>P<sub>120</sub>K<sub>60</sub> – 27,1 %, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 26,7 %. Наилучшая клейковина зафиксирована на варианте N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (31,1 % при ИДК 67,8 ед.) в опыте 2016 г., характеризующимся недостаточным увлажнением в период налива зерна при температуре, превышающей среднемноголетнюю норму. Во влажных условиях 2015 и 2017 гг. создавались хорошие условия для фотосинтеза и притока углеводов, азотистых же соединений для построения клейковинных белков в зерно поступало значительно меньше.

Зерно на неудобренном фоне, а также на вариантах P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> относится ко II группе ИДК – удовлетворительно слабое по качеству глютена. Все удобренные варианты сформировали зерно хорошего качества глютена и I группы ИДК. По содержанию массовой доли сырой клейковины зерно пшеницы соответствовало третьему классу качества во все годы исследований. Третий класс входит в группу «А», а значит, пригоден для производства хлебобулочных изделий.



## **Влияние фосфорных и калийных удобрений на химический состав растений**

Наименьшее содержание фосфора в зерне отмечено в 2017 году. Применение различных доз фосфорных удобрений в засушливом 2016 году практически не увеличивало содержание элемента как в зерне, так и в соломе пшеницы.

Различия в накоплении фосфора по годам объясняются тем, что растения, произрастающие при неодинаковых почвенных условиях, поглощают питательные элементы в различных количествах и соотношениях. На почвах с высоким уровнем азота (2017 год исследований) накопление фосфора незначительно. Максимально действие фосфорного удобрения в 2015 году: внесение максимальной дозы  $P_{120}$  и оптимальной дозы  $P_{60}$  сопровождалось небольшим повышением содержания фосфора в зерне в сравнении с контролем.

Результаты анализа растительных образцов яровой пшеницы показали, что накопление калия в течение ее вегетационного периода в зерне составляло в среднем по опыту 0,42 % с колебаниями по годам и вариантам от 0,30 до 0,53 %. По выносу калия соломой яровой пшеницы все удобренные фоны превышали контрольный вариант, при этом наименьшее превышение наблюдалось в 2016 году, метеорологические условия которого характеризовались недостатком количества осадков за вегетационный период.

Среди изученных в опыте вариантов наиболее высоким содержанием калия в зерне отличался вариант  $N_{60}P_{60}K_{90}$  (от 0,48 до 0,53 %). Для 2016 года характерно равномерное увеличение накопления калия соломой яровой пшеницы с увеличением дозы калия. Однозначной закономерности данного показателя в 2017 году обнаружить не удалось. По всей видимости, высокое почвенное плодородие участка, выбранного для закладки опыта этого года, снизило эффективность высоких доз калийных удобрений. Следует отметить, что по результатам трехлетних исследований не было выявлено прямой корреляционной зависимости урожайности пшеницы от содержания калия в зерне: урожайность максимальна для доз 30 – 60 кг/га калия на фоне  $N_{60}P_{60}$ .

## Вынос и баланс элементов питания

**Таблица 7. Вынос азота, фосфора, калия с урожаем основной и побочной продукции и баланс NPK при возделывании яровой пшеницы**

Вариант	Вынос азота, кг/га			Баланс азота		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	49,2	57,6	106,6	-49,2	-57,6	-106,6
Фон P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	65,2	64,2	114,3	-65,2	-64,2	-114,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	73,9	68,8	106,7	-43,9	-38,8	-76,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>60</sub>	127,7	72,6	112,7	-67,7	-12,6	-52,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>90</sub>	122,9	86,1	119,5	-32,9	+3,9	-29,5
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>120</sub>	151,7	98,9	106,3	-31,7	+21,1	+13,7
Вариант	Вынос фосфора, кг/га			Баланс фосфора		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	9,0	6,4	5,4	-9,0	-6,4	-5,4
Фон N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,8	7,2	5,4	-12,8	-7,2	-5,4
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	16,5	8,3	5,1	+13,5	+21,7	+24,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	21,1	7,6	5,1	+38,9	+52,4	+54,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	20,6	8,9	6,0	+69,4	+81,1	+84,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	20,3	8,6	4,1	+99,7	+111,4	+115,9
Вариант	Вынос калия, кг/га			Баланс калия		
	2015 год	2016 год	2017 год	2015 год	2016 год	2017 год
Контроль	26,2	37,3	33,0	-26,2	-37,3	-33,0
Фон N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	48,2	38,9	38,6	-48,2	-38,9	-38,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>30</sub>	60,3	54,9	49,5	-30,3	-24,9	-19,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>60</sub>	68,7	46,7	38,5	-8,7	+13,3	+21,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>90</sub>	63,7	48,9	50,4	+26,3	+41,1	+39,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>120</sub>	61,2	54,7	32,7	+58,8	+65,3	+87,3

Очевидно, что практически весь внесенный азот расходуется на формирование прибавки урожайности. Фосфорные удобрения вне зависимости от

погодных условий лет исследований способствовали пополнению запасов почвенного фосфора, что объясняется трудноусвояемостью этого элемента и его не востребуемостью при избытке доступного для растений фосфора. Максимальный уровень калийного питания обеспечивает положительный баланс этого элемента в почве. Вынос элементов питания растениями пшеницы в контрольном варианте без их возмещения способствовал формированию отрицательных балансов азота, фосфора, калия.

В среднем за годы исследований сложился отрицательный баланс по азоту (слабоположительный – только для варианта  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ), положительный по фосфору и калию (при дозе калия от 60 кг/га д.в. и выше). Внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  способствовало увеличению выноса как азота, так и фосфора с калием (в 2015 году максимальные значения выноса для всех трех элементов питания на этом варианте).

### **Окупаемость, экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений**

**Таблица 8. Окупаемость минеральных удобрений при внесении под яровую пшеницу, кг зерна/ кг д.в. удобрения**

Вариант	Окупаемость NPK по отношению к контролю				Окупаемость по отношению к фону			
	2015 год	2016 год	2017 год	в среднем	2015 год	2016 год	2017 год	в среднем
Фон $P_{60}K_{60}$	5,0	1,7	5,8	4,2	-	-	-	-
$P_{60}K_{60} + N_{30}$	4,8	2,0	3,8	3,5	4,0	3,3	-	2,4
$P_{60}K_{60} + N_{60}$	11,3	1,7	2,8	5,3	24,0	1,8	-	8,6
$P_{60}K_{60} + N_{90}$	10,5	2,4	1,9	4,9	17,9	3,4	-	7,1
$P_{60}K_{60} + N_{120}$	10,2	2,5	0,9	4,5	15,5	3,3	-	6,3
					<b>Окупаемость <math>P_2O_5</math></b>			

Фон N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,8	2,8	1,7	4,1	-	-	-	-
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	8,2	3,9	2,1	4,7	10,0	8,3	4,0	7,4
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	11,3	1,7	2,8	5,3	18,5	-	5,2	7,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	10,6	2,6	2,3	5,2	14,3	2,4	3,2	6,6
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	8,3	2,2	1,8	4,1	8,8	1,6	1,8	4,1
					<b>Окупаемость K<sub>2</sub>O</b>			
Фон N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	11,8	2,3	2,5	5,5	-	-	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>30</sub>	8,7	3,1	1,1	4,3	-	6,0	-	2,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>60</sub>	11,3	1,7	2,8	5,3	10,5	0,5	3,5	4,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>90</sub>	8,0	1,2	0,8	3,3	3,1	-	-	1,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + K <sub>120</sub>	6,9	0,9	2,2	3,3	2,0	-	1,8	1,3

Установлено, что на серой лесной почве Уральского региона без внесения удобрений можно получить урожайность зерна яровой пшеницы в среднем до 25 – 26 ц/га, а за счет применения минеральных удобрений - до 36 ц/га. Яровая пшеница наиболее отзывчива на азотные удобрения, вносимые в дозах азота до 60 кг/га и более на фоне фосфорных и калийных. Фосфорные удобрения (на фоне азотных и калийных) максимальную эффективность на урожайность яровой пшеницы проявляли в дозах, возрастающих до P<sub>60</sub>, максимум – до P<sub>90</sub>. Но уже при P<sub>120</sub> наблюдалось снижение эффективности фосфорных удобрений. Аналогичную картину можно видеть и по влиянию на урожайность яровой пшеницы калийных удобрений. Однако снижение эффективности применения калийных удобрений проявилось уже при дозе K<sub>90</sub>.

Как показала экономическая оценка действия удобрений, возделывать яровую пшеницу на Среднем Урале выгодно только при определенных почвенных и погодных условиях. При достаточном увлажнении, что наблюдалось в 2015 г., урожайность яровой пшеницы в нескольких вариантах полевого опыта превышало 40 ц/га. При этом условно чистый доход в лучших вариантах исчислялся 12 -14 тыс. руб./га, рентабельность применения удобрений 150 – 160 %, затраты на применение удобрения окупались прибавкой урожайности в 2,5 – 2,7 раза.

Однако уже в следующем, 2016 г., эффективность минеральных удобрений резко снизилась: максимальные прибавки урожайности яровой пшеницы не превышали 5 – 6 ц/га, а экономические показатели были положительными только в варианте  $N_{60}P_{30}K_{60}$ .

В 2017 г. при высоком уровне урожайности в удобренных вариантах полевого опыта, достигающем, как и в 2015 г., 40 – 42 ц/га, в контрольном варианте урожайность зерна также была сравнительно высокой - более 36 ц/га. В этих условиях при существующей технологии возделывания яровой пшеницы прибавки урожайности в 2017 г. были не выше, чем в малоурожайном 2016 г. Отсюда наиболее результативным, с экономической точки зрения, оказался лишь вариант  $P_{60}K_{60}$ , в котором получена наибольшая урожайность – 43,5 ц/га и наибольшая в этом году окупаемость затрат – 0,99 руб./руб. Азотные удобрения положительного влияния на экономику производства зерна яровой пшеницы не оказали.

В среднем за три года наиболее экономически приемлемым оказался вариант  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . В данном варианте получена сравнительно высокая урожайность пшеницы – 35,5 ц/га, наибольший чистый доход – 1024 руб./га при рентабельности 15 % и окупаемости затрат 1,15 руб./руб. Все другие варианты полевого опыта по комплексу экономических показателей этому варианту уступают.

Энергетические затраты при возделывании яровой пшеницы с применением минеральных удобрений оправданы только в благоприятный по осадкам и температуре 2015 год: количество накопленной урожаем энергии превысили затраты совокупной энергии, истраченной на производство зерна. Азотные удобрения, вносимые в дозе 30 – 60 кг/га д.в., существенно повышали продуктивность и накопление энергии в зерне. Однако затраты техногенной энергии из-за высокой энергоемкости минеральных азотных удобрений возрастали по мере увеличения дозы азота до 90 – 120 кг/га д.в.

Показатели энергетической эффективности при использовании минеральных удобрений в двойных комбинациях: фосфор – калий, азот – калий,

азот – фосфор – зачастую существенно превышают варианты применения максимальных доз удобрений для каждого фона. Расчеты показали, что во все годы проведения опыта коэффициент энергетической эффективности был максимален для варианта  $P_{60}K_{60}$ : 2,82; 1,52 и 3,00 в 2015, 2016 и 2017 гг. соответственно. Однако следует отметить, что именно на этом варианте урожайность яровой пшеницы была невысока в 2015 и 2016 гг. (26,6; 22,6 ц/га соответственно) и незначительно превышала урожайность на контроле (20,6 ц/га в 2015 и 20,6 ц/га в 2016 гг.).

Применение фосфорных удобрений связано с большими финансовыми затратами. При увеличении дозы фосфорного удобрения до 60-90 кг/га фосфора на фоне  $N_{60}K_{60}$  урожайность зерна повышалась, поэтому эффективность производства также несколько возросла. Дальнейшее повышение дозы фосфорного удобрения снижало и урожайность, и показатели экономической и энергетической эффективности.

При высоких потенциальных запасах калия в почве регулировать интенсивность мобилизации данного элемента целесообразно с помощью таких агротехнических приемов, как парование, чередование культур, изменение сроков сева и т.д., а удобрения вносить только на средне- и низкообеспеченных калием почвах под пропашные культуры, чувствительные к его недостатку.

### **Заключение**

1. По сумме действующих веществ минеральных удобрений и отдельным их видам в среднем за 3 года выделялся вариант  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . В нестабильных природных и экономических условиях данная доза минеральных удобрений обеспечила получение гарантированной прибавки зерна (в различные годы прибавка составила от 3,1 до 20,4 ц/га) с высокими качественными показателями. В 2017 г. при внесении азота, фосфора и калия по 60 кг д.в./га было получено 41,7 ц зерна с 1 га. Именно этот вариант может быть рекомендован для применения удобрений в условиях, идентичных условиям проведения полевого опыта на серых лесных почвах Среднего Урала.

2. Все изучаемые в опыте дозы удобрений достоверно увеличивали урожайность яровой пшеницы относительно контроля. Однако ведущая роль в повышении урожая яровой пшеницы на серых лесных почвах Среднего Урала принадлежит азоту. Максимальная урожайность всего опыта за два года исследований для варианта  $N_{120}P_{60}K_{60}$  составила 45,2 ц/га (2015 г.) и 26,6 ц/га (2016 г.). Однако на почвах с высоким уровнем плодородия (по содержанию азота) ожидаемого увеличения в последний год закладки опыта не произошло; наоборот, наблюдалась тенденция к снижению урожайности с увеличением доз азотных удобрений, что объясняется достаточным запасом доступного растениям азота в период вегетации. Нормальное снабжение азотом также оказало существенное влияние на структуру урожая (выше урожай соломы по сравнению с предыдущими годами) и биометрию растений (выше высота растений, размер колоса).

3. Фосфорные удобрения в среднем обеспечили максимальную урожайность в дозе  $P_{90}$  на фоне  $N_{60}K_{60}$  (прибавка к фону в разные годы составила от 7,5 до 43,1 %), калийные – в дозе  $K_{60}$  на фоне  $N_{60}P_{60}$  (прибавка по калию - до 18,2 %). По данным корреляционно-регрессионного анализа можно сделать вывод, что дозы фосфорных удобрений, в отличие от калийных, являются значимым фактором для урожайности яровой пшеницы.

4. Применение минеральных удобрений положительно влияло на качество зерна пшеницы. Хлебопекарные свойства зерна изменялись как от применения минеральных удобрений, так и от погодных условий. Накопление белка стабильно увеличивалось с возрастанием доз азотных удобрений, но большее его содержание было отмечено в год с недостаточным увлажнением (15,75 % с.в. в варианте  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ).

5. Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая зерна оказалась наибольшей для варианта  $N_{60}P_{60}K_{60}$  за три года проведения опытов. Калийные удобрения в возрастающих дозах, в отличие от азотных и фосфорных, в меньшей степени способствовали возрастанию оплаты прибавками зерна. В 2017 году увеличивающиеся дозы азотных удобрений не привели к ожидаемым прибавкам

урожайности по сравнению с фоновым вариантом  $P_{60}K_{60}$ . Причиной этого является более высокий уровень плодородия почвы по сравнению с предыдущими годами.

6. Анализ экономической эффективности применения минеральных удобрений показывает, что при существенных затратах сельхозпроизводителей, существующих в современных условиях рынка, нестабильные экономические условия могут снижать прибыль от применения удобрений, и увеличение урожайности за счет высоких доз удобрений оказывается экономически невыгодным. Причиной ухудшения экономических показателей являются не только высокие затраты на удобрения, но и неустойчивость цен на продукцию в условиях современного агрорынка. В среднем за три года наибольший экономический эффект наблюдался для варианта  $N_{60}K_{60}$  (рентабельность 22,4 %). Однако в данном случае отсутствие одного из самых необходимых элементов питания растений – фосфора – привело к снижению окупаемости (всего 4,1 кг зерна к 1 кг д.в. удобрений по отношению к контрольному варианту), ухудшению технологических качеств зерна, обеднению почвы невозполнимым фосфором. Вследствие этого можно назвать только два наиболее приемлемых варианта –  $N_{60}P_{30}K_{60}$  и  $N_{60}P_{60}K_{60}$  с значениями рентабельности 16,9 и 15,0 % соответственно.

7. Все варианты с внесением азотных удобрений под яровую пшеницу обладают низкими коэффициентами энергетической эффективности, что обусловлено, в первую очередь, высокими энергозатратами на их производство. В среднем, по энергозатратам наиболее приемлемыми являются варианты внесения фосфорных удобрений в дозах  $N_{60}P_{30}K_{60}$  –  $N_{60}P_{90}K_{60}$  (биоэнергетический коэффициент от 1,04 до 1,15). Для доз азота и калия 90 – 120 кг/га энергоотдача (в среднем за 2015 – 2017 гг.) меньше единицы.



## Список основных опубликованных работ по теме диссертации

### *Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ*

1. Семенова, Е.А. Эффективность применения удобрений под яровую пшеницу в условиях Уральского региона / **Е.А. Семенова**, Р.А. Афанасьев // Плодородие. – 2018. – № 6 (105). – С. 2-4.
2. Семенова, Е.А. Агрэкономическая эффективность применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в условиях Зауралья / **Е.А. Семенова**, Р.А. Афанасьев // Плодородие. – 2019. – № 2 (107). – С. 11-13.

### *Публикации в других изданиях*

3. Семенова, Е.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Свердловской области / **Е.А. Семенова** // Агрэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства: Материалы 52-ой Международной науч. конф., посвященной 200-летию со дня рождения профессора Я.А. Линовского. – М., 2018. – С. 174-176.
4. Семенова, Е.А. Влияние минеральных удобрений на качество яровой пшеницы в условиях серых лесных почв Свердловской области / **Е.А. Семенова** // Агрэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства: Материалы 52-ой Международной науч. конф., посвященной 200-летию со дня рождения профессора Я.А. Линовского. – М., 2018. – С. 176-179.
5. Семенова, Е.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы в условиях Уральского региона / **Е.А. Семенова** // Оптимальное питание растений и восстановление плодородия почв в условиях ведения традиционной и органической систем земледелия: Материалы 53-й Международной науч. конф., посвященной 115-летию со дня рождения профессора А.В. Петербургского. – М., 2019. – С. 133-139.