

Наибольшая прибавка урожая зерна по сравнению с контролем (без удобрений) достигнута при внесении повышенной дозы минеральных удобрений ($N_{180}P_{100}$) на фоне полупаровой системы обработки почвы (табл. 2).

2. Урожайность твердой озимой пшеницы сорта Крупинка в зависимости от доз внесения минеральных удобрений на фоне различных систем обработки почвы, т/га

Система обработки почвы	Доза удобрений	Годы					среднее
		2015	2016	2017	2018		
Поливной полупар (контроль)	Контроль, без удобрений	3,04	2,53	2,86	2,24	2,67	
	$N_{90}P_{50}$	4,21	4,10	4,62	4,12	4,26	
	$N_{180}P_{100}$	5,02	4,94	5,24	4,78	4,99	
Полупаровая	Контроль, без удобрений	3,22	2,87	3,20	2,64	3,01	
	$N_{90}P_{50}$	4,58	4,43	4,98	4,48	4,62	
	$N_{180}P_{100}$	5,36	5,53	5,68	5,23	5,45	
НСР ₀₅		0,28	0,26	0,27	0,26		

Лучшие показатели экономической эффективности достигнуты в варианте полупаровой системы обработки почвы и внесении половинной дозы минеральных удобрений – $N_{90}P_{50}$, где в среднем за 2015-2018 гг. себестоимость 1 т зерна составила 2488,3 руб. при рентабельности производства 181,3%. В варианте внесения повышенной дозы минеральных удобрений себестоимость 1 т зерна при полупаровой системе обработки почвы составила 2924,8 руб. при рентабельности производства 139,3%, что на 436,5 руб. выше. Однако рен-

табельность производства была на 42% ниже, чем при внесении половинной дозы минеральных удобрений.

Заключение. Таким образом, в условиях орошения равнинной зоны Дагестана оптимальной дозой внесения минеральных удобрений под твердую озимую пшеницу следует считать $N_{90}P_{50}$, где получены лучшие показатели экономической эффективности. Внесение повышенной дозы минеральных удобрений ($N_{180}P_{100}$) хотя и способствовало повышению урожайности, экономически неэффективно. Лучшие результаты обработки почвы достигнуты при полупаровой системе.

Литература

1. Пасько С.В. Эффективность сортов озимой твердой пшеницы при внесении удобрений // Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 41-43.
2. Гасанов Г.Н., Айтмиров А.А. Ресурсосберегающая обработка под культуры полевого севооборота в Дагестане. – Махачкала, 2010. – С. 174.
3. Малкандуев Х.А., Тубукова Д.А. Урожайность и качество зерна новых сортов озимой пшеницы в зависимости от агротехники // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 45-46.
4. Чекмарев П.А. Стратегия развития селекции и семеноводства в России // Земледелие. – 2011. – № 6. – С. 3-4.
5. Полтавыко П.М., Тоноян С.В., Зяблова М.Н. и др. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы при различных технологиях возделывания // Земледелие. – 2011. – № 6. – С. 27-28.
6. Магомедов Н.Р., Магомедова Д.С. и др. Адаптивная технология возделывания новых высокоурожайных сортов озимой пшеницы в Дагестане // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – № 4 (28). – С. 8-21.
7. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строгонова, С.Н. Чмора, М.Н. Власова. – М., 1961. – С. 131.
8. Куликович, С.Н. Технология возделывания озимой пшеницы / С.Н. Куликович // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – № 9. – С. 46-56.

THE YIELD OF DURUM WINTER WHEAT DEPENDING ON THE DIFFERENT BACKGROUNDS OF MINERAL FERTILIZATION AND TILLAGE SYSTEMS IN DAGESTAN

*N.R. Magomedov, J.N. Abdullayev, D.Yu. Suleymanov, N.N. Magomedov, A.A. Abdullayev, M.M. Gadzhiev
Federal agrarian scientific center of the Republic of Dagestan, Nauchiy gorodok,, 367014 Makhachkala, Russia,
e-mail: niva1956@mail.ru*

The results of studies on the effect of different doses of mineral fertilizers and tillage systems on the yield and quality of grain of a new variety of winter durum wheat Grain are presented. The experience was carried out in the experimental station. Kirov RUSSIAN "FANZ RD" on meadow-chestnut loamy soil of the lowland areas of Dagestan under conditions of irrigation. As a result of the studies, it was found that the maximum yield of winter hard wheat – 5.45 t/ha, on average for 2015-2018, was achieved in the variant of introduction of an increased dose of mineral fertilizers ($N_{180}P_{100}$) against the background of a semi-soil treatment system, which is 44.8% more than under control (without fertilizers). Application of the soil treatment system by type of irrigation half-steam led to a decrease in yield in the variant of application of the higher dose of mineral fertilizers ($N_{180}P_{100}$) compared to the semi-steam system by 0.46 t/ha, or 8.4%.

Key words: meadow-chestnut soil, tillage systems, fertilizer doses, winter durum wheat, yield, grain quality.

БАЛАНС И ОКУПАЕМОСТЬ УДОБРЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСНОМ ПРИМЕНЕНИИ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ

А.М. Алиев, д.с.-х.н., Л.Н. Самойлов, к.б.н., Е.Н. Старостина, Г.А. Ивашенков, ВНИИА

Работа выполнена по государственному заданию № 0572-2019-0011

Установлено значительное изменение баланса и окупаемости НРК культурными и сорными компонентами агроценозов при комплексном применении средств химизации по сравнению с контролем в полевом севообороте. Показаны потребление питательных элементов сорными компонентами ценоза без защитных мероприятий и уменьшение доли потребления их культурными растениями. Совместное применение удобрений и химических средств защиты растений заметно улучшило поступление элементов питания в культурное растение, что приводило к повышению продуктивности севооборота и окупаемости удобрений.

Ключевые слова: севооборот, сорные растения, система удобрения, защита растений, баланс питательных элементов, окупаемость удобрений.

Оптимизация применения агрохимических средств – основное условие в решении проблемы сохранения и воспроизводства плодородия почвы, достижения высокой продуктивности агроэкосистем.

Важнейшее направление современного земледелия – сохранение и улучшение плодородия почвы и на этой основе повышение продуктивности культур и улучшение качества продукции. Решение этой задачи требует применения научно обоснованных систем удобрения в составе зональных агротехнических приемов. Для рационального применения удобрений необходимо использовать приемы, способствующие лучшему использованию их действующих веществ. Этого можно достичь, применяя средства интенсификации в комплексе. Эффективность действия удобрений ограничивают много факторов, среди которых неблагоприятные погодные условия, избыток кислотности почвы, наличие вредных организмов (вредителей, болезней, сорных растений), полегание зерновых культур. Устранение негативных факторов и создание нормальных условий для роста и развития растений могут привести к значительному повышению продуктивности культур и эффективности удобрений. При этом очень важно рационально применять удобрения, не допуская ухудшения плодородия почвы во времени. Поэтому ученые нашей страны придают большое значение мониторингу плодородия почвы, определению баланса питательных элементов в земледелии. Уникальным местом для осуществления этих мероприятий является севооборот, где можно проследить прямое действие комплекса химических средств наряду с последствием ранее внесенных агрохимикатов и их метаболитов.

Очень мало исследований по изучению комплексного применения средств химизации в севооборотах. Многие из этих проблем изучаются в опыте СШ-2/60, заложенном в 1959-1961 гг. на ЦОС ВНИИА (Московская обл.) [1].

Методика. Опыт заложен на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве с кислой реакцией (рН 4,3-4,5), бедной питательными элементами и гумусом (содержание гумуса по Тюрину 1,58 %; P_2O_5 по Кирсанову 21 мг/кг; K_2O по Масловой 113 мг/кг почвы).

При закладке опыта фитосанитарное состояние агроценозов было неблагоприятное для роста и развития культурных растений: распространены болезни, вредители и сорные растения. Урожайность зерновых культур около 1 т/га [2, 3].

Для эффективного ведения земледелия потребовалось устранить избыточную кислотность почвы путем известкования (в первой ротации внесено 6 т/га, во второй и восьмой ротациях по 4 т/га известняковой муки), а для нормального питания растений применяют две системы удобрения: органоминеральную и эквивалентную по действующим веществам NPK минеральную систему (в среднем ежегодно $N_{106}P_{71}K_{128}$). Для борьбы с вредными организмами во всех ротациях использовали гербициды, а начиная с пятой ротации дополнительно фунгициды и ретарданты. Химические средства защиты применяли 2-3 раза за ротацию. В качестве органического вещества использовали навоз крупного рогатого скота, а из минеральных удобрений – аммиачную селитру, суперфосфат и хлористый калий.

Учитывая важность сохранения и улучшения плодородия почвы, соблюдения закона возврата питательных веществ в севооборотах необходимо изучить баланс элементов питания, не допуская их дефицита во времени. В настоящей работе приведены данные баланса питательных элементов в 5-9 ротациях полевого севооборота (1984-2014 гг.).

Результаты и их обсуждение. В зернотравяном севообороте внесение удобрений и извести согласно нормативам их потребления со временем привело к заметному улучшению агрохимических свойств почвы (рН_{KCl} стала 5,2-5,6, гумус – 1,95-2,0 %, P_2O_5 – 212 и K_2O – 228 мг/кг почвы). Химические средства защиты растений на фоне систем удобрения благоприятно влияют на рост и развитие культурных растений.

В результате комплексного применения средств химизации создались благоприятные условия для роста и развития культурных растений, повысились продуктивность севооборота и окупаемость удобрений. Так, в посевах озимой пшеницы урожайность зерна возросла в 7-8 раз по сравнению с исходной урожайностью зерновых культур. Соответственно, повысилась окупаемость NPK зерном в последних 6 ротациях полевого севооборота (табл. 1).

1. Урожайность озимой пшеницы и окупаемость удобрений

Вариант опыта	Урожайность, т/га		Окупаемость NPK, кг/кг	
	в 5-9 ротациях	в 10-й ротации	в 5-9 ротациях	в 10-й ротации
Контроль	2,40	3,72	-	-
ОМС	3,40	6,52	1,5	9,0
ОМС+ХСЗР	5,91	7,45	9	12,0
МС	3,34	6,43	1,3	8,7
МС+ХСЗР	5,78	7,25	8,6	11,4

Примечание: ОМС – органоминеральная система удобрения, МС – минеральная система удобрения, ХСЗР – химические средства защиты растений. В 10-й ротации к ХСЗР добавлены препараты нового поколения микроэл и мивал-Агро.

Как видно, комплексное применение средств химизации по сравнению с одними системами удобрения привело к существенному повышению урожайности и окупаемости удобрений – до 9-12 кг/га по сравнению с 1,5-9 кг/кг.

Известно, что суть баланса состоит в сопоставлении прихода и расхода питательных элементов во времени в севообороте [4, 5]. В приходные статьи включают: поступление их в почву с органическими и минеральными удобрениями, семенами, атмосферными осадками, с фиксацией и симбиотически фиксированным азотом бобовыми культурами [6]. К расходным статьям относятся вынос элементов питания культурными и сорными растениями, а также потери их за счет инфильтрации и денитрификации. Основными статьями баланса при комплексном применении средств химизации в севообороте являются приход с удобрениями и биологическим азотом и расход – вынос питательных элементов культурными и сорными растениями [6-10]. В таблице 2 приведены обобщенные данные прихода и выноса азота, фосфора и калия культурными и сорными растениями за 5 ротаций полевого севооборота.

Данные таблицы 2 отчетливо показывают, что комплексное применение средств химизации по сравнению с системами удобрения коренным образом изменяет баланс азота в полевом севообороте. Вынос азота куль-

турными растениями увеличился на 27-34 %, а сорными компонентами ценоза, наоборот, значительно уменьшился (на 64 %). Интенсивность баланса с 96-90 % при комплексном применении средств химизации снижается до 82-78 %. Все это привело к улучшению использования этого элемента культурными растениями с 17,5-21,6 до 50,0-54,6 %, что свидетельствует о заметном преимуществе комплексного применения удобрений с другими средствами химизации. Наблюдения за посевами озимой пшеницы, где все химические средства внесены непосредственно, показатели баланса оказываются еще ярче. Интенсивность баланса азота уменьшилась со 100-104 до 86-88 %, а коэффициенты использования его культурой увеличились с 19,6-20,8 до 64,8-63,2 % [3].

2. Баланс элементов питания растений (средние данные)

Вариант опыта	Вынос, кг/га			Баланс, кг/га	Интенсивность баланса	Коэффициент использования культурами
	культурами	сорняками	всего			
<i>Азот</i>						
Без удобрения и ХСЗР (контроль)	405,7	82,8	488,5	-488,5	-	-
Навоз + NPK-фон 1	516,7	142,8	659,5	-24,5	96,3	17,5
Фон 1 + ХСЗР	723,0	53,0	776,0	-141,0	81,8	50,0
NPK-фон 2	542,8	164,6	707,4	-72,4	89,8	21,6
Фон 2 + ХСЗР	752,0	58,2	810,2	-175,2	78,4	54,6
<i>Фосфор</i>						
Без удобрения и ХСЗР (контроль)	180,8	43,1	223,9	-223,9	-	-
Навоз + NPK-фон 1	212,1	63,7	275,8	77,2	128,0	11,2
Фон 1 + ХСЗР	279,4	22,0	301,4	51,6	117,1	33,8
NPK-фон 2	211,6	59,6	271,2	81,8	130,2	12,3
Фон 2 + ХСЗР	283,7	22,1	305,9	47,1	115,4	29,2
<i>Калий</i>						
Без удобрения и ХСЗР (контроль)	494,2	202,8	697,0	-697	-	-
Навоз + NPK-фон 1	691,7	330,6	1022,3	-192,3	81,2	23,8
Фон 1 + ХСЗР	898,5	102,0	1000,5	-170,5	83,0	48,7
NPK-фон 2	713,6	311,6	1025,6	-195,6	80,9	26,4
Фон 2 + ХСЗР	926,2	113,0	1039,2	-209,2	79,9	52,0

*За ротацию внесено 635 кг/га азота, 353 фосфора (P₂O₅) и 830 кг/га калия (K₂O).

Закономерности баланса фосфора и использования этого элемента культурными растениями имеют тот же характер, но величины расхода его культурными и сорными растениями значительно меньше и баланс фосфора в севообороте оказался положительным.

В вариантах с фосфорными удобрениями, увеличился вынос элемента по сравнению с контролем. Особенно это проявляется при совместном применении удобрений с химическими средствами защиты растений за счет культурных растений, в то время как вынос сорными растениями этого элемента резко уменьшился. Отметим положительную роль комплексного применения средств химизации в использовании фосфора культурными растениями (8,9-8,7 % до 27,9 и 29,2 %, т.е. увеличился в 3 раза). Интенсивность баланса при этом уменьшилась с 128 до 117 %.

В посевах озимой пшеницы вынос фосфора при внесении только удобрений вырос по сравнению с контро-

лем на 18,5 и 10,6 %, при комплексном применении – на 18,5 и 10,6, а при комплексном применении всех средств химизации – на 73,8 и 70,0 % соответственно по системам удобрения [3].

Исследования показали, что вынос калия в севообороте значительно выше по сравнению с другими элементами питания. Несмотря на значительные запасы этого элемента в почве, растения нуждаются в его внесении в виде удобрения в большом количестве.

Особенно много калия в составе сорных растений (4-7 % на сухое вещество), поэтому его вынос сорными компонентами в вариантах с одними удобрениями оказался значительным, что повлияло на общий вынос этого элемента в севообороте.

В посевах озимой пшеницы культурные растения выносят в варианте с одними удобрениями 106 кг/га калия, а в вариантах с одновременным внесением удобрений и химических средств защиты растений – 136-146 кг/га, т.е. на 28-38 % больше, тогда как вынос этого элемента сорными растениями снизился в вариантах с комплексным применением средств химизации на 87-90 %.

Расчеты показали, что баланс калия в севообороте оказался отрицательным, интенсивность баланса при комплексном применении средств химизации составила 97-91 %. Примечательно, что коэффициент использования калия культурами севооборота с 25,4 % при применении одних удобрений повысился до 47-54 % при комплексном применении средств химизации [3].

Следует отметить, что под влиянием комплексного применения средств химизации затраты удобрений на 1 т продукции существенно снижаются по сравнению с одними системами удобрения. По азоту, например, у озимой пшеницы затраты на 1 т зерна при использовании одних удобрений составили 27,2 кг, а при комплексном применении средств химизации – 24 кг, по калию 33,6 и 24,3 кг соответственно. Аналогичные закономерности наблюдались по другим культурам севооборота [2, 3].

При расчете выноса питательных веществ в структуре баланса необходимо учитывать размеры потребления NPK сорняками (табл. 3). В подавляющем большинстве исследований этот фактор не учитывается, хотя его размеры значительны.

3. Вынос NPK сорными растениями (среднее за 5 ротаций севооборота)

Вариант опыта	Вынос сорняками, % от выноса культурой		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	20,4	23,8	41,0
Навоз + NPK-фон 1	27,6	30,0	47,8
Фон 1 + ХСЗР	7,3	7,9	11,3
NPK – фон 2	30,3	28,2	43,7
Фон 2+ ХСЗР	7,7	7,8	12,2

При анализе таблицы 3 видно, что из почвы (контроль) сорняки используют меньше азота, чуть больше фосфора и значительно больше калия. Вынос элементов питания сорняками возрастает по сравнению с контролем на системах удобрения по азоту на 60-82 кг/га, фосфору – 16-21, калию – 109-129 кг/га.

Иная ситуация, когда на фонах удобрённости применяют средства защиты растений – сорняки выносят меньше NPK. Отсюда следуют, что применение средств защиты растений в комплексе с удобрениями существенно (в 3,5-4 раза) снижает вынос элементов питания

сорными растениями, поэтому значительно увеличивается урожайность культур севооборота, причем это происходит в течение длительного времени (30 лет). Вредоносность сорного компонента агроценоза – серьезный фактор, снижающий эффективность применяемых удобрений.

Заключение. Исследования, проведенные в полевом севообороте, продемонстрировали преимущество совместного применения удобрений с химическими средствами защиты растений по сравнению с контролем и одними системами удобрения без других средств химизации.

Под влиянием комплексного применения средств химизации существенно повысилась окупаемость удобрений продукцией культур, улучшились показатели баланса и использование питательных элементов культурными севооборота.

Литература

1. Алиев А. М., Самойлов Л. Н., Цимбалист Н. И. Эффективность комплексного применения средств химизации в Нечерноземной зоне (итоги 55 лет исследований в длительном полевом опыте) // Агрохимия. – 2016. – № 2. – С. 20-30.
2. Алиев А.М., Старостина Е.Н. Продуктивность культур и окупаемость удобрений при длительном применении комплекса средств химизации в полевом севообороте // Плодородие. – 2017. – № 6. – С. 8-10.

3. Алиев А. М., Сычев В.Г., Ваулина Г.И., Самойлов Л.Н. Научные основы комплексного применения средств химизации и экологические основы интенсивного земледелия. – М.: ВНИИА, 2013. – 196 с.
4. Ваулина Г. И., Алиев А. М. Баланс питательных веществ в полевом севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве центральных районов Нечерноземной зоны РФ // Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями в Российской Федерации. Вып. 2. – М.: ВНИИА, 2012. – С. 18-37.
5. Ваулина Г. И., Алиев А. М. Разработка эффективных блоков химизации в полевом севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве центральных районов Нечерноземной зоны Российской Федерации // Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями в Российской Федерации. Вып. 2. – М.: ВНИИА, 2012. – С. 68-87.
6. Завалин А. А., Благовещенская Г. Г., Кожемяков А. П. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России. – М.: Россельхозакадемия, 2007. – 44 с.
7. Конова А. М., Гаврилова А. Ю. Баланс питательных веществ в условиях различного насыщения севооборота удобрениями // Материалы международной научной конференции Географической сети опытов с удобрениями в Российской Федерации. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 169-174.
8. Панников В. Д., Минеев В. Г., Почва, климат, удобрения и урожай. 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
9. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. – М.: ЦИНАО, 1991. – 65 с.
10. Нормативы для определения вклада биологического азота бобовых культур в баланс азота России. – М.: ВНИИА, 2013. – 44 с.

BALANCE AND PAYBACK OF FERTILIZERS DURING LONG COMPLEX APPLICATION OF CHEMISTRY MEANS IN FIELD CROP ROTATION

A.M. Aliev, L.N. Samoylov, Ye.N. Starostina, G.A. Ivashenkov
Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia

A significant change in the balance and payback of NPK by the cultural and weed components of agroecosystems has been established under the integrated use of chemicals in comparison with the control in the field crop rotation. The consumption of nutrients by weed components of ecosystem without protective measures and a decrease in the share of consumption by their cultivated plants is shown. The combined use of fertilizers and chemical plant protection products markedly improved the supply of nutrients to the cultivated plant, which led to increased crop rotation and fertilizer payback.

Key words: crop rotation, weeds, fertilizer system, plant protection, balance of nutrients, fertilizer payback.

УДК:633.352:581.1

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.А. Арефин, Р.Б. Нурлыгаянов, д.с.-х.н.,
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт»,
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» razit2007@mail.ru.

Исследования проводили в 2015-2017 гг. в условиях лесостепи Западной Сибири (ООО «Михайловское» Прокляевского района Кемеровской области). Агрохимическая характеристика почвы в пахотном слое: содержание валового минерализованного азота (N) 77 мг/кг, P₂O₅ – 87 мг/кг, K₂O – 93,3 мг/кг. В контрольном варианте естественная урожайность зерна составила: озимой ржи ниже на 10% от расчетных и равна 1,31 т/га, озимой вики – 15% и 1,7 т/га, зерносмеси «озимая рожь+озимая вика» – 4% и 1,57 т/га соответственно. Программирование урожайности зерна на уровне 2,5 т/га в одновидовых и смешанных посевах не обеспечило расчетную продуктивность растений: озимая рожь – 86% от планируемой, озимая вика – 90% и смесь «озимая рожь + озимая вика» – 94%. При весенней прикорневой подкормке в дозе N₂₀ получена прибавка зерна озимой ржи 0,13 т/га, озимой вики – 0,12 т/га и зерносмеси – 0,10 т/га. Увеличение дозы азота до N₄₀ обеспечило урожайность зерна во всех вариантах выше 2,4 т/га. Однако, планируемая урожайность 2,5 т/га не была достигнута. Рентабельность производства зерна при планировании урожайности 2,5 т/га составила: озимой ржи – 81%, озимой вики – 44,6%, зерносмеси – 96%. При весенней прикорневой подкормке в дозе N₂₀ рентабельность равна: по озимой ржи – 12,4%, озимой вики – 40,6%, зерносмеси – 31,2%. Увеличение дозы азотной прикорневой подкормки до 40 кг д.в./га снизило рентабельность производства: озимой ржи до 8,3%, озимой вики – 24,5%, зерносмеси – 23,4%. В условиях лесостепи Западной Сибири возделывание зерносмеси озимая рожь + озимая вика экономически выгодно при планировании урожайности до 2,5 т/га с весенней прикорневой подкормкой азотом в дозе 20 кг д.в./га.

Ключевые слова: озимая рожь, озимая вика, зерносмесь, урожайность, экономическая эффективность, Западная Сибирь.