

КОЭФФИЦИЕНТЫ УСВОЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ В ФАЗЕ ВЫХОДА В ТРУБКУ ИЗ АЗОФОСКИ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

**В.И. Титова, д.с.-х.н., ORCID 0000-0003-0962-5309,
Н.В. Пестрякова, ORCID 0009-0007-5908-0737,
Е.Н. Володина, к.б.н., ORCID 0000-0002-9957-5896**

**Нижегородский государственный агротехнологический университет
имени Л.Я. Флорентьева,
Россия, Нижний Новгород, пр. Гагарина, д.97, 603107
titovavi@yandex.ru, titovanata1992@mail.ru, volod-evgenia@yandex.ru**

Приведены результаты сравнительной оценки влияния азофоски разных производителей на формирование фитомассы яровой пшеницы сорта Злата и усвоение ею элементов питания из удобрений и почвы в первой половине вегетации. Исследования проведены в модельных лабораторно-вегетационных опытах в 2023–2024 г. в 4-кратной повторности, с использованием метода Нейбауэра-Шнейдера, на светло-серой лесной легкосуглинистой почве, среднеобеспеченной элементами питания. Дозы внесения удобрений – 0,3 и 0,6 г NPK/кг почвы. Установлено, что максимальная урожайность фитомассы пшеницы получена при внесении одинарной дозы удобрений в форме азофоски производства ФосАгро, а двойная доза элементов питания была эффективной при использовании азофоски производства Уралхим, обеспечив 62% прибавки к контролю, 23% к одинарной дозе. Внесение азофоски в 2,5 раза повышает концентрацию калия и почти вдвое – содержание азота в надземной фитомассе, с сохранением отмеченной закономерности и при увеличении дозы её внесения. Концентрация фосфора выше в корнях, чем в надземной массе. В начальные фазы онтогенеза пшеница интенсивно использует питательные вещества почвы: минеральный азот – 64%, фосфор – 17, калий – 60%. Для создания прибавки урожая от удобрений, в сравнении с контролем, растения потребляют азот и калий с коэффициентами не более 7 и 17% соответственно, по фосфору – не более 1%. Увеличение дозы внесения приводит к двух- и даже трехкратному снижению коэффициентов использования питательных элементов из азофоски двух производителей: ФосАгро и Акрон.

Ключевые слова: азофоска, элементы питания, доза внесения, яровая пшеница, фитомасса, содержание элементов, коэффициент использования из почвы и удобрений.

Для цитирования: Титова В.И., Пестрякова Н.В., Володина Е.Н. коэффициенты усвоения основных элементов питания яровой пшеницей в фазе выхода в трубку из азофоски разных производителей// Плодородие. – 2026. – №2. – С. 40-46. DOI: 10.25680/S19948603.2026.149.08.

Известно, что яровая пшеница обладает невысокой способностью корневой системы усваивать питательные вещества, что делает её особенно требовательной к их наличию в почвенном растворе, а внесение полноценного основного удобрения становится особенно важным [1-3]. Это предопределяет высокую значимость текущей диагностики обеспеченности растений элементами питания, что, безусловно, зависит от содержания их в почве перед посевом и учета действия удобрений, внесенных под культуру [4]. Выбор видов, форм и доз внесения удобрений в таком случае будет определять не только урожайность культуры и эффективность производства определенного вида продукции [5], но и их влияние на основные показатели почвенного плодородия, среди которых содержание гумуса и подвижных соединений фосфора и калия [6-8].

В последние годы в системе удобрения зерновых культур широко используют комплексные гранулированные минеральные удобрения, положительное влияние которых на урожайность растений отмечается во многих публикациях. Так, например, применение азофоски в условиях Красноярской лесостепи под яровую пшеницу [9], а аммофоса, диаммофоски и азофоски в Смоленском НИИСХ под ячмень [10] способствовало повышению их урожайности на 35-52%. Внесение азофоски под яровую пшеницу в Ульяновской области привело к повышению её урожайности на 1,31 т/га [11],

установлено существенное влияние азофоски на урожайность яровой пшеницы на черноземе лесостепной зоны Поволжья [2].

Среди причин положительного влияния таких удобрений часто отмечают их многокомпонентность, подтверждаемую не только присутствием других питательных веществ и элементов, но и разнообразием форм основных элементов питания (прежде всего азота). Это обеспечивает сбалансированное питание, необходимое для оптимального роста, развития и формирования урожайности сельскохозяйственных культур [12-14].

Цель исследования – дать сравнительную оценку влиянию азофоски разных производителей на урожайность и транслокацию основных элементов питания из удобрений в растения на начальных этапах онтогенеза, с определением коэффициентов их использования фитомассой яровой пшеницы на начальных этапах онтогенеза.

В задачи эксперимента входили: оценка химического состава азофоски разных производителей с целью прогноза поведения NPK – удобрений в почве и их доступности растениям; определение уровня влияния азофоски на морфологические показатели растений яровой пшеницы и её продуктивность при уборке культуры в фазе выхода в трубку (39-41 день вегетации); анализ надземной и корневой фитомасс пшеницы на содержание основных элементов питания и их вынос продукцией, а

также расчет коэффициентов использования пшеницей азота, фосфора и калия из почвы и удобрений.

Методика. Для исследований взята яровая пшеница в фазе выхода в трубку (V этап органогенеза), так как именно на начальных стадиях развития, в фазы прорастания семян, всходов, кущения, начала выхода в трубку идет активное формирование новых органов и частей растения, что характеризуется их физиологическими и биохимическими изменениями в вегетативном периоде [15]. Отмечено что, закладка генеративных органов (цветков общих и развитых) происходит на V-VI этапах органогенеза, а полностью реализуется на XII этапе, что установлено в вегетационном опыте с яровой пшеницей сорта Тризо при регулировании условий влагообеспеченности [16].

Исследования проведены путем постановки лабораторно-вегетационных опытов в научных лабораториях кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородского ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева и на территории ФГБУ «Центр агрохимической службы Нижегородский» в её аналитических лабораториях, в 2023-2024 г.

В качестве объектов исследования выбраны формы азофоски, выпускаемые ООО «ФосАгро», ООО ПАО «Акрон» и АО ОХК «Уралхим». Декларируемое содержание элементов питания в азофоске производства ФосАгро – 15:15:15, в образцах азофоски с Акрона и Уралхима – по 16:16:16. Содержание элементов питания в используемых в опытах образцах азофоски приведено в таблице 1.

1. Химический состав азофоски, использованной в опытах, %

Удобрение	ФосАгро	Акрон	Уралхим
Азот аммонийный	14,1	8,3	8,4
Азот нитратный	-	6,5	7,1
Азот общий	14,1	14,8	15,5
Фосфор общий	16,4	17,0	16,9
Фосфор усвояемый	15,5	14,3	15,7
Калий	15,8	17,5	17,0

Основной метод исследований – выгонка растений по Нейбауэру-Шнейдеру [17]. Опыты заложены в пластиковых контейнерах емкостью 2 кг, в каждый из которых внесено по 1 кг почвы и соответствующее количество удобрений в форме азофоски (табл. 2). Повторность 4-кратная. Опытная культура – яровая пшеница *Triticum aestivum* L., сорт Злата. Сорт раннеспелый, устойчив к полеганию, слабо поражается бурой ржавчиной, мучнистой росой и септориозом. В каждый сосуд высеяно по 50 всхожих семян. Даты посева пшеницы в опытах: в 2023 г. – 20 сентября, в 2024 г. – 15 марта. От посева до всходов проходило обычно 6-7 дней, от всходов до кущения – 1 нед, от кущения до выхода в трубку – еще 18-20 дней, в фазе выхода в трубку растения находились еще 6-8 дней, после чего проводили уборку. При этом отдельно убирали надземную массу, срезая растения на уровне почвы. Затем отбирали почвенные образцы для анализов, и только потом под слабым напором проточной воды отмывали корневую систему. Продолжительность опыта колебалась от 39 до 41 дня жизни яровой пшеницы.

Почва светло-серая лесная легкосуглинистая, характеризующаяся следующими показателями: содержание гумуса 2,2%, общего азота 0,09%, подвижных соединений фосфора и калия 139 и 128 мг/кг соответственно; рН солевой и водной вытяжки, соответственно, 4,9 и 6,0; емкость катионного обмена и сумма поглощенных

оснований 12,0 и 8,7 ммоль/100 г почвы; обменных форм кальция и магния – 6,1 и 1,9 ммоль/100 г почвы. Присутствуют сера – 5,2 мг/кг, бор – 0,65, марганец – 32, кобальт – 1,1, медь – 3,0, цинк – 2,4 и молибден – 0,17 мг/кг.

2. Схема опыта

Содержание варианта	Краткое обозначение
1. Контроль, без удобрений	1. Контроль
2. NPK ООО «ФосАгро», 0,3 гNPK/кг (2 г ф.м. на 1 кг почвы)	2. ФосАгро-1
3. NPK ПАО «Акрон», 0,3 гNPK/кг (1,9 г ф.м. на 1 кг почвы)	3. Акрон-1
4. NPK АО ОХК «Уралхим», 0,3 гNPK/кг (1,9 г ф.м. на 1 кг почвы)	4. Уралхим-1
5. NPK ООО «ФосАгро», 0,6 гNPK/кг (4 г ф.м. на 1 кг почвы)	5. ФосАгро-2
6. NPK ПАО «Акрон», 0,6 гNPK/кг (3,8 г ф.м. на 1 кг почвы)	6. Акрон-2
7. NPK АО ОХК «Уралхим», 0,6 гNPK/кг (3,8 г ф.м. на 1 кг почвы)	7. Уралхим-2

Для определения содержания основных элементов питания в почве были использованы следующие методы: ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО с окончанием на спектрофотометре UNICO 2100 и пламенном фотометре ПФА-378; ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества, окончание на спектрофотометре Specord 200 Plus; ГОСТ Р 58596, п.7.2 Почвы. Методы определения общего азота, окончание на спектрофотометре UNICO 2100; ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО, окончание на спектрофотометре UNICO 2100; ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионметрическим методом, окончание на анализаторе лабораторном серии Анион – 4100.

Азот, фосфор и калий в растениях определяли соответственно по ГОСТу 32044.1-12 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Часть 1. Метод Къельдаля; ГОСТу 26657-97, с использованием спектрофотометра КФК – 3КМ и ГОСТу 30504-97 с использованием пламенного фотометра ПФА-378.

Лабораторные анализы удобрений, почв и растений выполнены в Испытательном Центре ФГБУ ЦАС «Нижегородский», который соответствует требованиям Системы аккредитации аналитических лабораторий, требованиям ГОСТа ИСО/МЭК 17025-2019. Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц – № РОСС RU.0001.21ПЯ89. Статистическая обработка данных проведена с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007. Существенность различий в показаниях между вариантами устанавливали методом дисперсионного анализа [18].

Результаты и их обсуждение. На дату окончания опыта были учтены высота растений и длина корней, общий сбор надземной фитомассы и массы корней (табл. 3, 4).

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что высота растений колебалась и в среднем за 2 года была стабильно выше, чем у растений на контроле без внесения удобрений – на 14-24% при одинарной дозе внесения удобрений (из расчета по 0,3 гNPK/кг почвы). В вариантах с увеличенной вдвое дозой внесения элементов питания положительное их действие на рост растений в высоту сохранился, а максимума он достиг в варианте с внесением азофоски, выпускаемой предприятием Уралхим,

29% к контролю или 11% к варианту с одинарной дозой внесения этого удобрения.

Прирост растений в высоту закономерно отразился на увеличении надземной фитомассы. Наибольшую прибавку от одинарной дозы удобрений обеспечило внесение азофоски, производимой предприятием ФосАгро – 25,1 мг/растение (или 46% к контролю), а при внесении его в двойной дозе отмечалось снижение прибавки (до 28%). Максимальная надземная масса одного растения

(абсолютно сухое вещество) установлена при внесении азофоски производства Уралхим в дозе по 0,6 гNPK/кг почвы – 62% к контролю или 23% к варианту с одинарной дозой элементов питания. Увеличение дозы внесения азофоски других производств – ФосАгро и Акрон не оказало влияния на прирост урожайности, и даже было отмечено их негативное действие в сравнении с дозой в 0,3 г NPK/кг почвы.

3. Влияние доз азофоски на высоту и сбор надземной фитомассы растений яровой пшеницы

Вариант опыта	Высота растений, см					Урожайность, мг/раст.				
	2023 г.	2024 г.	в среднем за 2023-2024 г.			2023 г.	2024 г.	в среднем за 2023-2024 г.		
			фактически	+,- к вариантам				фактически	+,- к вариантам	
				1 ¹	2-4 ²				1 ¹	2-4 ²
1.Контроль (б/у)	38,8	32,2	35,5	-	-	64,0	44,0	54,0	-	-
2.ФосАгро-1	46,1	42,3	44,2	8,7	-	92,1	66,1	79,1	25,1	-
3.Акрон-1	39,0	42,1	40,6	5,1	-	66,5	68,2	67,4	13,4	-
4.Уралхим-1	39,8	43,0	41,4	5,9	-	72,1	70,1	71,1	17,1	-
5.ФосАгро-2	42,1	42,3	42,2	6,7	-2,0	72,0	66,4	69,2	15,2	-9,9
6.Акрон-2	33,0	41,3	37,2	1,7	-3,4	56,6	60,0	58,3	4,3	-9,1
7.Уралхим-2	48,5	43,0	45,8	10,3	4,4	100,4	74,3	87,4	33,4	16,3
<i>НСР₀₅</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>		<i>0,7</i>		<i>1,0</i>	<i>0,9</i>		<i>1,4</i>	

1 – прибавка от удобрений, т.е. разница с вариантом 1;

2 – прибавка от увеличения дозы, т.е. вар. 5 к вар. 2, вар. 6 к вар. 3, вар. 7 к вар. 4 (здесь и далее).

Длина корней – показатель в данном случае сопутствующий. Ориентируясь на него можно составить первое представление о расположении корневой системы в почве и прогнозировать в будущем глубину заделки удобрений. Данные таблицы 4 наглядно свидетель-

ствуют, что заделка удобрений в почву приводит к приросту корней в длину (32-55% к неудобренному контролю) и массы корней, достигающей 37-63% в вариантах с одинарной дозой внесения удобрений, и даже 40-84% в вариантах с двойной дозой удобрений.

4. Влияние доз азофоски на длину корней яровой пшеницы и их массу

Вариант опыта	Длина корней, см					Масса корней, мг/раст.				
	2023 г.	2024 г.	в среднем за 2023-2024 г.			2023 г.	2024 г.	в среднем за 2023-2024 г.		
			фактически	+,- к вариантам				фактически	+,- к вариантам	
				1 ¹	2-4 ²				1 ¹	2-4 ²
1.Контроль	13,6	11,3	12,45	-	-	14,1	9,7	11,9	-	-
2.ФосАгро-1	18,4	16,9	17,65	5,2	-	23,0	15,9	19,5	7,6	-
3.Акрон-1	16,8	18,1	17,45	5,0	-	15,3	15,7	15,5	3,6	-
4.Уралхим-1	15,9	17,2	16,55	4,1	-	16,6	16,1	16,4	4,5	-
5.ФосАгро-2	16,4	16,5	16,45	4,0	-1,2	17,3	15,9	16,6	4,7	-2,9
6.Акрон-2	12,2	15,3	13,75	1,3	-3,7	12,5	13,8	13,2	1,3	-2,4
7.Уралхим-2	20,4	18,1	19,25	6,8	2,7	25,1	18,6	21,9	10,0	5,5
<i>НСР₀₅</i>	<i>0,5</i>	<i>0,2</i>		<i>0,7</i>		<i>0,5</i>	<i>0,2</i>		<i>0,6</i>	

Большая масса корней при внесении одинарной дозы удобрений отмечена в варианте с азофоской ФосАгро, но увеличение дозы внесения этого удобрения в 2 раза не отразилось на приросте корней. Это косвенно свидетельствует о хорошей доступности элементов питания из удобрения для растений пшеницы, а также об отсутствии необходимости поиска корневой системой дополнительных питательных веществ подалеке от места внесения удобрения. Только одно удобрение при повышении дозы синтезировало большую массу корней – это азофоска производства Уралхим, где прибавка составила 34% к варианту с одинарной дозой элементов питания.

Полученные данные позволили также рассчитать соотношение между надземной и корневой массой. На контроле оно составило 1:0,22, при внесении удобрений как в одинарной так и в двойной дозах изменялось в пределах 1:0,23-0,25.

Оценивая влияние удобрений на формирование урожая яровой пшеницы в фазе выхода в трубку, можно констатировать следующее:

- учтенные в опыте морфологические показатели посева яровой пшеницы (высота растений) при единой для всех норме высева имеют прямую корреляцию с

урожайностью надземной фитомассы и корневой системы, особенно при работе с азофоской производства Уралхим и при внесении её двойной дозы. Корреляционный анализ показал тесную положительную зависимость урожайности надземной фитомассы в опыте от высоты растений ($r=0,96-0,94$) по годам исследований, аналогичная тенденция установлена между массой корней и их длиной ($r=0,94-0,95$). Одной из возможных причин этого может быть присутствие в удобрении нитратной формы азота (45% от общей массы азота представлено нитратами);

- максимальная величина надземной и корневой фитомасс пшеницы была образована в варианте с внесением азофоски производства ФосАгро в дозе 0,3 гNPK/кг почвы, но увеличение дозы этого удобрения вдвое привело не к приросту урожайности, а к её снижению.

Известно, что элементный состав растений в фазе выхода в трубку определяет вещественный состав зерновых культур к уборке. Этот показатель является одним из важнейших, так как на основании результатов листовой диагностики растений проводят последние подкормки с целью получения как высокого количества, так

и отличного качества основной продукции. Результаты определения основных элементов питания в надземной

части и корневой массе растений приведены в таблицах 5 и 6.

5. Содержание основных элементов питания в надземной фитомассе яровой пшеницы в фазе выхода в трубку (в среднем за 2023-2024 г.), %

Вариант опыта	Азот			Фосфор			Калий		
	фактически	+,- к вариантам		факт.	+,- к вариантам		фактически	+,- к вариантам	
		1 ¹	2-4 ²		1 ¹	2-4 ²		1 ¹	2-4 ²
1.Контроль (б/у)	1,34	-	-	0,80	-	-	2,7	-	-
2.ФосАгро-1	2,65	1,31	-	0,87	0,07	-	7,0	4,3	-
3.Акрон-1	2,59	1,25	-	0,75	-0,05	-	5,7	3,1	-
4.Уралхим-1	2,34	1,02	-	0,76	-0,04	-	6,0	3,3	-
5.ФосАгро-2	3,40	2,06	0,75	0,71	-0,09	-0,16	6,4	3,8	-0,5
6.Акрон-2	3,02	1,68	0,43	0,81	0,01	0,06	7,5	4,8	1,8
7.Уралхим-2	2,92	1,58	0,58	0,77	-0,03	0,01	6,7	4,0	0,7
<i>НСР₀₅</i>		0,13			0,02			0,2	

6. Содержание основных элементов питания в массе корней яровой пшеницы в фазе выхода в трубку (в среднем за 2023-2024 г.), %

Вариант опыта	Азот			Фосфор			Калий		
	фактически	+,- к вариантам		фактически	+,- к вариантам		фактически	+,- к вариантам	
		1 ¹	2-4 ²		1 ¹	2-4 ²		1 ¹	2-4 ²
1.Контроль (б/у)	0,96	-	-	0,39	-	-	1,14	-	-
2.ФосАгро-1	2,16	1,20	-	0,54	0,15	-	1,85	0,71	-
3.Акрон-1	2,49	1,53	-	0,46	0,07	-	1,71	0,57	-
4.Уралхим-1	2,28	1,32	-	0,42	0,03	-	1,57	0,43	-
5.ФосАгро-2	1,97	1,01	-0,19	0,51	0,12	-0,03	1,81	0,67	-0,04
6.Акрон-2	2,53	1,57	0,04	0,67	0,28	0,21	1,96	0,82	0,25
7.Уралхим-2	2,39	1,43	0,11	0,59	0,2	0,17	2,01	0,87	0,44
<i>НСР₀₅</i>		0,07			0,02			0,06	

Содержание азота в растительной массе удобренных вариантов при внесении азофоски в дозе 0,3 гNPK/кг почвы было почти вдвое выше, чем в неудобренной почве, а при двойной дозе концентрация азота в растениях пшеницы возросла на 118-154%.

Наиболее существенное положительное влияние на содержание азота в растениях яровой пшеницы оказала азофоска производства ФосАгро, но содержание азота в корнях этих растений самое наименьшее среди всех вариантов. В некоторой мере это свидетельствует том, что развитие растений пшеницы в варианте с удобрением ФосАгро идет быстрее, что для условий поля может трактоваться только положительно. Меньшее значение концентрации азота в надземной части растений получено в варианте с внесением азофоски производства Акрон, а в корнях растений этого варианта азота осталось больше, чем во всех других вариантах опыта, т.е. развитие растений еще продолжается.

Концентрация фосфора в надземной части растений пшеницы в удобренных вариантах мало отличалась от значения на контроле, а в отдельных вариантах была даже ниже, чем на контроле. Прибавка концентрации фосфора в растениях максимально достигала 8-9%, а снижение составило 5-9%. Наименьшая концентрация фосфора в стеблях растений отмечена в варианте с максимальной дозой внесения азофоски производства ФосАгро. Концентрация фосфора в корневой массе растений во всех удобренных вариантах выше, чем на контроле, причем существенно в вариантах с внесением азофоски Уралхим-1 и Акрон-1 – на 8-18%, ФосАгро-1 – на 38%. Удвоение дозы удобрений в вариантах с внесением азофоски производства Акрон и Уралхим привело к повышению концентрации фосфора в корнях.

Содержание калия в надземной части растений пшеницы в фазе выхода в трубку существенно, в 2,1-2,6 раза, превосходит его концентрацию в растениях

контрольного варианта, а при внесении двойной дозы элементов питания превышение возросло в 2,4-2,8 раза. Предположить повышенную обеспеченность растений калием можно, ориентируясь на характеристику удобрений (см. табл. 1), где показано, что содержание калия во всех удобрениях превышает нормативную концентрацию, варьируя от 105% (ФосАгро), до 106% (Уралхим) и даже до 109% (Акрон) от заявленного по ГОСТу. В корнях пшеницы содержание калия тоже выше, но не в разы, а на 38-62% при внесении минимальной дозы удобрений и на 59-76% – при двойной дозе элементов.

Таким образом, по данной серии опыта можно заключить следующее:

- внесение азофоски приводит к резкому повышению в растительной массе концентрации калия (в 2,5 раза выше, чем на неудобренном контроле) и азота (почти вдвое выше контроля), с сохранением отмеченной закономерности и при учете содержания этих элементов в корнях;
- при увеличении дозы внесения удобрений вдвое тенденция к повышению концентрации азота и калия сохраняется, но абсолютные значения роста концентрации снижаются;
- на обеспеченность растений фосфором заделка удобрений в почву непосредственно перед посевом на надземную часть растений оказала слабое положительное влияние, обеспечив повышение его концентрации на 5-9% относительно контроля, при том, что в корнях концентрация фосфора увеличилась на 10-18%, а при внесении азофоски производства ФосАгро – даже на 38%.

После уборки вегетативной массы яровой пшеницы выполнили анализы почвы на определение в ней доступных растениям соединений азота, фосфора и калия (табл. 7).

7. Содержание основных элементов питания в почве на дату уборки пшеницы (в среднем за 2023-2024 г.)

Вариант опыта	Азот общий и аммонийный				Фосфор подвижный			Калий подвижный		
	общий, %	NH ₄ , мг/кг	+,- к вариантам		фактически, мг/кг	+,- к вариантам		фактически, мг/кг	+,- к вариантам	
			1 ¹	2-4 ²		1 ¹	2-4 ²		1 ¹	2-4 ²
1.Контроль	0,06	2,2	-	-	136	-	-	112	-	-
2.ФосАгро-1	0,07	7,0	4,8	-	238	102	-	156	44	-
3.Акрон-1	0,07	12,7	10,5	-	316	180	-	156	44	-
4.Уралхим-1	0,06	12,3	10,1	-	285	149	-	141	29	-
5.ФосАгро-2	0,07	33,8	31,6	26,8	339	203	101	252	140	96
6.Акрон-2	0,07	9,2	7,0	-3,5	394	258	78	337	225	181
7.Уралхим-2	0,08	11,8	9,6	-0,5	491	355	206	317	205	176
НСР ₀₅	0,01		1,3			14			11	

Валовое содержание азота в почве на дату закладки опытов было оценено в минимальные 0,09%, за время проведения опыта оно снизилось во всех вариантах (на 22%), но больше всего – на контроле (на 33%). Содержание в почве азота аммонийного во всех вариантах заметно возросло, с некоторыми особенностями. Во-первых, при внесении азотосодержащих удобрений Акрон и Уралхим аммонийного азота в почве осталось примерно одинаковое количество, как в вариантах с внесением одинаковой дозы удобрений (вар. 3 и 4), так и в вариантах с двойной дозой удобрений (вар. 6 и 7). В вариантах с азотосодержащими удобрениями ФосАгро при внесении двойной дозы элементов содержание аммонийного азота значительно выше контроля и варианта с дозой внесения 0,3 гNPK/кг почвы (в 15,4-4,8 раза). Это, вероятно, получено за счет разложения азотсодержащих соединений, заключенных в грануле этого удобрения.

Содержание подвижных соединений фосфора в почве контрольного варианта не изменилось, что, возможно, стало следствием невысокого уровня урожая пшеницы на контроле. В удобренных вариантах отмечено увеличение содержания фосфатов, что ожидаемо и подтверждается многими авторами [19,20]. Причем повышение содержания подвижного фосфора в почве вариантов с одинарной дозой азотосодержащих удобрений по отношению к контролю (в среднем по вариантам на 85%) примерно равно приросту его содержания от двойной дозы удобрения по отношению к одинарной (в среднем по вариантам на 70%). Максимальным повышением содержания фосфора в почве было в варианте с внесением одинарной дозы NPK в форме азотосодержащих удобрений Акрон (в этом удобрении максимальная доля фосфора – 109% по отношению к ГОСТу), а также при внесении в почву двойной дозы элементов питания в форме азотосодержащих удобрений Уралхим.

Остаточное содержание подвижных форм калия в почве удобренных вариантов после уборки опыта также превышает его начальное содержание в почве на дату закладки опыта. При внесении дозы в размере 0,3 гNPK/кг почвы действие всех форм азотосодержащих удобрений практически одинаковое – 26-39% к контролю, а удвоение дозы элементов способствует увеличению количества подвижных форм калия в почве еще на 100-180 мг/кг (110-160% к контролю).

С учетом схемы опыта и полученных результатов были рассчитаны коэффициенты использования основных элементов питания из почвы, что показано в таблице 8, и из удобрений – в таблице 9.

Расчеты показали, что в строго контролируемых условиях лабораторно-вегетационного опыта питательные элементы почвы расходуются интенсивно. В открытом грунте, в производственных условиях, коэффициент использования фосфора из серых лесных почв редко

достигает 10%, а чаще приближается к 5-7%, использование почвенных запасов калия также чаще всего ограничивается 20-30% [21]. В данном случае коэффициенты использования фосфора и калия существенно выше, что свидетельствует, вероятнее всего, об оптимальных для растений пшеницы условиях произрастания, т.е. не только о достаточных почвенных запасах этих элементов, но и о температурно-влажностном обеспечении требований растений.

8. Коэффициенты использования основных элементов питания из почвы (в среднем за 2023-2024 г.)

Элементы питания	Содержание в почве, мг/сосуд	Использовано массой, мг/сосуд				КИ из почвы, %		
		надземной		корневой		надземной	корневой	общей фитомассой
		содержание, %	вынос	содержание, %	вынос			
Азот (N _{мин.})	66	1,34	36,2	0,96	5,7	54,9	8,6	63,5
Фосфор	138	0,80	21,6	0,39	2,3	15,7	1,7	17,4
Калий	134	2,70	72,9	1,14	6,8	54,4	5,1	59,5

Температурно-влажностные условия были благоприятными и для жизнедеятельности почвенной микрофлоры, что стимулировало минерализацию гумуса, а также других почвенных азотсодержащих веществ, и привело к образованию необходимого для создания фитомассы растений количества минерального азота, использованного ими весьма эффективно (> 60%). Отдельно следует подчеркнуть, что на создание корневой фитомассы уходит до 8-9% почвенных запасов потенциально доступных растениям основных элементов минерального питания, которые не отчуждаются из почвы, оставаясь в ней и создавая почвенное плодородие.

Присутствие в схеме опыта варианта «контроль без удобрений» позволило рассчитать коэффициенты использования NPK из азотосодержащих удобрений для получения прибавки урожая исключительно от удобрений. Для этого был учтен не весь урожай каждого варианта, а только та его часть, которая получена именно за счет удобрений (табл. 9). Еще раз следует подчеркнуть, что яровая пшеница в опыте вырабатывалась не до полной спелости, а лишь до фазы выхода в трубку, что и являлось целью исследований.

9. Коэффициенты использования элементов питания яровой пшеницы для построения прибавки урожая от азотосодержащих удобрений

Вариант опыта	КИ азота фитомассой		КИ фосфора фитомассой		КИ калия фитомассой	
	надземной	общей	надземной	общей	надземной	общей
2.ФосАгро-1	5,5	7,0	0,3	0,5	18,0	18,9
3.Акрон-1	2,8	3,7	-	0,03	6,9	7,2
4.Уралхим-1	2,9	3,9	-	0,03	9,4	9,7
5.ФосАгро-2	2,6	3,0	-	0,1	4,8	5,1
6.Акрон-2	0,6	0,8	-	0,1	1,7	1,8
7.Уралхим-2	4,4	5,6	-	0,2	11,1	11,8

RECOVERY COEFFICIENTS OF MAJOR NUTRIENTS BY SPRING WHEAT AT THE STEM ELONGATION (JOINTING) STAGE FROM AZOFOSKA (NPK) FERTILIZERS FROM DIFFERENT MANUFACTURERS

V.I. Titova, ORCID 0000-0003-0962-5309, D.Sc. (Agriculture), Professor
N.V. Pestryakova, ORCID 0009-0007-5908-0737, PhD student
E.N. Volodina, ORCID 0000-0002-9957-5896, C. Sc. (Biological), docent

**«Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University», Russia,
Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, 603107
titovavi@yandex.ru, titovanata1992@mail.ru**

The paper presents the results of a comparative evaluation of azofoska produced by different manufacturers with respect to its effects on phytomass formation in the spring wheat cultivar Zlata and on the plant uptake of nutrients from fertilizers and soil during the first half of the growing season. The studies were conducted in model laboratory pot experiments in 2023 and 2024, with four replications, using the Neubauer–Schneider method, on light-gray forest light loamy soil with a medium supply of nutrients. Fertilizer application rates were 0.3 g NPK/kg of soil and 0.6 g NPK/kg of soil. It was found that the maximum wheat phytomass yield was obtained with the single fertilizer dose applied as PhosAgro azofoska, whereas the double nutrient dose was effective when using Uralchem azofoska, providing a 62% increase over the control and a 23% increase over the single dose. Application of azofoska increased potassium concentration 2.5-fold and nearly doubled nitrogen content in the aboveground phytomass; the same pattern was maintained when the application rate was increased. Phosphorus concentration was higher in roots than in aboveground biomass. In the early phases of wheat ontogenesis, plants intensively used soil nutrients: mineral nitrogen, 64%; phosphorus, 17%; potassium, 60%. To form the fertilizer-induced yield increase relative to the control, plants took up nitrogen and potassium with recovery coefficients of no more than 7% and 17%, respectively; for phosphorus, no more than 1%. Increasing the application rate resulted in a two- and even threefold decrease in nutrient recovery coefficients from azofoska produced by PhosAgro and Akron.