

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по научно-инновационной работе и  
международному сотрудничеству



Э.Д. Акманаев  
2024 г.

УДК 631.893

ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ВНЕДРЕНИЮ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАЗРАБОТКИ НА ТЕМУ:  
«ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ FERTIMARK НА  
УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ»

Руководитель НИР



ПОДПИСЬ

М.Г. Субботина

Пермь, 2024

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,  
канд. с.-х. н., доцент кафедры  
агрохимии и почвоведения

  
\_\_\_\_\_

М.Г. Субботина

Исполнители темы:  
канд. с.-х. н.,  
зав.лабораторией кафедры  
агрохимии и почвоведения

  
\_\_\_\_\_

М.И. Пинаева

аспирант кафедры агрохимии  
и почвоведения

  
\_\_\_\_\_

А.А. Старкова

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Методика и условия проведения исследований .....	4
1.1. Методика вегетационного опыта .....	4
1.2. Методика сопутствующих лабораторных исследований .....	8
2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	9
2.1. Влияние комплексных удобрений FERTIMark на динамику накопления азота, фосфора и калия в биомассе растений ячменя .....	9
2.2. Влияние комплексных удобрений FERTIMark на качество зерна ячменя	12
2.4. Действие комплексных удобрений FERTIMark на динамику минеральных форм фосфора дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы	16
Выводы .....	18
Список литературы .....	20
Приложения .....	22

## ВВЕДЕНИЕ

Поиск решений для мобилизации фосфора из нерастворимых соединений в доступные для питания растений формы остаётся актуальной задачей современной агрохимической отрасли.

Водорастворимый фосфор необходим для питания растений в начальные фазы развития для формирования корневой системы, поэтому сельскохозяйственные культуры должны быть достаточно обеспечены этой формой фосфатов с момента прорастания семени.

Перспективной разработкой компании ООО «Терминал-Лысьва» является получение комплексных удобрений на основе фосфоритной муки при смешивании её с физиологически кислыми минеральными удобрениями. Такое решение является конкурентоспособным в ценовой политике, т.к. производится из доступного сырья.

Цель работы — оценить влияние комплексных удобрений FERTIMark на урожайность и качество зерна ячменя выращиваемого на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в условиях вегетационного опыта.

В соответствии с целью сформулированы следующие задачи:

1. Изучить динамику накопления азота, фосфора и калия в биомассе растений ячменя в течение вегетации под действием комплексных удобрений;
2. Изучить влияние комплексных удобрений FERTIMark на структуру урожая ячменя;
3. Изучить влияние комплексных удобрений FERTIMark на качество зерна ячменя.
4. Изучить влияние комплексных удобрений FERTIMark формы минерального фосфора в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве.

## 1. Методика и условия проведения исследований

### 1.1. Методика вегетационного опыта

Вегетационный метод в опытах с удобрениями даёт возможность лучше изучить требования растений к различным формам удобрений. В вегетационном опыте растениям создаются оптимальные условия, в результате эффект от удобрений проявляется резче, заметнее, чем в полевых условиях. Вегетационные опыты представляют большую ценность, они позволяют установить не только доступность растениям тех или иных питательных веществ на данной почве, но и как сами растения используют различные формы удобрений (Шеуджен А.Х., 2014).

Вегетационные опыты проведены на территории УНЦ «Липогорье» ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ в вегетационном домике кафедры агрохимии и почвоведения в летне-осенний период 2024 года по стандартной методике в изложении З.И. Журбицкого.

Схема опыта 1:

1. Контроль (без удобрений);
2.  $N_{0,20}P_{0,20}K_{0,20}$  FERTIMark NPKS(Ca);
3.  $N_{0,20}P_{0,20}K_{0,20}$  диаммофоска.

Схема опыта 2:

1. Контроль - фон ( $K_{0,20}$  кк);
2. Фон +  $N_{0,20}P_{0,20}$  FERTIMark NPS(Ca);
3. Фон +  $N_{0,20}P_{0,20}$  аммофос.

Для заложения опыта использовались эмалированные сосуды Митчерлиха 20x20 см, вмещающие 7 кг почвы полевой влажности. Посев пророщенных семян ячменя сорта Памяти Чепелева (характеристика сорта представлена в приложении 1) производили по 30 штук на сосуд. Глубина заделки семян составляла 3,5 см. В течение вегетации по фазам развития проводили отбор растений для химического анализа и к уборке оставляли по

20 растений на сосуд. Уход заключался в поддержании влажности на уровне 60 % от полной влагоёмкости и удалении сорной растительности, обработке от вредителей.

Постановка опыта с почвенной культурой (ячмень яровой) включала подготовку почвы, сосудов, удобрений и семян, набивку сосудов, посев, уход за посевами, наблюдение, уборку и учет урожая, составление отчета. Вегетационный опыт заложен в соответствии с приведёнными схемами в шестикратной повторности.

Дерново-подзолистую тяжелосуглинистую почву для опыта отбирали со всей глубины пахотного горизонта в летний период, с опытного поля ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ д.Огрызково Фроловского с/п, где за весь период ротации севооборота не осуществлялся внос органических и минеральных удобрений. Количество необходимой почвы для вегетационного опыта определяли с учетом числа сосудов и их емкости. Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая малогумусная почва характеризовалась слабокислой реакцией среды (табл. 1). Емкость катионного обмена умеренно низкая, степень насыщенности основаниями - высокая, содержание фосфора повышенное (131 мг/кг), калия низкое – 70 мг/кг.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика гумусового горизонта дерново-подзолистой почвы, взятой для закладки вегетационного опыта (0-25 см)

Гумус, %	рН <sub>KCl</sub>	S	Hг	ЕКО	V, %	Подвижные формы, мг/кг	
		мг-экв/100г почвы				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1,8	5,8	19,5	2,5	22,0	89	131	70

Лучше всего ячмень развивается при рН свыше 5,6-5,8, на более кислых почвах он не полностью реализует биологический потенциал урожая (Э.Д. Неттевич и др., 1981).

Норму минерального удобрения по вариантам рассчитывали исходя из массы абсолютно сухой почвы, вмещающейся в сосуд. Навески сухих удобрений предварительно подготавливали (растирали, взвешивали), переносили в пакетики на них указывали вариант схему опыта, вид, форму удобрения и массу навески в граммах.

Удобрения в сосуд вносили и по средним рекомендованным дозам для вегетационного опыта ( $N_{0.15} P_{0.10} K_{0.10}$ ). Расчет доз удобрений данным способом более точен, так как позволяет рассчитать дозу применительно к взятому объему сосуда, изменять дозы удобрений в широких пределах, легче рассчитать баланс элементов.

Установлено, что для нормального развития зерновых культур достаточно использовать сосуды, вмещающие не менее 5 кг почвы. В нашем опыте сосуды вмещали 5,740 кг абсолютно сухой почвы. Расчет норм и фактических навесок удобрений для опытов представлен в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Расчет навесок удобрений для опыта 1

№ п/п	Вариант опыта	Наименование удобрения	Доза элемента питания, г/кг абсолютно сухой почвы	Масса навески на сосуд (Н <sub>у</sub> ), г	Кол-во навесок, шт.	Номера сосудов
1.	Без удобрений	-	-	-	-	40,41,42, 43,44
2.	I	FERTI Mark NPKS(Ca)	$N_{0.15} P_{0.10} K_{0.10}$	3,59	8	50,52,53, 54,55,56
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (21%)		3,05		
3.	II	Диаммофоска 10:26:26	$N_{0.15} P_{0.10} K_{0.10}$	2,21	8	45,46,47, 48,49,51
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (21%)		3,43		

## Расчёт навесок удобрений для опыта 2

№ п/п	Вариант опыта	Наименование удобрений	Доза элемента питания, г/кг абсолютно сухой почвы	Масса навески на сосуд (Ну), г	Кол-во навесок, шт.	Номера сосудов
1.	фон (K <sub>0,20</sub> кх)	KCl 60%	K <sub>0,10</sub>	0,96	7	57,58,59,60,61
2.	Фон + N <sub>0,20</sub> P <sub>0,20</sub> FERTIMark NPS(Ca)	FERTI Mark NPS(Ca)	N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub>	4,1	8	62,63,64,65,66,67
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (21%)		3,48		
		KCl (фон 1)		0,96		
3.	Фон + N <sub>0,20</sub> P <sub>0,20</sub> аммофос	Аммофос	N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub>	1,1	8	68,69,70,71,72,73
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (21%)		2,34		
		KCl (фон 1)		0,96		

Для выравнивания условий освещения и нагревания сосудов при поливе проводили перестановку их местами: средние выставляют на края, а крайние ставят в середину (Авдеенко А.П. 2018).

Растительные образцы отбирали по фенологическим фазам развития ячменя: кущение, выход в трубку, колошение-цветение, полная спелость. В день отбора проводилась тканевая диагностика обеспеченности элементами питания по Церлинг В.В. (приложение 3, 4).

Почвенные образцы отбирали в фазу кущения и во время уборки на глубину 0-25 см с помощью почвенного бура.

Учёт урожая проводили в фазу твёрдой (технической) спелости зерна после уборки растений в снопы и досушивания в сухом проветриваемом помещении. Математическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа по Доспехову Б.А. (2011).

## 1.2. Методика сопутствующих лабораторных исследований

При учёте урожая провели отбор пробных снопов для оценки качества получаемого корма и определения биохимического состава соломы и зерна по следующим методикам:

1. Определение потребности растений в элементах минерального питания (Церлинг В.В., 1990);
2. Определение азота, фосфора и калия в растениях из одной навески по Пиневиц в модификации Куркаева (Куркаев В.Т., 1959);
3. Биохимический состав зерна ячменя по ГОСТ ISO 12099–2017 Корма, зерно и продукты его переработки. Руководство по применению спектрометрии в ближней инфракрасной области;

Лабораторные исследования почвенных проб проводили по следующим методикам:

1. Определение рН солевой вытяжки по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85);
2. Определение суммы обменных оснований по Каппену–Гильковицу (ГОСТ 27821-88);
3. Емкость катионного обмена и степень насыщенности почв основаниями получили расчетным методом по формуле:

$$\text{ЕКО, моль/100г} = \text{S} + \text{Hг}; \quad \text{V, \%} = \frac{\text{S} \cdot 100}{\text{ЕКО}}$$

4. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91);
5. Содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91);
6. Определение содержания обменного фосфора и калия в почве по методу А. Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91) [15];
7. Водорастворимый фосфор, фосфор слабосолевой вытяжки (0,03н  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) по методу Карпинского и Замятиной (1958) (Карпинский, 1958).

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Влияние комплексных удобрений FERTIMark на динамику накопления азота, фосфора и калия в биомассе растений ячменя

Вегетационный период ячменя сравнительно короткий 90 дней и растения особенно нуждаются в легкодоступных питательных веществах в начальный период роста. Содержание элементов питания в составе биомассы растений на протяжении вегетации значительно меняется, уже через три недели после появления всходов они накапливают почти половину потребного им за весь вегетационный период фосфора, около трех четвертей калия и значительную часть азота. (Э.Д. Неттевич и др., 1981).

Уровень минерального питания оказывает значительное влияние на вынос элементов культурами. Результаты накопления азота, фосфора и калия в надземной массе ячменя по фазам вегетации в проведенных опытах представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4  
Элементный состав надземной массы ярового ячменя в опыте 1,  
% в воздушно-сухом веществе

Вариант	Содержание			Изменения относительно контроля, % абс.		
	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
<i>фаза кущения</i>						
Контроль (без удобрений)	4,23	0,75	3,4	-	-	-
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> FERTIMark NPKS(Ca)	6,17	1,05	9,3	1,94	0,30	5,9
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> диааммофоска	4,49	1,15	9,0	0,26	0,40	5,6
<i>фаза выхода в трубку</i>						
Контроль (без удобрений)	0,55	2,20	4,2	-	-	-
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> FERTIMark NPKS(Ca)	1,72	1,84	8,9	1,17	-0,36	4,7
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> диааммофоска	1,59	2,20	6,6	1,04	0	2,4
<i>фаза колошения-цветения</i>						
Контроль (без удобрений)	0,46	0,28	1,2	-	-	-
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> FERTIMark NPKS(Ca)	1,26	0,23	2,4	0,80	-0,05	1,2
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> диааммофоска	1,86	0,88	6,2	1,40	0,60	5,0

Применение комплексных минеральных удобрений FERTIMark NPKS(Ca) и диаммофоска способствует накоплению содержания азота, фосфора и калия по сравнению с контрольным вариантом. По мере роста и развития растений содержание питательных веществ в надземной массе ярового ячменя постепенно изменяется.

В опыте 1 отмечается максимальное содержание азота в надземной части растений ячменя в варианте с FERTIMark NPKS(Ca) в фазу кущения и составляет 6,17 %, что превышает содержание азота по отношению к контролю и варианту с диаммофоской в 1,9 и 1,7 раз соответственно. Период трубкования FERTIMark NPKS(Ca) обеспечивает наибольшую прибавку азота относительно контроля - на 1,17%, в фазу колошения диаммофоска обладает более выраженным эффектом по сравнению с контролем.

Содержание фосфора в фазу кущения также увеличивалось от изучаемых удобрений в варианте с FERTIMark NPKS(Ca) прибавка составила 0,3 %, а в третьем варианте 0,4% по сравнению с контролем. Диаммофоска и FERTIMark NPKS(Ca) незначительно повлияли на содержание фосфора в фазу выхода в трубку ярового ячменя, но в период колошения-цветения в третьем варианте наблюдается выраженная аккумуляция фосфора относительно контроля и второго варианта.

Как второй, так и третий варианты способствовали накоплению калия в фазу кущения по сравнению с контролем и действовали практически одинаково. Наибольшее накопление калия в фазу трубкования обеспечивало удобрение FERTIMark NPKS(Ca), прибавка по отношению к контролю составила 4,7 %, а в период цветения максимальное накопление калия в надземной массе ячменя отмечается при использовании диаммофоски - 6,2 %.

В результате изучения элементного состава зеленой массы ярового ячменя в опыте 2 (табл. 5) можно отметить, что в фазу кущения применение аммофоса по калийному фону обеспечивает наилучшие показатели по содержанию азота, фосфора и калия - 5,81, 1,29 и 12,0 % на абсолютно сухое вещество ярового ячменя соответственно.

Таблица 5

Элементный состав надземной массы ярового ячменя в опыте 2,  
% в воздушно-сухом веществе

Вариант	Содержание			Изменения относительно фона, %		
	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
<i>фаза кущения</i>						
K <sub>0,10</sub> - фон	2,81	0,83	7,6	-	-	-
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> FERTIMark NPS(Ca)	5,23	0,96	7,3	2,42	0,13	-0,3
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> аммофос	5,81	1,29	12,0	3,00	0,46	4,4
<i>фаза выхода в трубку</i>						
K <sub>0,10</sub> - фон	1,26	2,06	5,7	-	-	-
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> FERTIMark NPS(Ca)	2,61	2,24	7,0	1,35	0,18	1,3
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> аммофос	2,58	1,35	6,4	1,32	-0,71	0,7
<i>фаза колошения, цветения</i>						
K <sub>0,10</sub> - фон	0,19	0,40	3,4	-	-	-
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> FERTIMark NPS(Ca)	1,67	0,49	3,6	1,48	0,09	0,2
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> аммофос	1,42	0,40	5,8	1,23	0	2,4

В фазу выхода в трубку закономерности по действию изучаемых вариантов меняются. Применение FERTIMark NPS(Ca) и аммофоса оказывали практически равнозначное действие на содержание азота в зелёной массе ячменя, прибавки по сравнению с фоном составили - 1,35 и 1,32 % абс. соответственно. Положительное действие FERTIMark NPS(Ca) проявлялось и по накоплению фосфора и калия, отмечено увеличение фосфора на 0,18 % абс. и калия на 1,3 % абс. относительно фона.

В фазу колошения растительные пробы варианта с применением FERTIMark NPS(Ca) также отличались более высоким содержанием азота и фосфора по сравнению с фоном и вариантом с применением аммофоса. Однако положительное действие аммофоса проявлялось в большем накоплении калия в сравнении с остальными изучаемыми вариантами опыта.

## 2.2. Влияние комплексных удобрений FERTIMark на качество зерна ячменя

Ячмень - важная продовольственная, фуражная и техническая культура. В его зерне содержится 10-12 % сырого протеина, 2,0-2,2 % сырого жира, 4,5-6,0 % сырой клетчатки, 60-66 % БЭВ, 2,8-3,5 % сырой золы (Л.Г. Груздев и др., 1974; Б.П. Плешаков, 1980).

Результаты биохимического состава зерна ячменя под действием изучаемых форм комплексных удобрений представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6

Влияние изучаемых факторов на качество зерна ярового ячменя в опыте 1, в % на абсолютно сухое вещество

Вариант	Сырой протеин	Влага	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	Зола нерастворимая в соляной кислоте	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> FERTIMark NPKS(Ca)	11,78	12,42	1,99	7,01	3,42	0,82	0,06	0,24
N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> диаммофоска	13,78	12,34	1,92	7,77	3,49	0,79	0,06	0,38

Урожайность зерна в контрольном варианте была на очень низком уровне, что не позволило провести биохимический анализ.

В результате комплексного обследования зерна ячменя в первом вегетационном опыте, изучаемые комплексные удобрения проявляли равнозначное действие на все показатели биохимического состава, кроме сырого протеина и содержания фосфора. Внесение диаммофоски способствовало большему накоплению сырого протеина и фосфора в зерне ячменя. Прибавка сырого протеина составила 2 % абс., а фосфора 0,14 % абс. относительно варианта с FERTIMark NPKS(Ca).

Влияние изучаемых факторов на качество зерна ярового ячменя в опыте 2, в % на абсолютно сухое вещество

Вариант	Сырой протеин	Влага	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	Зола нерастворимая в соляной кислоте	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K <sub>0,10</sub> кx - фон	6,24	11,90	2,38	5,16	3,74	1,06	0,04	0,30
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> FERTIMark NPS(Ca)	14,34	12,20	1,94	7,46	3,41	0,79	0,06	0,35
Фон + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> аммофос	9,22	12,17	2,06	6,28	3,44	0,85	0,05	0,34

Во втором вегетационном опыте внесение FERTIMark NPS(Ca) способствовало формированию более высокого содержания сырого протеина (14,34%) и сырой клетчатки (7,46%) в зерне ячменя. Изучая остальные качественные показатели, существенных различий между FERTIMark NPS(Ca) и аммофос не выявлено, данные комплексные удобрения одинаково влияли на качество зерна ячменя.

### 2.3. Влияние комплексных удобрений FERTIMark на урожайность ячменя

Ячмень в производственных условиях может давать урожай зерна свыше 5,0 т/га, а созданные в последнее время сорта ячменя обладают потенциальной урожайностью 6-7 т/га (Бельтюков Л.П., 2002; Бельтюков Л.П., 2003, Ерешко, А.С. 2015).

Результаты учёта урожая основной и побочной продукции ярового ячменя сорта Памяти Чепелева в проведённых опытах представлены в таблице 8 и 9.

После математической обработки данных урожайности ярового ячменя (таблица 8, приложение 3), установлено, что варианты с изучаемыми комплексными удобрениями значительно увеличивают показатели всех компонентов структуры, что подтверждает эффективность удобрений.

Таблица 8

Влияние изучаемых факторов на урожайность зерна ярового ячменя  
в опыте 1

Вариант	Доза удобрения	Масса, г/сосуд			
		зерна	прибавка относительн о контроля	соломы	прибавка относительно контроля
I	Контроль (без удобрений)	3,08	-	2,78	-
II	N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> FERTIMark NPKS(Ca)	10,62	7,54	13,36	10,58
III	N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> диаммофоска	11,10	8,02	17,21	14,43
НСР <sub>05</sub> , %		11,47		29,52	
НСР <sub>05</sub> , г		0,95		3,28	

По данным таблицы 8 можно отметить, что влияние удобрений FERTIMark NPKS(Ca) и диаммофоски на урожайность зерна ячменя было равнозначным. Прибавки по сравнению с контролем составили 7,54 и 8,02 г/сосуд (НСР<sub>05</sub> = 0,95 г/сосуд) соответственно.

На урожайность соломы в большей степени оказала действие

диаммофоска - установлены существенные различия при её применении, как по сравнению с контролем (на 14,43 г/сосуд), так и по сравнению с FERTIMark NPKS(Ca) (на 3,85 г/сосуд). Однако внесение FERTIMark NPKS(Ca) также обеспечивало значительную прибавку по сравнению с контролем - на 10,58 г/сосуд ( $HCp_{05} = 3,28$  г/сосуд).

Использование комплексных удобрений FERTIMark NPS(Ca) и аммофос значительно повысило массу зерна и соломы по сравнению с калийным фоном (табл. 9).

Таблица 9

Влияние изучаемых факторов на урожайность зерна ярового ячменя в опыте 2

Вариант	Доза удобрения	Масса, г/сосуд			
		зерна	прибавка относительно контроля	соломы	прибавка относительно контроля
I	Фон $K_{0,10Kx}$	4,62	-	4,40	-
II	Фон + $N_{0,15}P_{0,10}$ FERTIMark NPS(Ca)	11,93	7,31	14,93	10,53
III	Фон + $N_{0,15}P_{0,10}$ аммофос	15,74	11,12	12,71	8,31
$HCp_{05, \%}$		11,47		24,95	
$HCp_{05, \Gamma}$		1,23		2,66	

Внесение FERTIMark NPS(Ca) увеличивало урожайность зерна ячменя на 7,31 г/сосуд по сравнению с фоновым вариантом, тогда как внесение аммофоса на 11,12 г/сосуд ( $HCp_{05} = 1,23$  г/сосуд).

Прибавка соломы в варианте с FERTIMark NPS(Ca) относительно фона была выше на 2,23 г/сосуд, чем в варианте с аммофосом, но математически эти изменения были не существенны ( $HCp_{05} = 2,66$  г/сосуд).

## 2.4. Действие комплексных удобрений FERTIMark на динамику минеральных форм фосфора дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы

Прогнозирование процессов превращения питательных веществ поступающих в почву с минеральными удобрениями достаточно сложная задача, т.к. многие факторы, такие как влажность, температура, микробиологическая активность, реакция среды, могут оказывать влияние.

В наших опытах действие изучаемых комплексных удобрений на подвижные формы фосфора и другие агрохимические свойства было не однозначным (табл. 10-13).

Таблица 10

Содержание фосфора в дерново-подзолистой почве, в опыте 1

Вариант	pH <sub>KCl</sub>	Водорастворимые фосфаты, мг/кг	Степень подвижности фосфатов, по Карпинскому-Замятиной, мг/кг	Подвижный фосфор по Кирсанову, мг/кг
<i>в фазу кущения</i>				
I	5,9	2,8	9,2	61,7
II	5,6	2,9	12,3	89,7
III	5,6	2,3	11,4	75,5
<i>в период уборки урожая</i>				
I	5,4	0,83	2,4	102,7
II	5,0	0,87	1,8	162,0
III	4,8	0,54	1,7	148,3

Прежде всего можно отметить подкисление почв под действием удобрений, которое проявилось уже в течение вегетационного периода ячменя, что может быть связано с усилением нитрификации.

Содержание водорастворимых фосфатов в начале вегетационного периода во всех вариантах опытов находилось на одном уровне в пределах 2,3-3,4 мг/кг, но к уборке значительно снизилось. Применение удобрений не отразилось на водорастворимой форме фосфора.

Содержание подвижных форм фосфора в дерново-мелкоподзолистой  
тяжелосуглинистой почве в опыте 2

Вариант	pH <sub>KCl</sub>	Водорастворимые фосфаты, мг/кг	Степень подвижности фосфатов, по Карпинскому- Замятиной мг/кг	Подвижные фосфаты по Кирсанову, мг/кг
<i>в фазу кущения</i>				
I	5,9	3,2	10,2	98,7
II	5,6	2,3	14,0	69,4
III	5,6	3,4	9,6	66,6
<i>в период уборки урожая</i>				
I	5,4	0,6	1,5	103,7
II	4,9	0,7	1,4	133,4
III	4,8	1,1	1,4	109,3

Степень подвижности фосфатов, как и содержание подвижного фосфора увеличивались в вариантах с внесением комплексных удобрений, что подтверждает данные элементного анализа биомассы растений и демонстрирует улучшение условий питания ярового ячменя.

Внесение комплексных удобрений марки FERTIMark как в первом, так и во втором опытах в большей степени увеличивало степень подвижности фосфатов, а значит и подтверждает быструю трансформацию фосфатов из удобрений.

## Выводы

По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Влияние удобрений FERTIMark NPKS(Ca) и диаммофоски на урожайность зерна ячменя было равнозначным. Прибавки по сравнению с контролем составили 7,54 и 8,02 г/сосуд ( $HCP_{05} = 0,95$  г/сосуд) соответственно.

2. Внесение FERTIMark NPS(Ca) в меньшей мере повышало урожайность зерна ячменя, чем внесение аммофоса. Прибавки по сравнению с фоновым вариантом составили 7,31 г/сосуд и 11,12 г/сосуд соответственно ( $HCP_{05} = 1,23$  г/сосуд).

3. Комплексные удобрения FERTIMark NPKS(Ca) и FERTIMark NPS(Ca) обеспечивали необходимый уровень минерального питания растений ячменя ярового в критические периоды развития в условиях выращивания его на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой малогумусной почве. Максимальное содержание азота в надземной части растений ячменя отмечалось в варианте с FERTIMark NPKS(Ca) в фазу кущения и составляло 6,17 %, что превысило содержание азота по отношению к контролю и варианту с диаммофоской в 1,9 и 1,7 раз соответственно.

4. Изучаемые комплексные удобрения проявляли равнозначное действие на все показатели биохимического состава, кроме сырого протеина и содержания фосфора. Внесение диаммофоски способствовало большему накоплению сырого протеина и фосфора в зерне ячменя. Прибавка сырого протеина составила 2 % абс., а фосфора 0,14 % абс. относительно варианта с FERTIMark NPKS(Ca).

5. Внесение FERTIMark NPS(Ca) способствовало формированию максимального в опытах содержания сырого протеина (14,34%) в зерне ячменя.

6. Содержание водорастворимых фосфатов в начале вегетационного периода во всех вариантах опытов находилось на одном уровне в пределах 2,3-3,4 мг/кг, но к уборке значительно снизилось. Применение удобрений не отразилось на водорастворимой форме фосфора.

7. Внесение комплексных удобрений марки FERTIMark как в первом, так и во втором опытах в большей степени увеличивало степень подвижности фосфатов, а значит и подтверждает быструю трансформацию фосфатов из удобрений.

## Список литературы

1. Авдеенко А.П. Основы научных исследований: учебное пособие / составители А. П. Авдеенко [и др.]. — Персиановский: Донской ГАУ, 2018. — 184 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133424>.
2. Бельтюков, Л.П. Применение удобрений под зерновые культуры на Дону / Л.П. Бельтюков, А.А. Гриценко. — зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2003. — С. 228.
3. Бельтюков, Л.П. Сорт, технология, урожай / Л.П. Бельтюков. — Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2002. — 174 с.
4. Бобкова, Ю. А. Агрохимические методы исследований: учебное пособие / Ю. А. Бобкова, Н. И. Абакумов, А. Г. Наконечный. — Орел: ОрелГАУ, 2013. — 163 с.
5. ГОСТ 12099–2017. Корма, зерно и продукты его переработки. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.10.2024).
6. ГОСТ 26207–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 16.10.2024).
7. ГОСТ 26212–91. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.09.2024). ГОСТ 26483–85.
8. ГОСТ 27821–88. Определение суммы обменных оснований по Каппену-Гильковицу. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.09.2024).
9. ГОСТ Р 71208-2024 Зерно. Определение влажности, белка, количества клейковины методом спектроскопии в ближней инфракрасной области. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.10.2024).

10. Груздьев, Л.Г. Компонентный состав белков зерна ячменя при применении гербицидов на различных уровнях питания / Л.Г. Груздьев, Л.В. Посмитная, В.Ф. Ладонин // Доклады ВАСХНИЛ. – 1974. – № 7. – С. 12–14.
11. Ерешко, А.С. Ячмень: от селекции к производству / А.С. Ерешко. – Ростов-на-Дону: ООО «Тера», 2005. – 184 с.
12. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода [Текст] / З.И. Журбицкий. – М.: Наука, 1968. – 260 с. - [https://plantphys.bio.msu.ru/especial Журбицкий%201968.pdf](https://plantphys.bio.msu.ru/especial_Jурбицкий%201968.pdf). - Текст: электронный.
13. Кидин В. В, Дерюгин И. П., Кобзаренко В. И. Практикум по агрохимии. – М.: КолоС, 2008. – 599 с.
14. Куркаев В.Т. Ускоренное определение азота, фосфора и калия в растениях из одной навески // Почвоведение. 1959. № 9. С. 114-117.
15. Метод Карпинского и Замятиной [Электронный ресурс] // Все об агрохимии. – Режим доступа: <http://agrohimija24.ru/agrohimicheskie-metody/1765-metod-karpinskogo-i-zamyatinoj.html>. – Дата доступа: 07.11.2024.
16. Неттевич, Э.Д. Особенности фотосинтеза и формирования урожая ярового ячменя в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР / Э.Д. Неттевич, О.А. Комар // Вестник сельскохозяйственных науки. – 1980. – № 2. – С. 61–67.
17. Определение рН солевой вытяжки по методу ЦИНАО. – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 18.09.2024).
18. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Колос, 1980. – 495 с.
19. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 325 с.
20. Шеуджен А.Х. Курс лекций по экспериментальной агрохимии: учебное пособие/ Кубанский государственный аграрный университет, 2014.- 62с.

## Приложения

## Характеристика ярового ячменя сорта «Памяти Чепелева»

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.).

Авторы: Киселёв Ю.А., Толмачева Л.М., Максимов Р.А.

Регион допуска: Волго-Вятский, Средневолжский, Уральский, Центральный.

Разновидность: нутанс.

Колос средней длины 6,4-6,8 см. Среднестебельный. Длина стебля 48-82 см.

Стебель прочный, устойчивость к полеганию высокая (7-9 баллов).

Направление использования: ценная(ый) по качеству.

Срок созревания (группа спелости): средний (среднеспелый).

Содержание белка: 8,6-11,0 %.

Масса 1000 зерен: 40-51 г.

Вегетационный период 79-99 дней.

Устойчив к полеганию.

Засухоустойчивость высокая.

Характеризуется более высокой устойчивостью к недостатку влаги в первой половине лета.

В период выхода в трубку-колошения наиболее благоприятной температурой является 20-22 °С, при созревании – 23-24 °С.

Средняя урожайность в Волго-Вятском регионе – 43,7 ц/га, на 4,1 ц/га выше среднего стандарта. В Пермском крае прибавка к стандартному сорту Гонар составила 3,2 ц/га, в Свердловской области к стандарту Ача – 4,6 ц/га, в Удмуртской Республике к стандарту Раушан – 4,7 ц/га при урожайности 46,9; 51,3 и 39,4 ц/га соответственно. Максимальная урожайность – 81,5 ц/га – получена в 2015 г. в Нижегородской области.

Может поражаться корневыми гнилями, стеблевой ржавчиной, мучнистой росой и пыльной головнёй.

## Программа исследований в вегетационных опытах

№ п/п	Содержание задания	Сроки
1.	Составление плана вегетационного опыта	20.06.2024
2.	Отбор и мойка сосудов, подкраска и маркировка	24.06.2024– 26.06.2024
3.	Тарирование сосудов	24.06.2024– 26.06.2024
4.	Отбор почвы с поля, материала, пробная набивка сосуда	20.06.2024– 26.06.2024
5.	Определение влажности почвы, влагоемкости, агрохимических свойств	26.06.2024
6.	Подготовка удобрений и взятие навесок	27.07.2024
7.	Набивка сосудов	28.08.2024
8.	Подготовка посевного	27.07.2024
9.	Посев ярового ячменя	28.08.2024
10.	Уход за опытом, своевременная (прополка, прореживание, полив с учётом поливной массы сосуда)	в период вегетации
11.	Отбор растительных образцов в фазы: кушения, выход в трубку, колошение, фенологические наблюдения	14.07.20124
12.	Проведение листовой диагностики по каждому из основных элементов питания (NPK)	14.07.2024
13.	Отбор растительных образцов в фазу трубкования, фенологические наблюдения (5 растений)	25.07.2024
14.	Проведение листовой диагностики по каждому из основных элементов питания (NPK)	25.07.2024
16.	Отбор почвенных образцов в фазу выхода в трубку	25.07.2024
17.	Отбор растительных образцов в фазу колошение, фенологические наблюдения (5 растений)	18.08.2024
18.	Проведение листовой диагностики по каждому из основных элементов питания (NPK)	18.08.2024
20.	Отбор растительных образцов в фазу спелости, фенологические наблюдения	27.09.2024
21.	Отбор почвенных образцов после уборки урожая	27.09.2024
22.	Учет урожайности и её структуры	30.09.2024– 18.10.2024
23.	Анализ почвенных проб: рН <sub>сол</sub> , Нг, S, подвижные фосфор и калий по Кирсанову, водорастворимый фосфор, фосфор слабосолевой вытяжки (0,03н K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) по методу Карпинского и Замятиной (1958)	01.09.2024– 27.09.2024
24.	Анализ растительных проб: определение азота, фосфора и калия после ускоренного озольнения по Куркаеву, анализ зерна ячменя на приборе ИнфраЛюм.	30.09.2024– 14.10.2024
25.	Математическая обработка полученных данных	14.10.2024– 31.10.1014
26.	Написание отчёта	11.11.2024– 29.11.2024

## Дисперсионный анализ опыта 1

Дисперсия	Сумма кв.	Степень свободы	Средний кв.	Fф	F05
Общая	521,4	11	-	-	-
Вариантов	494,5	4	123,6	32,2	4,1
Остаток (ошибки)	26,8	7	3,8	-	-

## Дисперсионный анализ опыта 2

Дисперсия	Сумма кв.	Степень свободы	Средний кв.	Fф	F05
Общая	264,1	11	-	-	-
Вариантов	246,4	4	61,61	24,38	4,12
Остаток (ошибки)	17,7	7	2,53	-	-

Обеспеченность ячменя азотом, фосфором и калием в фазу кущения  
(по результатам экспресс-лаборатории В.В. Церлинг)

Вариант	Нитратный азот	Фосфор	Калий
<i>Опыт 1</i>			
I	не нуждаются	средне нуждаются	сильно нуждаются
II	не нуждаются	слабо нуждаются	сильно нуждаются
III	не нуждаются	слабо нуждаются	нуждаются
<i>Опыт 2</i>			
I	не нуждаются	средне нуждаются	нуждаются
II	не нуждаются	средне нуждаются	нуждаются
III	не нуждаются	слабо нуждаются	нуждаются

Обеспеченность ячменя азотом, фосфором и калием в период выхода в  
трубку (по результатам экспресс-лаборатории В.В. Церлинг)

Вариант	Нитратный азот	Фосфор	Калий
<i>Опыт 1</i>			
I	не нуждаются	сильно нуждаются	нуждается
II	не нуждаются	средне нуждаются	очень нуждается
III	не нуждаются	средне нуждаются	нуждается
<i>Опыт 2</i>			
I	не нуждаются	слабо нуждаются	очень сильно нуждается
II	не нуждаются	средне нуждаются	очень нуждается
III	не нуждаются	слабо нуждаются	очень нуждается

Структура урожайности ячменя в опыте I

№ сосуда	Вариант	Кол-во растений в сосуде, шт.	Число стеблей, шт.		Кустистость	Общая высота стебля, см	Масса снопа без корней, г	Масса, г			Средняя длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.
			всего	продуктивных				колоса	соломы	зерна		
40	Контроль (без удобрений) I	17	17	16	1,06	48	7,33	4,14	3,19	3,45	13	8
41		14	14	10	1,40	51	5,51	3,45	2,06	3,02	14	12
42		14	14	14	1,00	46,5	5,33	3,05	2,28	2,55	13	10
43		17	17	16	1,06	47	7,97	4,84	3,13	4,26	13	9
44		17	17	13	1,31	49	7,34	3,77	3,57	3,30	13	10
50	N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> FERTIMark NPKS(Ca) II	20	34	16	2,13	76	28,35	12,10	16,25	10,36	17	16
52		20	37	20	1,85	64	26,50	12,20	14,3	10,36	15	13
53		20	36	20	1,80	62	24,47	12,30	12,17	10,66	17	15
54		20	29	19	1,53	63	24,00	13,30	10,7	11,11	15,5	14
55		20	32	19	1,68	68	27,63	13,98	13,65	12,09	16	18
56	20	36	18	2,00	72	29,20	12,97	16,23	11,18	16,5	15	
45	N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> K <sub>0,10</sub> диаммофоска III	20	44	18	2,44	65	32,30	13,80	18,5	11,87	15	14
46		20	40	20	2,00	63	34,13	16,63	17,5	14,51	16	16
47		20	43	20	2,15	63	30,83	14,46	16,37	12,53	15	14
48		20	50	19	2,63	61	30,76	13,28	17,48	11,45	17	14
49		20	40	20	2,00	58	27,12	12,20	14,92	10,70	15,5	14
51	20	54	18	3,00	64	29,85	11,88	17,97	10,38	16	14	

Структура урожайности ячменя в опыте 2

№ сосуда	Вариант	Кол-во растений в сосуде, шт.	Число стеблей, шт.		Кусти-стость	Общая высота стеблей, см	Масса снопа без корней, г	Масса, г			Средняя длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.
			всего	продуктивных				колоса	соломы	зерна		
57	Фон I (KCl 60%) IV	20	14	1,43	64	14,51	9,10	5,41	8,07	14,00	12	
58		18	18	1,00	51	11,98	5,75	6,23	4,97	14,00	7	
59		17	16	1,06	51	9,91	5,68	4,23	4,94	14,00	10	
60		9	9	1,00	55	6,98	4,49	2,49	3,86	15,00	12	
61		19	19	1,00	53	9,76	5,11	4,65	4,69	16,00	7	
62	Фон I + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> FERTIMark NPS(Ca) V	20	21	1,33	67	24,76	11,15	13,61	7,81	18,00	21	
63		20	26	1,15	67	28,27	16,42	11,85	13,78	14,00	17	
64		20	18	3,33	63	29,46	12,73	16,73	10,92	19,00	16	
65		20	25	1,28	70	29,65	14,74	14,91	12,28	18,00	17	
66		20	26	1,46	75	29,62	15,49	14,13	12,12	16,00	15	
67	Фон I + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> аммофос VI	20	28	1,36	61	31,11	17,16	13,95	12,38	17,00	17	
68		20	24	1,21	72	29,94	17,96	11,98	15,39	17,00	16	
69		20	22	1,59	65	29,00	17,88	11,12	15,46	17,00	18	
70		20	32	1,19	67	28,95	15,63	13,32	12,92	18,00	18	
71		20	30	1,23	64	31,75	18,01	13,74	16,82	17,00	19	
72	Фон I + N <sub>0,15</sub> P <sub>0,10</sub> аммофос VI	20	30	1,33	60	32,19	18,20	13,99	15,27	18,00	14	
73		20	29	1,10	63	29,61	18,40	11,21	10,03	17,00	16	