

УДК 631.8:633.256

**Тованчев Илья Владимирович**

**ОКУПАЕМОСТЬ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИБАВКОЙ  
УРОЖАЯ ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ  
ДЕРНОВО – ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

**Специальность 06.01.04 - агрохимия**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Москва 2020**

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

- Научный руководитель:** **Кирпичников Николай Алексеевич**  
доктор сельскохозяйственных наук
- Официальные оппоненты:** **Окорков Владимир Васильевич**,  
доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», отдел агрохимии и экологии, главный научный сотрудник
- Капранов Владимир Николаевич**,  
доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный Исследовательский Центр «Немчиновка», лаборатория сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, главный научный сотрудник
- Ведущая организация:** ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр»

Защита диссертации состоится «\_\_»\_\_\_\_\_2020 г. в \_\_. \_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова». Адрес: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» на сайте: <https://vniia-pr.ru/diss/diss-tovanchev-13-03-2020.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, просим направлять по адресу: 127434, Москва, ул. Прянишникова, д. 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.** Согласно долгосрочному прогнозу социально-экономического развития РФ на период до 2030 г. намечено значительно увеличить объём производства зерна за счёт расширения воспроизводства плодородия почв.

Для решения проблемы производства зерна важное значение отводится яровому ячменю. Яровой ячмень – одна из основных зерновых культур Центрального Нечерноземья, его возделывают для продовольственных, технических и кормовых целей, он отличается высокой требовательностью к плодородию почвы и минеральному питанию.

Однако, при низком уровне плодородия дерново – подзолистых почв этого региона урожайность ярового ячменя остаётся относительно низкой. Связано это, прежде всего, с повышенной кислотностью дерново – подзолистых почв и слабой обеспеченностью их подвижными фосфатами. Степень окультуренности во многом определяется кислотностью и обеспеченностью подвижными фосфатами (Авдонин 1969, Карпинский, 1972). В этом регионе слабоокультуренные почвы, которые требуют первоочередного известкования и внесения фосфорных удобрений, составляют около 60% (Сычёв, Шафран, 2012). При различных темпах известкования и внесении фосфорных удобрений в прошлые годы, почвы в настоящее время различаются по степени окультуренности. В этих условиях необходимо рационально использовать фосфорные удобрения, с учётом агрохимических свойств почв и сортовых особенностей ярового ячменя.

В настоящее время изменились технологии возделывания, появились новые сорта ячменя интенсивного типа, но результатов исследований по этим вопросам недостаточно. Поставлены новые задачи, чтобы обеспечить агрохимслужбу и сельхозпроизводителей современной нормативно – справочной информацией, позволяющей более экономно с высокой окупаемостью использовать фосфорные удобрения. Решение этих задач и предполагает строгую дифференциацию доз фосфорных удобрений в зависимости от агрохимических свойств с учётом сортовых особенностей культур.

**Цель исследований** - изучить эффективность применения различных доз фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя сорта Нур на дерново – подзолистой тяжелосуглинистой почве с различной степенью окультуренности.

### **Задачи исследований:**

- Изучить влияние возрастающих доз фосфорных удобрений на динамику роста и развития растений ярового ячменя в зависимости от окультуренности почвы.

- Выявить влияние доз фосфорных удобрений на прибавку урожайности ярового ячменя и их окупаемость на слабоокультуренной и окультуренной почвах.

- Определить структуру урожая ярового ячменя (масса зерна и соломы, количество зерен в колосе и др.).
- Изучить химический состав растений и определить вынос азота, фосфора, калия урожаем ярового ячменя.
- Определить качество зерна ячменя (содержание белка, крахмала, экстрактивность, фосфора, калия, натура зерна, тяжелых металлов и др.).
- Выявить влияние доз фосфорных удобрений на фосфатный режим дерново-подзолистой почвы и степень разложения льняного полотна.
- Произвести расчет экономической эффективности применения фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя на дерново – подзолистой почве с различной степенью окультуренности.

#### **Научная новизна работы.**

Впервые в условиях полевого опыта изучена эффективность различных доз фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя интенсивного типа сорта Нур на дерново – подзолистой тяжелосуглинистой почве с различной степенью окультуренности.

Установлено, что на слабоокультуренной дерново – подзолистой почве ( $pH_{KCl}$  4,1-4,6;  $P_2O_5$  35-65 мг/кг) урожайность ярового ячменя повышалась с увеличением дозы фосфорных удобрений (с 30 до 120 кг/га  $P_2O_5$ ) и достигала в благоприятные годы 61,7 ц/га при внесении наибольшей дозы фосфорного удобрения ( $P_{120}$ ), что выше фона  $N_{60}K_{60}$  на 70%. На окультуренной дерново-подзолистой почве ( $pH_{KCl}$  5,1-5,6;  $P_2O_5$  110-160 мг/кг) максимальная урожайность (67,3 ц/га) сформировалась при меньшей дозе фосфорных удобрений ( $P_{60}$ ), что превышало фон на 26 %.

Положительное влияние окультуренности почвы на урожайность ячменя наиболее сильно проявилось в варианте без внесения фосфорных удобрений ( $N_{60}K_{60}$ ). При использовании высоких доз ( $P_{90}$  и  $P_{120}$ ) влияние окультуренности сглаживалось.

Применение фосфорных удобрений в количестве 90 кг/га  $P_2O_5$  на слабоокультуренной почве и 60 кг/га  $P_2O_5$  – на окультуренной обеспечивало примерно равную окупаемость прибавки урожая и составило в среднем за 3 года около 20 кг/кг.

Установлены величины удельного выноса элементов питания, которые при внесении высоких доз фосфорных удобрений повышались: азота до 14%, фосфора-13%, калия до 12,5%.

Отмечалось положительное действие фосфорных удобрений на содержание белка в зерне, как на слабоокультуренной почве, так и на окультуренной и составляло 8,47-10,03%.

В вариантах с положительным балансом фосфора ( $P_{90}$  и  $P_{120}$ ) улучшался фосфатный режим почвы, при этом степень подвижности фосфатов возрастала в большей мере, чем содержание подвижного фосфора.

Условно чистый доход при выращивании ячменя на слабоокультуренной почве повышался с увеличением дозы фосфорных удобрений с 5,2 до 11,3 тыс. руб/га, а на окультуренной почве он составлял

наибольшую величину в варианте P<sub>60</sub> (6,8 тыс. руб/га). По окупаемости затрат вариант P<sub>90</sub> на слабоокультуренной почве был примерно равным варианту P<sub>60</sub> – на окультуренной и составил 2,37 и 2,18 руб/руб соответственно.

#### **Практическая ценность работы.**

Полученные экспериментальные данные по изучению эффективности фосфорных удобрений в зависимости от степени окультуренности дерново-подзолистой почвы будут использованы в новых современных нормативах окупаемости удобрений в зоне Центрального Нечерноземья с учётом сортовых особенностей ярового ячменя. Данные выноса фосфора 1 т урожая являются необходимой базой для составления планов применения фосфорных удобрений в технологиях возделывания ярового ячменя на дерново – подзолистых почвах с различными агрохимическими свойствами.

#### **Апробация работы и публикации.**

Материалы диссертации зачитывались на годовых отчётах о деятельности аспирантов, а также были заслушаны на 52-й Международной научной конференции молодых ученых.

По теме диссертации опубликовано 5 работ в изданиях, рекомендованных в перечне ВАК.

#### **Объём и структура диссертации.**

Диссертация состоит из введения, семи глав: обзора литературы, условий и методов проведения исследований, результатов исследований; выводов, предложений производству, списка литературы, приложений. Работа изложена на 98 страницах машинописного текста, содержит 33 таблицы, 13 приложений. Список использованной литературы включает 176 наименований.

### **Содержание работы**

#### **1. Условия и методы проведения исследований.**

Изучение влияния возрастающих доз фосфорных удобрений проводили в течение 2015-2017 гг. на дерново – подзолистой тяжелосуглинистой почве с закладкой полевого опыта на Центральной опытной станции ВНИИА (Московская обл.) по следующей схеме: 1. Контроль – без удобрений; 2. N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 3. N<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + P<sub>30</sub>; 4. N<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + P<sub>60</sub>; 5. N<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + P<sub>90</sub>; 6. N<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + P<sub>120</sub>.

Краткосрочный опыт проводили на соседних участках опытного поля (стационар Шебанцево) с различными агрохимическими свойствами.

Таблица 1

Основные агрохимические показатели дерново – подзолистой почвы в зависимости от степени окультуренности (показатели за 2015-2017 гг.).

Показатель	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	С	О	С	О	С	О

pH <sub>KCl</sub>	4,1-4,5	5,1-5,4	4,3-4,7	5,3-5,5	4,6-4,8	5,5-5,6
H <sub>г</sub> , ммоль-экв/100 г (по Каппену)	4,7-5,2	2,6-3,1	4,9-5,2	2,4-2,9	5,0-5,1	2,2-2,4
S, ммоль-экв/100 г (по Каппену-Гильковицу)	7,2-8,4	10,5-12,0	7,9-8,6	11,1-13,2	7,8-9,0	14,0-16,0
Гумус (по Тюрину),%	1,65-1,72	1,70-1,82	1,68-1,74	1,75-1,86	1,67-1,74	1,90-1,96
Содержание подвижных форм фосфора (по Кирсанову), мг/кг	35-60	90-110	45-65	95-120	48-70	140-160
Содержание подвижных форм калия (по Кирсанову), мг/кг	90-120	130-140	85-115	135-150	90-125	170-180
Al, мг/кг (по Соколову)	46-48	42-45	40-46	22-30	18-23	13-19

Примечание: С – Слабоокультуренная почва, О – Окультуренная почва

Слабоокультуренная почва относится к градам средне и сильнокислых с низким содержанием подвижного фосфора. Окультуренная почва относится к слабокислым при повышенном содержании фосфора. Обе почвы хотя и различаются по содержанию подвижного алюминия, но его уровень в обоих случаях низкий. Содержание гумуса в обеих почвах существенно не различается. Для оценки свойств почвы образцы отбирали весной в первой декаде мая каждого года. Полевой опыт проводили согласно методике, применяемой в географической сети опытов с удобрениями. Культура – яровой ячмень (лат. *Hordeum vulgare*) сорта Нур селекции НИИСХ ЦРНЗ (Немчиновка). Он относится к ценным сортам по качеству, его направление зернофуражное, продовольственное и пивоваренное, отличается высоким потенциалом по урожайности (Кутровский и др., 2007).

Минеральные удобрения: аммиачную селитру (N 34,6%), двойной суперфосфат (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 42%) и хлористый калий (K<sub>2</sub>O 56%) вносили вручную. Посевная площадь делянок 66м<sup>2</sup> (16,5х4м), учётная – 30 м<sup>2</sup>, повторность трёхкратная. Предшественник ярового ячменя - озимая пшеница. Посев проводили из расчёта 5 млн.шт/га семян.

При выращивании ярового ячменя применялась технология принятая в Московской области с использованием гербицидов и фунгицидов. Уборку

урожая проводили зерновыми комбайнами «Сампо» в фазу полной спелости зерна. Показатели структуры урожая определяли по методу Госсортсети.

Анализы почвы и растений выполняли по соответствующим ГОСТам и общепринятым методикам. Коэффициент использования растениями элементов питания из минеральных удобрений рассчитывали разностным методом.

Биологическую активность почвы определили по степени разложения льняного полотна.

Оценку значимости различий между вариантами проводили дисперсионным методом (Доспехов) с использованием программы STATVIA.

Метеорологические условия в годы проведения опыта (рис.1) достаточно различались. Вегетационный период 2015 года отличался повышенным количеством осадков, так в мае их выпало в 4-5 раз больше по сравнению с среднегодовым количеством, в июле они превышали среднегодовую норму почти в 3 раза.

В условиях 2016 года наблюдалось существенное отклонение в поступлении осадков от среднегодового количества, так в последнюю декаду июня-первую декаду июля осадков практически не было, что отрицательно сказалось на урожайности ярового ячменя.

Вегетационный период 2017-го года был с наибольшим количеством осадков за 3 года проведения опыта. На протяжении июня и июля выпало повышенное количество осадков, в июле этот показатель превышал среднегодовую норму почти в 4 раза. Количество осадков с комфортными температурами в период вегетации сказалось на накоплении фитомассы ярового ячменя, что позволило получить в 2017-м году самый высокий урожай за время проведения опыта.

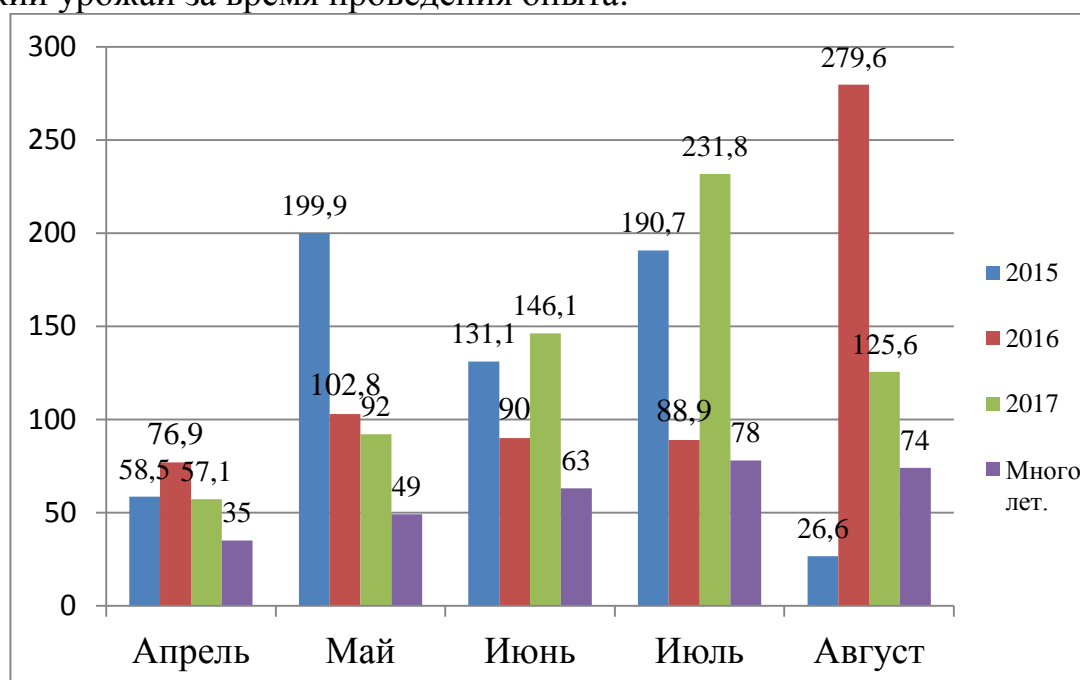


Рисунок 1. Количество осадков за время вегетационного периода 2015-2017 гг.( по данным метеопоста ЦОС ВНИИА)

## Результаты исследований

### 2. Динамика нарастания надземной фитомассы растений ярового ячменя по фазам развития

При изучении динамики нарастания фитомассы растений выявлена определённая закономерность в действии фосфорных удобрений и окультуренности почвы, а также влияние метеоусловий (табл. 2,3).

Таблица 2

Динамика нарастания надземной фитомассы ярового ячменя в 2015 г. (г/м<sup>2</sup>)

Вариант	Слабоокультуренная			Окультуренная		
	1	2	3	1	2	3
Контроль	131	296	623	152	308	710
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	171	554	700	224	632	796
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	212	652	887	226	670	940
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	230	710	980	245	718	1020
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	290	736	1270	358	732	1290
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	314	760	1273	365	800	1270

Примечание: 1 – фаза кущения, 2 – фаза трубкования, 3 – фаза колошение.

Таблица 3

Динамика нарастания надземной фитомассы ярового ячменя в 2016 г. (г/м<sup>2</sup>)

Вариант	Слабоокультуренная			Окультуренная		
	1	2	3	1	2	3
Контроль	106	150	340	110	159	397
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	140	198	497	166	228	607
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	152	220	620	192	280	700
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	170	262	710	228	296	750
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	192	320	733	240	360	780
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	224	372	732	232	412	782

Примечание: 1 – фаза кущения, 2 – фаза трубкования, 3 – фаза колошение.

Приведенные данные свидетельствуют о существенном влиянии метеоусловий и фосфорных удобрений, особенно высоких доз, на увеличение сухой фитомассы растений ярового ячменя. Эта закономерность наблюдалась уже в первый срок определения (в фазу кущения). В условиях 2015 года (более благоприятного) темпы накопления надземной фитомассы ярового ячменя были выше, чем в 2016 г (менее благоприятного). В варианте контроля к началу трубкования растений ярового ячменя на слабоокультуренной почве надземная фитомасса составила в 2015 г. – 296 г/м<sup>2</sup>, а в 2016 г. – 150 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая масса растений в эту фазу была в варианте с применением максимальной дозы фосфорных удобрений (P<sub>120</sub>) и составила в 2015 г. – 760 г/м<sup>2</sup>, в 2016 г. – 372 г/м<sup>2</sup>. Отмечалось дальнейшее накопление сухой массы ярового ячменя – в фазу колошения, когда оно достигло наибольшего уровня. В варианте P<sub>90</sub> количество фитомассы в 2015



г. составляло 1270 г/м<sup>2</sup>, в 2016 г. – 733 г/м<sup>2</sup> – на слабоокультуренной почве и 1290 и 752 соответственно на окультуренной почве.

На окультуренной почве в большей мере чем на слабоокультуренной увеличивалась надземная масса растений во все фазы развития ярового ячменя. Особенно это отмечается в вариантах контроля и фона N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, т.е. в вариантах без применения фосфорных удобрений. В вариантах же с применением высоких доз фосфорных удобрений (P<sub>90</sub> и P<sub>120</sub>) различия по накоплению сухой массы в зависимости от степени окультуренности существенно уменьшались.

### 3. Урожайность ярового ячменя и окупаемость удобрений в зависимости от окультуренности дерново – подзолистой почвы.

Урожайность зерна является основным показателем в оценке изучаемых факторов по возделыванию растений. Условия обеспеченности растений фосфором, а также агрохимические свойства почвы и погодные условия вегетационного периода оказали существенное влияние на урожайность ярового ячменя (табл.4,5).

Таблица 4

Урожайность ярового ячменя сорта «Нур» и окупаемость фосфорных удобрений в зависимости от применения фосфорных удобрений на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве, ц\га. (среднее за 2015-2017 гг.)

Вариант	Слабоокультуренная почва					
	Урожай, ц/га				Прибавка , ц/га	Окупаемость P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг/кг
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	среднее	среднее
Контроль	29,1	22,9	31,5	27,7	-	-
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40,8	26,1	36,3	34,4	-	-
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	50,0	30,7	45,8	42,3	7,9	26,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	54,2	36,4	55,9	48,8	14,4	24,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	58,9	40,0	60,6	53,2	18,8	20,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	59,7	42,9	61,7	54,8	20,4	16,6

НСР 0,5: по фактору удобрения 2,4 ц/га, по фактору почва 1,9 ц/га

Таблица 5

Урожайность ярового ячменя сорта «Нур» и окупаемость фосфорных удобрений в зависимости от применения фосфорных удобрений на окультуренной дерново-подзолистой почве, ц\га. (среднее за 2015-2017 гг.)

Вариант	Окультуренная почва		
	Урожай, ц/га	Прибавка ц/га	Окупаемость P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг/кг

	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	среднее	среднее
Контроль	35,2	27,0	40,6	34,3	-	-
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	47,3	36,5	52,7	45,5	-	-
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	52,0	40,0	60,2	50,7	5,2	17,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	58,0	44,4	66,3	57,0	11,5	18,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	60,3	45,2	67,5	57,7	12,2	13,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	61,5	44,7	67,3	57,8	12,3	10,0

НСП 0,5: по фактору удобрения 3,0 ц/га, по фактору почва 1,8 ц/га

В метеорологических условиях 2015 г. урожайность ячменя в вариантах с применением максимальной дозы фосфорных удобрений (P<sub>120</sub>) достигала 59,7 ц/га на слабоокультуренной почве, и 61,5 ц/га на окультуренной – прибавки к фону НК составили 46 и 30% соответственно. В условиях менее благоприятного 2016-го года наибольшая урожайность при внесении фосфорных удобрений составила 42,9 и 44,7 ц/га – прибавки урожая заметно снижались и составили на слабоокультуренной почве 18,9 ц/га, на окультуренной – 14,2. В 2017-м году при сложившихся лучших погодных условиях урожайность была наиболее высокой по сравнению с другими годами. В данный год в варианте с максимальной дозой фосфорных удобрений 120 кг/га (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) урожайность достигала на слабоокультуренной почве 61,7 ц/га, а на окультуренной 67,3 ц/га – прибавки урожая составили соответственно 25,4 ц/га (70%) и 14,6 ц/га (27%).

Если на слабоокультуренной почве наибольшая (54,8 ц/га) средняя за 2015-2017 гг. урожайность формировалась при внесении 120 кг/га фосфорных удобрений, то на окультуренной почве примерно такой же уровень (57 ц/га) достигался при внесении 60 кг/га, а увеличение дозы в данном случае практически не приводило к дальнейшему росту урожайности. Положительная роль окультуренности почвы в большей мере проявилась в вариантах контроля и фона НК.

При достаточной обеспеченности растений фосфором за счет высоких доз фосфорных удобрений (P<sub>90</sub> и P<sub>120</sub>) эффект от окультуренности почвы снижался, что во многом связано с низким содержанием подвижного алюминия в обеих почвах.

Повышение урожайности ярового ячменя обусловлено в основном увеличением количества зерен в колосе и массы 1000 зерен.

Окупаемость 1 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> удобрения прибавкой урожая по мере увеличения дозы снижалась на слабоокультуренной почве с 26,3 до 16,6 кг/кг, на окультуренной с 17,3 до 10,0 кг/кг. По окупаемости фосфорных удобрений варианты P<sub>90</sub> на слабоокультуренной почве и P<sub>60</sub> на окультуренной почве были примерно равными.

#### 4. Влияние фосфорных удобрений в зависимости от окультуренности дерново – подзолистой почвы на вынос элементов питания растениями ярового ячменя.

Фосфорные удобрения и окультуренность почвы оказали положительное влияние на минеральное питание растений ячменя. Вынос азота, фосфора и калия зависел в основном от уровня урожайности, отмечалось повышение содержания азота и фосфора в зерне при внесении высоких доз фосфорных удобрений. Важным показателем является удельный вынос элементов питания, который используется практически во всех балансовых расчётах годовых доз удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур. В справочной литературе приводятся только обобщённые их величины (Нормативы, 1991,2016; Рекомендации, 2010). Вынос основных элементов минерального питания на единицу продукции может существенно меняться в зависимости от почвенно – климатических условий, условий минерального питания, сортовых особенностей растений и других факторов (Прокошев, Дерюгин, 2000; Сычёв, 2005; Варламов и др., 2012).

Учет факторов, оказывающих наибольшее влияние на величину выноса элементов питания растениями особенно важен в интенсивных технологиях, когда затраты на удобрения особенно велики.

Как показали результаты исследований нашего опыта, фосфорные удобрения оказывают положительное влияние на удельный вынос элементов питания (табл.6).

Таблица 6

Вынос азота, фосфора и калия для формирования 1 тонны зерна ярового ячменя, кг (среднее за 2015-2017 гг.).

Вариант	Слабоокультуренная почва			Окультуренная почва		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	21,6	11,4	18,2	22,3	10,5	18,8
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,9	11,5	18,0	22,0	10,6	18,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	21,9	11,5	17,9	22,6	10,8	18,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	22,3	11,7	18,0	23,0	11,0	18,8
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	24,0	11,9	19,3	24,8	11,3	19,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	24,8	12,8	20,0	25,7	11,8	20,6

НСР 0,5: по фактору удобрения N – 2,2 – 2,6; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,9 – 1,8; K<sub>2</sub>O – 1,1 – 2,0 кг/га , по фактору почва N – 1,7 – 2,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,3 – 1,5; K<sub>2</sub>O – 0,9 – 2,6 кг/га

Величины их в зависимости от года исследований несколько отличались. В условиях 2016 г. удельный вынос азота и калия заметно меньше, чем в другие годы. Вынос фосфора на единицу продукции в 2016 и 2017 гг. отличался в сторону повышения по сравнению с 2015 годом. По мере повышения доз фосфорных удобрений затраты азота, фосфора и калия на формирование одной тонны зерна увеличивались, что отмечалось также в других работах (Чухина, 1999; Варламов и др., 2012; Смирнов и др., 2010).

По сравнению с фоном ( $N_{60}K_{60}$ ) вынос повысился в среднем за 2015-2017 гг. на слабоокультуренной почве, азота на 15 %, фосфора на 13 %, калия на 11 %, на окультуренной почве соответственно на 14,9; 12,2 и 10,6 %.

В условиях нашего опыта фактический вынос фосфора 1 т зерна ячменя в вариантах с внесением фосфорных удобрений, особенно в дозах  $P_{90}$  и  $P_{120}$  превышал плановые (11кг) и достигал в 2017г. на слабоокультуренной почве 13,2 кг/га, на окультуренной 12,6 кг/га. Увеличение их связано также с повышением содержания фосфора в растениях, особенно при использовании высоких доз удобрений.

Удельный вынос азота и калия несколько ниже плановых показателей, что свидетельствует о недостатке этих элементов для растений, особенно при внесении высоких доз фосфорных удобрений.

## **5. Влияние фосфорных удобрений при различной окультуренности почвы на качество зерна ярового ячменя.**

Фосфорные удобрения, как было отмечено в обзоре литературы, оказывают различное влияние на качество зерна ярового ячменя. Оно во многом зависит от сорта, почвенно – климатических условий, уровня минерального питания и др. факторов. Данные, опубликованные в научной литературе, о содержании, например, белка, противоречивы и во многом зависят от обеспеченности растений азотом.

Фосфорные удобрения в условиях полевого опыта повышали содержание сырого белка в относительных единицах на слабоокультуренной почве: в 2015 г на 1,10%, в 2016 г на 1,35%, в 2017 г на 1,30%. На окультуренной дерново – подзолистой почве превышение этого показателя качества составило соответственно 1,40; 1,44 и 1,39% (табл.7). Наблюдалась тенденция к повышению эффективности фосфорных удобрений по этому показателю на окультуренной почве по сравнению со слабоокультуренной.

Фосфорные удобрения в дозах  $P_{90}$  и  $P_{120}$  достоверно повышали содержание сырого белка в среднем за 2015-2017 гг с 8,47 до 9,75 или на 1,28% на слабоокультуренной почве и с 8,63 до 10,03% или на 1,40% на окультуренной почве (табл.7).

Повышение содержания сырого белка от применения фосфорных удобрений, очевидно, связано с улучшением использования азота при поступлении фосфора в растения (Воллейдт,1978; Арчанов, 2004). То есть наблюдалась прямая связь урожайности ярового ячменя с содержанием

сырого белка в зерне. Эту закономерность отмечали также другие исследователи (Бабицкий, 2008; Никитишен, 2002).

Выход белка на единицу площади напрямую зависит от величины полученного урожая. В 2016-м году из-за низкого урожая получены наиболее низкие показатели. В зависимости от степени окультуренности почвы выход белка во все годы исследований увеличивался. Максимальный выход белка на окультуренной почве получен в 2017-м году на варианте P<sub>120</sub> и составил 676 кг/га. На слабоокультуренной почве в том же варианте 2017-го года его выход составил 603 кг/га, что также является наилучшим результатом на слабоокультуренной почве за годы исследования. При внесении фосфорных удобрений выход сырого белка увеличился на слабоокультуренной почве в среднем в 1,6-1,9, на окультуренной - в 1,4 раза.

Содержание крахмала в зерне от изучаемых в опыте факторов практически не изменялось и составило 46,0 – 47,4%. Такое содержание крахмала не отвечает требованиям к пивоваренному зерну, которое должно составлять не менее 60%.

Таблица 7

Влияние фосфорных удобрений в зависимости от степени окультуренности почвы на качество зерна ярового ячменя сорта Нур, среднее за 2015-2017 гг.

Вариант	Слабоокультуренная почва				Окультуренная почва			
	Сырой белок, %	Выход белка, кг/га	Крахм ал, %	Экстра кт., %	Сырой белок, %	Выход белка, кг/га	Крахм ал, %	Экстра кт., %
Контроль	8,47	236	47,5	69,1	8,63	296	46,0	68,7
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,81	303	46,4	68,8	9,19	403	45,9	68,7
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	9,03	381	47,1	68,4	9,30	472	47,7	68,1
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	9,41	460	45,1	68,0	9,44	518	47,0	67,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	9,64	511	46,2	67,7	9,63	570	46,5	67,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	9,75	532	46,5	67,5	10,03	574	47,2	67,2

НСР<sub>05</sub> по содержанию белка: удобрения 1,15, почва 0,8 %

по содержанию крахмала: удобрения 1,20, почва 1,7

Экстрактивность зерна зависит от содержания белка и массы 1000 зерен. По формуле Бишоп экстрактивность выращенного зерна составляет около 67-69%. То есть по содержанию крахмала (менее 60%) и экстрактивности (менее 80-82%), выращенное в опыте зерно по ГОСТу относится к зернофуражному, но не к пивоваренному. Содержание сырой

клетчатки, сырой золы, сырого жира, а также тяжелых металлов в зерне по вариантам опыта практически не изменялось.

### **6. Влияние фосфорных удобрений на степень разложения льняного полотна и фосфатный режим дерново-подзолистой почвы при различной её окультуренности.**

Особенностью целлюлозоразлагающих микроорганизмов является высокая их потребность в источниках азотного и фосфорного питания. Их активность зависит от наличия в почве доступных элементов питания, а степень разложения клетчатки отражает направленность хода микробиологических процессов – биологическую активность почвы (Минеев и др., 1993; Титова, Козлова, 2012).

Данные определения показали, что фосфорные удобрения по сравнению с фоном  $N_{60}K_{60}$  повышали степень разложения льняного полотна на слабоокультуренной почве с 18% до 49%, на окультуренной почве с 20% до 58%. При этом сказалось положительное влияние на этот показатель окультуренности почвы при всех вариантах по фосфору (табл.8). О положительном влиянии фосфорных удобрений на этот показатель биологической активности почвы свидетельствуют и другие работы (Киселев 2012, Волков, 2012).

Таблица 8

Влияние фосфорных удобрений и окультуренности дерново – подзолистой почвы на степень разложения льняного полотна (слой 0-20 см), среднее за 2015-2017 гг.

Вариант	Слабоокультуренная почва		Окультуренная почва	
	Масса, г	Степень разложения, %	Масса, г	Степень разложения, %
$N_{60}K_{60}$	3,72	18,5	3,70	20,0
$N_{60}K_{60} + P_{60}$	2,20	41,0	2,10	43,0
$N_{60}K_{60} + P_{120}$	2,00	49,0	1,75	58,0

Фосфатное состояние дерново – подзолистой тяжелосуглинистой почвы зависело от применения фосфорных удобрений и окультуренности почвы.

Результаты исследований показали (табл.9), что содержание подвижного фосфора при всех дозах фосфорных удобрений в слабоокультуренной почве оставалось на уровне слабообеспеченной (57-78 мг/кг), в окультуренной – на уровне повышенного содержания (102-120 мг/кг). В первом случае фосфорные удобрения повышали содержание подвижного фосфора на 37%, во втором – на 19% при положительном балансе фосфора 51,5 и 50,1 кг/га соответственно. При отрицательном балансе фосфора в варианте  $P_{30}$  содержание подвижного фосфора в почве практически не изменялось.

Таблица 9

Влияние фосфорных удобрений на баланс фосфора и фосфатный режим дерново – подзолистой тяжелосуглинистой почвы, среднее за 2015-2017 гг.

Вариант	Слабоокультуренная почва			Окультуренная почва		
	Баланс, кг/га	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в почве		Баланс, кг/га	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в почве	
		мг/кг (по Кирсанову)	мг/л (по Карпинскому)		мг/кг (по Кирсанову)	мг/л (по Карпинскому)
Контроль	-31,9	57	0,117	-37,0	102	0,155
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-38,9	55	0,130	-49,5	104	0,168
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>30</sub>	-18,1	56	0,137	-26,4	106	0,180
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>60</sub>	+2,5	60	0,150	-2,0	109	0,186
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>90</sub>	+27,3	67	0,186	+23,6	111	0,246
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + P <sub>120</sub>	+51,5	78	0,210	+50,1	120	0,280

НСП 0,5: по Кирсанову : удобрения – 14,0 ; почва - 26,0 мг/кг;

По Карпинскому : удобрения – 0,035; почва – 0,023 мг/л

Степень подвижности фосфатов (фактор интенсивности) несколько повышалась и при внесении небольшой дозы фосфорных удобрений (P<sub>30</sub>), когда складывался отрицательный баланс фосфора. При внесении максимальной дозы фосфорных удобрений (P<sub>120</sub>) этот показатель по сравнению с фоном N<sub>60</sub>K<sub>60</sub> повысился на 60%. В меньшей мере повышалось содержание подвижного фосфора (20-40%)

Следует отметить и тот факт, что степень подвижности фосфатов на слабоокультуренной почве повышалась в большей мере, чем содержание подвижного фосфора. Такая закономерность в действии фосфорных удобрений на фосфатный режим дерново – подзолистой почвы отмечалась и в других работах (Адрианов, 2004; Кирпичников, 2016; Митрофанова, 2017).

Таким образом, действие фосфорных удобрений на фосфатный режим зависит не только от дозы, но и окультуренности дерново – подзолистой почвы. На слабоокультуренной почве темпы повышения фосфатного состояния почвы от фосфорных удобрений выше, чем на окультуренной почве. Во втором случае почва не пришла в равновесное состояние – наблюдался процесс закрепления фосфатов почвой внесенных в прошлые годы.

Полученные результаты исследования дают основания полагать об эффективности различных элементов технологии возделывания ярового ячменя путём регулирования не только фосфатного режима почвы, но и биологической её активности, как интегрированного показателя плодородия и экологического благополучия в конкретном агроценозе.

**7. Влияние агрохимических свойств дерново – подзолистой почвы на экономическую эффективность фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя.**

В результате проведенных исследований в полевом опыте установлено, что экономическая эффективность применения фосфорных удобрений зависела от дозы фосфорных удобрений и степени окультуренности почвы (табл. 10). На слабоокультуренной почве прибавки урожая ярового ячменя и соответственно их стоимость повышались с увеличением дозы фосфорных удобрений, такая же закономерность отмечалась по размерам условно-чистого дохода. На окультуренной почве стоимость прибавки урожая (практически максимальная) получена при внесении небольшой дозы фосфора (60 кг/га  $P_2O_5$ ) с наибольшим (6,8 тыс руб./га) условно-чистым доходом. Окупаемость затрат, в данном случае, составила 2,18 руб/руб, в то время как на слабоокультуренной почве примерно такая же величина окупаемости затрат получена при внесении высоких доз фосфорных удобрений ( $P_{90}, P_{120}$ ). Если на слабоокультуренной почве условно-чистый доход увеличивался с повышением дозы фосфорных удобрений, то на окультуренной высокие дозы не приводили к дальнейшему его повышению.

Таблица 10

Зависимость экономической эффективности применения фосфорных удобрений от дозы фосфорных удобрений при выращивании ярового ячменя, среднее за 2015-2017 гг.

Вариант	Слабоокультуренная почва				Окультуренная почва			
	Прибавка от $P_2O_5$ , т/га	Стоимость прибавки, руб/га	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Окупаемость $P_2O_5$ , руб/руб	Прибавка от $P_2O_5$ , т/га	Стоимость прибавки, руб/га	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Окупаемость $P_2O_5$ , руб/руб
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-
$N_{60}K_{60}$	-	-	-	-	-	-	-	-
$N_{60}K_{60} + P_{30}$	0,79	6794	5,2	3,37	0,52	4472	2,9	1,87



$N_{60}K_{60} + P_{60}$	1,41	12126	9,0	2,90	1,15	9890	6,8	2,18
$N_{60}K_{60} + P_{90}$	1,83	15738	11,1	2,37	1,22	10492	5,8	1,25
$N_{60}K_{60} + P_{120}$	2,04	17544	11,3	1,82	1,23	10578	4,4	0,70

### Выводы

1. Применение возрастающих доз фосфорных удобрений способствовало повышению урожайности ячменя ярового на 7,9 – 20,4 ц/га на слабоокультуренной почве, на окультуренной на 5,2 – 12,3 ц/га.

2. Повышение урожайности ярового ячменя обусловлено планомерным увеличением надземной фитомассы растений по фазам роста и развития, а также структурой урожая. Количество зерен в колосе при этом изменялось с 17,4 до 22,4 шт на слабоокультуренной почве и с 18,7 до 22,5 шт. на окультуренной, масса 1000 зерен с 43,3 до 48,5 и с 44,7 до 49,5 г соответственно.

3. Под влиянием фосфорных удобрений вынос фосфора урожаем ярового ячменя повышался на слабоокультуренной почве с 38,9 до 68,5 кг/га, на окультуренной почве – с 49,5 до 69,9 кг/га. Отмечалось также некоторое повышение содержания азота и фосфора в зерне ярового ячменя при внесении высоких доз фосфорных удобрений. Удельный вынос азота, фосфора и калия на почвах различной степени окультуренности был примерно одинаковый и составлял: азота с 21,9 до 24,8 кг, фосфора с 11 до 12,8 кг и калия с 18 до 20 кг.

4. При увеличении дозы фосфорных удобрений несколько повышалось содержание сырого белка в зерне: на слабоокультуренной почве с 8,81 до 9,75%, на окультуренной с 9,91 до 10,03%. Содержание крахмала в зерне и экстрактивность при этом практически не изменялись и составляли соответственно 45,1 – 46,5% и 67,5 – 68,7%. Содержание сырой золы, клетчатки и сырого жира по вариантам опыта не изменилось.

5. Улучшение фосфатного режима почвы происходило при внесении больших доз фосфорных удобрений ( $P_{90}$  и  $P_{120}$ ), которые обеспечивали положительный баланс фосфора (150 и 180%) и повышение содержания подвижного фосфора в почве на слабоокультуренной почве на 40%, на окультуренной – на 19%. При этом степень подвижности фосфатов (фактор интенсивности) повышалась в большей мере (на 62-66%), чем содержание подвижного фосфора (фактор емкости).

6. Фосфорные удобрения повышали степень разложения льняного полотна на слабоокультуренной почве с 18% до 49%, на окультуренной с 20 до 58 % по сравнению с фоном.

7. Экономическая эффективность применения фосфорных удобрений зависела от дозы, а также окультуренности дерново-подзолистой почвы. Условно-чистый доход при выращивании ярового ячменя на

слабоокультуренной почве повышался с увеличением дозы  $P_2O_5$  с 5,2 до 11,3 тыс. руб/га, на окультуренной почве он был максимальным (6,8 тыс.руб./га) при внесении небольшой дозы  $P_2O_5$  (60 кг/га). Окупаемость затрат во втором случае составила 2,18 руб/руб, а на слабоокультуренной почве примерно такой же уровень отмечался при внесении высоких доз фосфорных удобрений ( $P_{90}$  и  $P_{120}$ ).

### **Предложения производству**

Для получения высокой урожайности ярового ячменя интенсивного типа порядка 50-60 ц/га на слабоокультуренной дерново – подзолистой суглинистой почве требуется внесение фосфорных удобрений в количестве 90-120 кг/га  $P_2O_5$  на фоне азотных и калийных с использованием средств защиты растений. При этом обеспечивается окупаемость 1 кг  $P_2O_5$  прибавкой зерна около 20 кг и условно-чистый доход 11,1 – 11,3 тыс. руб./га. Интенсивность баланса фосфора составляла 130-150%.

На окультуренной дерново – подзолистой суглинистой почве обеспечивается урожайность ярового ячменя 61-65 ц/га при меньшей дозе фосфорных удобрений (60 кг/га  $P_2O_5$ ) с окупаемостью 1 кг  $P_2O_5$  прибавкой зерна 19 кг. При этом содержание подвижного фосфора в почве поддерживается на исходном повышенном уровне.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

1. Тованчев И.В. Окупаемость фосфорных удобрений при выращивании ярового ячменя на дерново – подзолистой тяжелосуглинистой почве с различной окультуренностью// Плодородие. – 2017. - №2. – С. 18 – 19
2. Тованчев И.В. Эффективность фосфорных удобрений в зависимости от степени окультуренности дерново – подзолистой почвы// Агрохимический вестник. – 2017. - №5. – С.59 – 61
3. Тованчев И.В. Эффективность применения фосфорных удобрений в посевах ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Нур на дерново – подзолистой почве с различной степенью окультуренности / **Тованчев И.В.**, Кирпичников Н.А. //Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. - №1. – С. 34 – 37.
4. Тованчев И.В. Влияние агрохимических свойств дерново – подзолистой почвы на агроэкономическую эффективность фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя в севообороте. / Кирпичников Н.А., Бижан С.П., **Тованчев И.В.**// Агрохимический вестник. – 2019. - №2, – С. 10-13
5. Тованчев И.В. Влияние агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы на окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожая зерновых культур/ Кирпичников Н.А., Бижан С.П., **Тованчев И.В.** // Плодородие. – 2019. - №1. – С. 19 – 21
6. Тованчев И.В. Влияние фосфорных удобрений при различной окультуренности дерново – подзолистой почвы на урожайность и качество

ярового ячменя// «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства»/Материалы 52-й Международной научной конференции молодых учёных, специалистов – агрохимиков и экологов, посвященной 200 –летию профессора Я.А. Линовского. – М.:ВНИИ агрохимии, - 2018. – С. 196-198.