

**ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ РОССИИ**

**В.Г. Сычев, акад., С.А. Шафран, д.с.-х.н., И.В. Ильюшенко, к.б.н.,
ФГБНУ «ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова»
127550, Москва, ул. Прянишникова, 31 а
shafran38@mail.ru**

Работа выполнена по госзаданию № 0429-2021-0002

Приведены данные, характеризующие эффективность применения минеральных удобрений под зерновые культуры за пятилетний период (2016-2020 г.) в субъектах федерации в основных природно-климатических зонах. Научной основой для этого послужила новая методика определения вклада минеральных удобрений в формирование урожайности сельскохозяйственных культур, разработанная ВНИИА с применением региональных нормативов окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. Результаты исследований показали, что применение минеральных удобрений оказывало большое влияние на урожайность зерновых культур. В Нечерноземной зоне внесение минеральных удобрений колебалось по регионам от 15 до 78 кг/га посевной площади, урожайность при этом варьировала от 14,6 до 45,2 ц/га. На черноземах европейской части России внесение удобрений составило 15-87 кг/га, урожайность – 21,3-54,3 ц/га, азиатской части, соответственно, 1-34 кг/га и 12,1-23,2 ц/га.

Ключевые слова: минеральные удобрения, урожайность зерновых культур, вклад минеральных удобрений, агрохимические свойства почвы.

Для цитирования: Сычев В.Г., Шафран С.А., Ильюшенко И.В. Применение минеральных удобрений и их эффективность в различных зонах России// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 3-6. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.01.

В годы интенсивной химизации затрачивались большие средства на применение минеральных удобрений, что повлекло за собой интерес к оценке эффективности использования их в отрасли растениеводства. Основопологающим фактором в проведении подобных исследований является определение доли участия удобрений в формировании урожайности сельскохозяйственных культур. Такую работу несложно провести в полевых опытах, где по разнице урожайности, полученной в вариантах с внесением удобрений и без внесения, определяют прибавку урожая.

В условиях производства постановка таких опытов маловероятна из-за большого различия полей по агрохимическим показателям и, следовательно, по их плодородию даже в пределах одного сельхозпредприятия. В связи с этим, для получения прибавки урожая за счет применения удобрений приходится использовать косвенные методы, среди которых наибольшее распространение получили нормативные [1]. Например, для определения эффективности применения минеральных удобрений по стране в целом использовали «Нормативы определения потребности в минеральных удобрениях» [2]. Они также взяты за основу для расчета окупаемости минеральных удобрений при возделывании зерновых культур по экономическим районам России [3].

Для Белорусской ССР основой для расчетов служили нормативы, дифференцированные по бонитету пашни [1]. Опыт работы того периода показал, что метод долевого участия удобрений в формировании урожая стал быстро распространяться и был освоен на многих сельскохозяйственных предприятиях.

Тем не менее, следует отметить, что данный метод более точно отражает условия крупных регионов – об-

ласти, края, республики и страны в целом. При определении эффективности применения минеральных удобрений в границах административных районов, сельскохозяйственных предприятий и тем более по отдельным полям данные нормативы не могут обеспечить необходимую точность, поскольку результаты сплошного агрохимического обследования почв свидетельствуют о высокой вариабельности агрохимических свойств почв, которые оказывают большое влияние на величину прибавки урожая от удобрений.

Разработанные ВНИИА «Нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур» [5] дали возможность на их основе определить вклад азотных, фосфорных и калийных удобрений в формирование урожайности этих культур, возделываемых в основных природно-климатических зонах страны. Так на эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистых почвах значительное влияние оказывают содержание минерального азота, подвижные формы фосфора и калия, реакция почвенной среды, а также дозы азота. Все это нашло отражение в величине долевого участия в формировании урожайности озимой пшеницы, которая варьировала от 17 до 48%. Аналогичное влияние оказывали агрохимические свойства на формирование ячменя ярового. Размах колебаний в данном случае составил 5-39% [6]. На эффективность применения фосфорных удобрений под зерновые культуры влияет содержание подвижного фосфора в почвах, независимо от их генетических свойств. Например, при внесении R_{45} под озимую пшеницу при низком содержании P_2O_5 вклад фосфорных удобрений на дерново-подзолистых почвах составляет 25%, а при высоком –

1%, в серых лесных, соответственно, 26 и 1%, на черноземах оподзоленных и выщелоченных – 19 и 1% [6]. Долевое участие калийных удобрений в получении урожая этой культуры зависело также от степени обеспеченности почв K_2O . Это проявилось на всех зерновых культурах, но наиболее наглядно на яровой пшенице, по которой представилась возможность изучить действие калийных удобрений на почвах с очень низким содержанием подвижного калия. На таких почвах доля влияния калийных удобрений на урожайность составляла 32-42%, тогда как при повышенном содержании – 1-2%.

Располагая такой нормативно-справочной информацией, можно выполнить ретроспективный анализ применения минеральных удобрений на всех уровнях сельскохозяйственного производства.

Цель нашего исследования – определить эффективность применения минеральных удобрений под зерновые культуры в субъектах Российской Федерации в среднем за 2016-2020 г.

Методика. В основу расчетов положены статистические данные о внесении минеральных удобрений под зерновые культуры по субъектам федерации, об урожайности и валовых сборах зерновых культур, данные по распределению почвенных разновидностей и агрохимической характеристике почв по состоянию на 1 января 2021 г., нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур и методика определения вклада минеральных удобрений в формирование урожайности [6-9].

Расчет прибавки урожая от удобрений (ц/га) производили по формуле:

$$П = \frac{УВ_N + УВ_P + УВ_K}{100},$$

где $У$ – урожайность культуры, ц/га; $В_N$ – вклад азотных удобрений, %; $В_P$ – вклад фосфорных удобрений, %; $В_K$ – вклад калийных удобрений, %.

В связи с большим многообразием почвенно-климатических условий основные зерносеющие регионы были разделены на три группы. В первую группу вошли субъекты Нечерноземной зоны, в которых подавляющее количество пахотных почв занимали дерново-подзолистые почвы, во вторую – черноземные почвы европейской части России, в третью – черноземы азиатской части. Это позволило сопоставить влияние минеральных удобрений на урожайность зерновых культур при близких природных условиях, но различающихся по уровню их применения. Кроме того, на эффективность удобрений немалое влияние оказывает структура посевных площадей зерновых культур. В европейской части страны преимущество имеет озимая пшеница, а в азиатской – яровая, которые по урожайности и отзывчивости на удобрения достаточно заметно отличаются друг от друга.

Для установления влияния минеральных удобрений на урожайность зерновых культур была выполнена статистическая обработка материала методом корреляционно-регрессионного анализа. Характеристика выборок представлена в таблице 1.

В Нечерноземной зоне дозы удобрений варьировали от 15 до 78 кг/га НРК, на черноземах европейской части – от 15 до 87 кг/га и на черноземах азиатской части – от 1 до 34 кг/га, а урожайность, соответственно, от 14,6 до 45,2 ц/га, от 21,3 до 54,3 и от 12,1 до 23,2 ц/га (табл. 3-5). Из приведенных данных следует, что на величину

урожайности зерновых культур большое влияние оказывало внесение минеральных удобрений.

1. Характеристика выборок

Почвенно-климатическая зона	Число наблюдений	Диапазон показателей	
		Внесение удобрений, кг/га	Урожайность зерновых культур, ц/га
Нечерноземная	24	15-78	14,6-45,2
Черноземная:			
европейская часть	15	15-87	21,3-54,3
азиатская часть	12	1-34	12,1-23,2

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования показали, что уровень применения минеральных удобрений существенно повлиял на урожайность зерновых культур во всех трех выборках, так как коэффициенты корреляции были статистически достоверны (табл. 2).

2. Результаты статистической обработки материала

Почвенно-климатическая зона	Коэффициент		Уровень значимости
	корреляции	детерминации	
Нечерноземная	0,59	0,35	0,001
Черноземная:			
европейская часть	0,94	0,88	0,001
азиатская часть	0,85	0,72	0,001

Вместе с тем, немалый интерес представляют данные об урожайности зерновых культур без внесения удобрений, которые получены путем вычитания из урожайности прибавки, достигнутой от применения удобрений. По этой величине можно оценить уровень плодородия, позволяющий получить урожай без использования удобрений. Согласно полученным данным, представленным в таблице 3, в таких регионах как Пермский край, Тверская, Костромская, Ивановская, Ярославская, Вологодская и Кировская области без внесения удобрений можно получить урожай зерновых культур менее 15 ц/га. Следует отметить, что в регионах, где большой удельный вес занимают дерново-подзолистые почвы в течение многих лет проводили работу по повышению плодородия почв. Это позволило перевести пахотные земли в более окультуренные, что способствовало получению более высоких урожаев по сравнению с вышеприведенными данными. Это относится к Московской, Ленинградской, Калининградской и Орловской областям. В тех регионах, где наряду с дерново-подзолистыми почвами немалая доля приходится на серые лесные почвы, выщелоченные черноземы, также без внесения удобрений можно получить почти в 3 раза больше урожая зерна, чем в Пермском крае, в Тверской и Костромской областях.

В группе регионов европейской части страны, в которых доминируют черноземные почвы, также отмечена весьма существенная разница в урожайности с внесением удобрений и без них. Наиболее высокий урожай зерновых культур можно получить в Краснодарском крае, который почти в 3 раза мог бы превысить сбор зерна в Самарской области. Наблюдаются немалые различия в урожайности зерновых культур даже в близлежащих друг к другу областях Центрального федерального округа. Так в Белгородской и Курской областях она составляет почти 40 ц/га, а в соседних Воронежской и Тамбовской, соответственно, 29,3 и 28,2 ц/га (табл. 4). В остальных регионах, входящих в эту группу, урожайность значительно ниже.

3. Внесение минеральных удобрений и прибавка урожая зерновых культур в Нечерноземной зоне (в среднем за 2016-2020 г.)

Регион	Урожай при применении удобрений, ц/га	Внесение удобрений, кг д.в/га			Прибавка урожая, ц/га	Урожай без удобрений, ц/га
		N	P	K		
Пермский край	14,6	12	4	3	3,9	10,6
Тверская обл.	14,7	20	6	5	4,3	10,4
Костромская обл.	14,7	10	3	2	4,4	10,3
Вологодская обл.	18,6	48	15	11	4,8	13,7
Республика Марий Эл	19,0	21	7	5	5,5	13,5
Ярославская обл.	19,2	26	8	6	5,6	13,6
Кировская обл.	19,6	29	9	7	4,7	14,9
Свердловская обл.	20,6	15	5	3	4,3	16,2
Ивановская обл.	21,0	17	5	4	8,6	12,4
Нижегородская обл.	23,0	21	6	5	5,3	17,7
Смоленская обл.	23,1	27	8	6	6,9	16,2
Владимирская обл.	24,4	23	7	5	7,1	17,4
Калужская обл.	25,6	29	9	7	7,9	17,7
Новгородская обл.	25,7	57	17	12	7,7	18,0
Чувашская Республика	26,1	15	4	3	5,5	20,6
Псковская обл.	28,2	50	15	11	8,2	20,1
Московская обл.	28,7	38	12	9	7,5	21,2
Рязанская обл.	33,7	40	12	9	7,7	25,9
Ленинградская обл.	33,7	36	1	8	7,8	26,0
Тульская обл.	33,9	40	12	9	7,5	26,5
Орловская обл.	39,0	43	13	10	9,0	30,0
Калининградская обл.	42,5	57	18	3	13,6	28,9
Брянская обл.	45,2	40	12	9	12,2	33,0

4. Внесение минеральных удобрений и прибавка урожая зерновых культур на европейской части России (в среднем за 2016-2020 г.)

Регион	Урожайность, ц/га	Внесено удобрений, кг/га			Прибавка урожая, ц/га	Урожай без удобрений, ц/га
		N	P	K		
Белгородская обл.	49,0	44	14	10	9,3	39,7
Воронежская обл.	36,4	29	9	7	6,9	29,5
Курская обл.	49,1	54	17	12	9,9	39,2
Липецкая обл.	42,6	47	14	11	8,9	33,7
Тамбовская обл.	36,7	33	10	8	8,4	28,3
Краснодарский край	54,3	57	17	13	4,9	49,4
Ростовская обл.	35,2	32	10	7	5,3	29,9
Ставропольский край	36,5	43	13	10	6,2	30,3
Республика Татарстан	29,1	29	9	7	6,4	22,7
Пензенская обл.	28,9	25	8	6	5,4	23,5
Самарская обл.	21,2	10	3	2	3,4	17,8
Ульяновская обл.	24,0	15	5	3	4,1	19,9

На черноземах Сибири уровень применения минеральных удобрений был значительно ниже по сравнению с европейской частью страны как в Нечерноземной, так и Черноземной зонах (табл. 5). Это отразилось на величине урожайности зерновых культур, которая оказалась почти в 2 раза ниже.

Кроме того, следует учесть наличие в структуре посевных площадей значительного удельного веса яровой пшеницы, отличающейся от озимой по своим биологи-

ческим особенностям меньшей продуктивностью. По агрохимическим показателям черноземные почвы европейской и азиатской частей мало различались.

5. Внесение минеральных удобрений и прибавка урожая зерновых культур в азиатской части России (в среднем за 2016-2020 г.)

Регион	Урожайность, ц/га	Внесено удобрений, кг/га			Прибавка урожая, ц/га	Урожай без удобрений, ц/га
		N	P	K		
Курганская обл.	16,6	9	3	2	3,2	13,4
Тюменская обл.	20,9	22	7	5	5,9	15,0
Челябинская обл.	13,3	3	1	1	-	13,3
Алтайский край	14,1	4	1	1	-	14,1
Республика Хакасия	16,3	8	2	2	-	16,3
Красноярский край	23,2	18	6	4	3,8	19,4
Кемеровская обл.	19,0	5	1	1	-	19,0
Новосибирская обл.	17,2	6	2	1	-	17,2
Омская обл.	15,8	2	1	1	-	15,8
Томская обл.	20,6	13	4	3	3,6	17,0
Республика Бурятия	12,1	3	1	1	-	12,1
Забайкальский край	13,1	1	0	0	-	13,1

Заключение. Впервые получены данные, позволяющие оценить вклад минеральных удобрений в формирование урожайности зерновых культур в различных природно-климатических зонах по субъектам федерации за пятилетний период. Результаты исследования свидетельствуют, что применение минеральных удобрений оказало большее влияние на урожайность зерновых культур в пределах территорий, близких по генезису почв. В Нечерноземной зоне применение минеральных удобрений варьировало от 15 до 78 кг/га посевной площади, а урожайность – от 14,6 до 45,2 ц/га. На черноземах европейской части России внесение удобрений соответствовало 15-87 кг/га, урожайность – 21,3-54,3 ц/га, азиатской части, соответственно, 1-34 кг/га и 12,1-23,2 ц/га.

Немалая роль в повышении урожайности зерновых культур принадлежит почвенному плодородию, особенно, в Нечерноземной зоне. В регионах, где преобладают дерново-подзолистые почвы, за счет их агрохимического окультуривания можно получить урожайность в 2 раза выше. Это Брянская, Калининградская, Ленинградская и Московская области. Среди черноземных почв европейской части выделяются Краснодарский край, Белгородская и Курская области, а в азиатской части – Кемеровская область и Красноярский край.

Литература

1. Богдевич И.М., Василюк Г.В., Грузу В.Г., Соболевская Т.В. Методика определения эффективности удобрений в Белорусской Республике. В сб.: Повышение экономической эффективности применения минеральных удобрений. – М.: ЦИНАО, 1991. – С.54-68.
2. Нормативы определения потребности в минеральных удобрениях. – М.: КМУ НИПТИЖ, 1985. – 338 с.
3. Дашкова Н.П., Токарев В.В. Денисенко И.Ю. Эффективность применения минеральных и органических удобрений, мелиорантов в отрасли растениеводства СССР 1983-1987 г. – М.: ЦИНАО, 1991. – С.15-29.
4. Мерзлякин А.С., Монахов Н.Ц. Экономическая и энергетическая эффективность минеральных удобрений, вносимых под зерновые культуры, картофель и сахарную свеклу в хозяйствах РСФСР и пути их повышения. – М.: ЦИНАО, 1991. – С.30-43.
5. Нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. – М.: ВНИИ, 2016. – 95 с.
6. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.Н. Научные основы и методика определения доз питательных веществ и прогнозирования экономической эффективности применения минеральных удобрений. – М.: ВНИИ, 2020. – 150 с.
7. <https://fedstat.ru/indicator/30950> Последнее обращение 24.01.2022.
8. <https://fedstat.ru/indicator/31328> Последнее обращение 24.01.2022.
9. <https://fedstat.ru/indicator/30964> Последнее обращение 24.01.2022.

The data that characterize the effectiveness of the use of mineral fertilizers for grain crops over a five-year period in the subjects of the federation in the main natural and climatic zones are presented. The scientific basis for this was a new method for determining the contribution of mineral fertilizers to the formation of crop yields, developed by Pryanishnikov Institute of Agrochemistry using regional standards for the payback of mineral fertilizers by increasing the yield of grain crops. The results of the research showed that the use of mineral fertilizers had a great impact on the yield of grain crops. In the non-chernozem zone, the application of mineral fertilizers ranged by region from 15 to 78 kg/ha of sown area, while the yield varied from 14.6 to 45.2 kg/ha. On the chernozems of the European part, fertilization was 15-87 kg/ha, the yield was 21.3-54.3 kg/ha, the Asian part was 1-34 kg/ha and 12.1-23.2 kg/ha, respectively.

Key words: mineral fertilizers, grain yield, contribution of mineral fertilizers, agrochemical properties of the soil.

УДК 633.11:631.452:631.842.4

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.02

ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВЫ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В.М. Лапушкин, к.б.н.^{1,2}, О.А. Муравьева², А.А. Лапушкина, к.б.н.^{1,2}, М.А. Волкова¹

¹ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

e-mail: lapushkin@rgau-mscha.ru, marina.volkova.2012@mail.ru

²ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» имени Д.Н. Прянишникова,

e-mail: noisia4u@yandex.ru

Представлены результаты серии вегетационных опытов, проведенных на дерново-подзолистой почве с разным содержанием подвижного фосфора, изучено влияние различных доз азотных удобрений на урожай и качество двух сортов мягкой яровой пшеницы: Московская 35 и Любава. Исследования показали, что на фоне повышенного содержания фосфора в почве при внесении азота в дозе 150 и 250 мг/кг урожай был выше на 34-95%, чем на бедной фосфором почве в аналогичных вариантах. Обеспеченность почвы подвижными фосфатами не оказала существенного влияния на белковость зерна, но способствовала более эффективному потреблению растениями азота удобрений, увеличивая коэффициенты использования азота до 59%. Установлено, что современный сорт пшеницы стабильно обеспечивал получение более высокого и качественного урожая на всех изучаемых уровнях минерального питания.

Ключевые слова: яровая пшеница, урожай, масса 1000 зерен, структура урожая, фосфор, аммиачная селитра, коэффициент использования азота, дерново-подзолистая почва.

Для цитирования: Лапушкин В.М., Муравьева О.А., Лапушкина А.А., Волкова М.А. Влияние обеспеченности почвы подвижным фосфором на эффективность азотных удобрений и формирование элементов структуры урожая яровой пшеницы // Плодородие. – 2022. – №3. – С. 6-12. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.02.

В последние два десятилетия в Российской Федерации отмечается усиление минерального питания большинства возделываемых сельскохозяйственных культур. Так, если в начале 2000-х годов обеспеченность пашни минеральными удобрениями составляла в среднем 19 кг д.в./га, то в 2010 г. она возросла в 2 раза и составила 38 кг/га. К 2020 г. валовое производство минеральных удобрений в России увеличилось до 24,9 млн т, в том числе 11,2 млн т азотных, 4,2 – фосфорных и 9,5 млн т калийных. Объем применяемых удобрений достиг 3,0 млн т д.в., а средняя обеспеченность ими пашни составила 69 кг д.в./га [1-3]. Однако сбалансированность по элементам питания, к сожалению, по-прежнему далека от физиологических потребностей выращиваемых растений. Среди применяемых видов удобрений основную долю занимают азотные, объем внесения которых почти в 3 раза превышает фосфорные и в 4 раза калийные. Это, в свою очередь, не может не сказаться на урожайности культур, качестве получаемой продукции, а также почвенном плодородии [3, 4].

Яровая пшеница является одной из наиболее ценных сельскохозяйственных культур и в настоящее время

занимает второе место среди зерновых по посевной площади, ею засеивается более 12,5 млн га. Одновременно, среди яровых зерновых культур, яровая пшеница наиболее требовательна к уровню почвенного плодородия, ее урожайность и качество в значительной степени зависят от технологии возделывания, и, в первую очередь, от уровня минерального питания. В условиях Нечерноземной зоны, безусловно, исключительная роль принадлежит азотным удобрениям, но, вместе с тем, по мере интенсификации земледелия (химизации, введения новых высокопродуктивных сортов и т.д.) усиливается реакция растений и на содержание в почве подвижных фосфатов [5, 6]. Таким образом, только подобрав физиологически обоснованное соотношение между отдельными элементами питания, можно добиться повышения эффективности применяемых удобрений, продуктивности с.-х. культур и качества урожая [7-9]. Валовый сбор зерна яровой пшеницы в 2020 г. составил 22,7 млн т при средней урожайности 18,8 ц/га. [3]. Однако практика показывает, что при современных технологиях возделывания в ЦРНЗ России на дерново-подзолистых почвах при среднемноголетнем количест-